

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»**

В. С. Білецький

**МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ
ТА ЇХ ОПТИМІЗАЦІЯ**

Навчальний посібник

УДК 001.89
Б-18

Білецький В. С. Методологія наукових досліджень технічних Б-18 об'єктів та їх оптимізація : навч. посібник / В. С. Білецький ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Київ : ФОП Халіков Руслан Халікович, 2023. – 118 с.

ISBN 978-617-8310-14-1

УДК 001.89

У навчальному посібнику викладено сучасні методологічні та організаційні основи наукових досліджень, зокрема, притаманну науковим школам України організацію наукових досліджень, етапи науково-дослідної роботи (НДР), основні наукові методи постановки експериментів та оброблення результатів досліджень, питання оформлення результатів НДР та організаційні аспекти наукової діяльності, введення у науковий обіг і ефективне просування результатів наукових досліджень в науковій та промисловій сферах із залученням сучасних медіа.

Викладено алгоритм отримання математичної моделі технічного об'єкту на основі планованого експерименту і його оптимізації.

Навчальний посібник призначений для науковців, здобувачів наукового ступеня, магістрів, викладачів, студентів та всіх, хто займається науковими дослідженнями.

Рецензенти

*Сокур М.І. д.т.н., професор, Кременчуцький національний
університет імені Михайла Остроградського
Шпильовий Л.В. к.т.н., старший науковий співробітник, Інститут
геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка
НАН України, Київ*

Рекомендовано до друку Вченою радою Навчально-наукового інституту хімічних технологій та інженерії НТУ «Харківський політехнічний інститут», (протокол № 10 від 29.06.2023)

ISBN 978-617-8310-14-1

© В.С. Білецький

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	7
1.1 Організація науково-дослідницької роботи в Україні.....	7
Організаційна структура науки в Україні. Класифікація наук. Підготовка наукових кадрів. Науково-дослідницька робота студентів у вищій школі.	
1.2 Методологічні основи наукового пізнання та творчості.....	16
Поняття про методологію та метод наукового дослідження.	
Типологія методів наукового дослідження. Системний підхід у наукових дослідженнях. Вибір методів дослідження.	
РОЗДІЛ 2 ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ.....	22
2.1 Вибір напрямку наукового дослідження та етапи НДР.....	22
Поняття наукової проблеми. Поняття теми дослідження та її формулювання. Визначення предмета та об'єкта дослідження. Мета і завдання дослідження. Порядок здійснення наукового дослідження. Етапи НДР.	
2.2 Пошук, накопичення та обробка наукової інформації.....	29
Загальна характеристика інформації. Види джерел інформації. Інформаційне забезпечення наукових досліджень. Пошук необхідної інформації. Пошук інформації в бібліотеці. Комп'ютерні технології пошуку інформації. Порядок обробки та групування інформації.	
2.3 Проведення теоретичних досліджень.....	44
Сутність, мета, завдання та етапи теоретичних досліджень.	
Методи теоретичних досліджень. Використання математичних методів у дослідженнях.	
2.4 Експериментальні дослідження.....	48
Сутність, мета, функції наукового експерименту. Класифікація експериментів. Методологія експериментальних досліджень. Загальні вимоги до проведення експерименту. Типові помилки в проведенні експерименту. Робоче місце експериментатора та організація експерименту.	
РОЗДІЛ 3 ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НДР.....	57
3.1 Обробка результатів експериментальних досліджень.....	57

Основи теорії випадкових помилок та методів оцінки випадкових похибок у вимірюваннях. Методи графічної обробки результатів експерименту. Аналітична обробка результатів експерименту. Елементи теорії планування експерименту.

3.2 Оформлення результатів наукової роботи.....63

Прийоми викладення матеріалів наукового дослідження. Мова та стиль наукової роботи. Складання та оформлення звітів з НДР.

3.3 Впровадження та ефективність наукових досліджень.....67

Апробація та оприлюднення результатів наукового дослідження. Впровадження результатів наукових досліджень. Ефективність наукових досліджень.

РОЗДІЛ 4 ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ.....74

4.1 Організація роботи в науковому колективі.....74

Наукові колективи як особливі структури в науці. Наукові школи та їх роль у науці. Основні принципи управління науковим колективом. Особливості управління конфліктами в науковому колективі.

4.2 Наукова організація та гігієна розумової праці.....81

4.3 Моральна відповідальність вченого83

РОЗДІЛ 5. ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....86

5.1. Альтернативні способи і ресурси оптимізації технічних об'єктів.....86

5.2. Оптимізація технічних об'єктів із застосуванням планування експерименту.....88

5.3. Оптимізація гідроелектричних агрегатів із застосуванням сплайн-функцій.....107

5.4. Оптимізація технічних об'єктів із застосуванням методу крутого сходження (метод Бокса — Вілсона).....112

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ.....114

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....116

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «**Методологія наукових досліджень технічних об'єктів та їх оптимізація**» є формування у студентів систематизованого комплексу знань про загальні принципи, форми та методи проведення наукових досліджень, оптимізацію технічних об'єктів.

Основними завданнями вивчення дисципліни є такі:

- ознайомлення із засадами організації наукових досліджень в Україні; оволодіння сучасною методологією наукових досліджень;
- створення необхідного підґрунтя і мотивації для самостійного проведення фахових наукових досліджень;
- ознайомлення з особливостями вибору напрямів наукових досліджень та визначення етапів НДР;
- вивчення засад інформаційного забезпечення НДР;
- ознайомлення з методами проведення теоретичних та експериментальних досліджень;
- ознайомлення з особливостями оформлення результатів наукової роботи; формування практичних навичок раціональної організації наукової роботи;
- ознайомлення з методами оптимізації технічних об'єктів.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні:

знати: засади організації НДР в Україні; теоретичні та методологічні основи наукового дослідження; особливості вибору напрямку наукового дослідження та формування етапів НДР; особливості пошуку, накопичення та обробки наукової інформації; методи проведення теоретичних та експериментальних досліджень; методичні та практичні основи обробки результатів наукових досліджень; основні вимоги до оформлення результатів проведення НДР; особливості впровадження результатів наукової роботи та розрахунку ефективності НДР; основні принципи організації роботи в наукових колективах; методи оптимізації технічних об'єктів;

уміти: вибрати напрями наукових досліджень та формувати етапи

НДР; виконувати інформаційний пошук; формувати задачі та вибирати методи теоретичних та експериментальних досліджень; виконувати розрахунки економічної ефективності теми та результатів наукових досліджень; оформляти результати НДР; організовувати роботу у наукових колективах; використовувати набуті знання в практичній економічній та управлінській діяльності; оптимізувати режимні параметри функціонування технічних об'єктів.

Дана дисципліна належить до циклу загальної підготовки для здобуття глибоких знань із інженерної спеціальності та ґрунтується на найважливіших засадах філософських наук, фізико-математичних та інших природничих наук.

Перелік основних забезпечуючих дисциплін:

- філософія;
- іноземна мова;
- фізика, хімія, математика, зокрема, математична статистика;
- програмування; моделювання в інженерії;
- методи аналізу і обробки експериментів;
- управління персоналом;
- інформаційні системи;
- організація виробництва;

Важливими розділами та питаннями для викладання дисципліни, є такі: основи теорії пізнання; нематеріальні активи підприємства; економічна ефективність; інноваційна діяльність та інноваційний розвиток підприємств; основні принципи управління колективом; інформаційні ресурси як складова економічного потенціалу підприємства; гіпертекстові технології і нові можливості бізнесу в мережі Інтернет; організація наукових досліджень.

РОЗДІЛ 1

МЕТОДОЛОГІЧНІ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНІ ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Організація науково-дослідницької роботи в Україні Організаційна структура науки в Україні

Наука – теоретична систематизація об’єктивних знань про дійсність; одна з форм суспільної свідомості. В ході історичного розвитку наука перетворюється на продуктивну силу суспільства і найважливіший соціальний інститут. Термін «наука» вживається також для позначення окремих галузей наукових знань.

Наука є сферою суспільного життя, діяльністю людей, яка полягає у здобутті нових, а також у використанні вже існуючих знань.

Науку можна представити як діяльність наукову, науково-технічну, а також науково-педагогічну та науково-організаційну.

Наукова діяльність – це інтелектуальна творча діяльність, спрямована на одержання і використання нових знань. Основними її формами є фундаментальні та прикладні наукові дослідження.

Фундаментальні наукові дослідження – наукова теоретична та (або) експериментальна діяльність, спрямована на одержання нових знань про закономірності розвитку природи, суспільства, людини, їх взаємозв’язку.

Прикладні наукові дослідження – наукова і науково-технічна діяльність, спрямована на одержання і використання знань для практичних цілей.

Науково-технічна діяльність – інтелектуальна творча діяльність, спрямована на одержання і використання нових знань в усіх галузях техніки і технологій. Її основними формами (видами) є науково-дослідні, дослідно-конструкторські, проектно-конструкторські, технологічні, пошукові та проектно-пошукові роботи, виготовлення дослідних зразків або партій науково-технічної продукції, а також інші роботи, пов’язані з доведенням наукових і науково-технічних знань до стадії їх практичного використання.

Науково-педагогічна діяльність – педагогічна діяльність у вищих навчальних закладах та закладах післядипломної освіти III – IV рівнів акредитації, пов’язана з науковою та (або) науково-технічною діяльністю.

Науково-організаційна діяльність – діяльність, що спрямована на

методичне, організаційне забезпечення та координацію наукової, науково-технічної та науково-педагогічної діяльності.

Основним законодавчим актом, що регулює наукову діяльність в Україні, є *Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність»*. Закон визначає правові, організаційні та фінансові засади функціонування і розвитку науково-технічної сфери, створює умови для наукової і науково-технічної діяльності, забезпечення потреб суспільства і держави у технологічному розвитку.

Основні цілі, напрями, принципи, форми і методи діяльності держави в науково-технічній сфері визначає *державна науково-технічна політика*, яка є складовою соціально-економічної політики України.

Державне регулювання та управління у сфері наукової і науково-технічної діяльності здійснюють: Верховна Рада України; Президент України; Кабінет Міністрів України; міністерства, відомства та інші центральні органи виконавчої влади у сфері наукової і науково-технічної діяльності; Верховна Рада Автономної Республіки Крим, місцеві ради, Рада міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві органи виконавчої влади.

У кожному процесі наукового дослідження обов'язково потрібні такі елементи: *суб'єкт, засоби та об'єкт*.

У загальному розумінні як суб'єкт науки можна визначити *інститут науки* як організацію людей, які пов'язані між собою певними відносинами, для виконання завдань у сфері наукової, науково-технічної, науково-педагогічної та науково-організаційної діяльності.

Як одиничний елемент поняття «суб'єкт науки» можна представити *вченого* – особу, що проводить фундаментальні й прикладні наукові дослідження та отримує наукові та (або) науково-технічні результати.

Розвиток науки і техніки пов'язаний з ускладненням методів і форм наукових досліджень, використанням складної апаратури, а в перспективі – когнітивних методів і засобів (6-й Технологічний устрій). В сучасних умовах масштабні наукові дослідження проводяться великими колективами, і вчений є їх активним учасником.

Згідно із Законом України «Про наукову і науково-технічну діяльність» суб'єктами наукової і науково-технічної діяльності є: вчені, наукові працівники, науково-педагогічні працівники, а також наукові установи, наукові організації, вищі навчальні заклади III – IV рівнів акредитації, громадські організації у науковій та науково-технічній діяльності.

До державних наукових організацій належать Національна академія наук України (НАН України) та галузеві академії наук – Українська академія аграрних наук, Академія медичних наук України, Академія педагогічних наук України, Академія правових наук України, Академія мистецтв України.

Суб'єктів науки можна поділити на дві групи залежно від мети їх діяльності:

– суб'єкти, діяльність яких спрямована на виробництво нових наукових результатів: науково-дослідні інститути; ВНЗ III – IV рівнів акредитації; наукові підрозділи виробничих підприємств; наукові школи, товариства;

– суб'єкти, діяльність яких спрямована на контроль, оцінку і визнання отриманих наукових результатів (спеціалізовані вчені ради, Національне агентство із забезпечення якості вищої освіти (НАЗЯВО), МОН України).

Класифікація наук

Класифікація наук – розкриття їх взаємозв'язку на основі певних принципів та вираження зв'язку наук у вигляді логічно обґрунтованого їх розташування (або ряду).

Матеріальні об'єкти природи визначають існування багатьох галузей знань, тому наука сьогодні охоплює велику галузь знань і включає близько 15 тис. дисциплін, які все тісніше взаємодіють одна з одною.

Наука є основною формою пізнання світу й спрямована на виявлення найважливіших аспектів та властивостей усіх явищ природи, суспільства і мислення. У зв'язку з цим усі науки поділяють на: **природничі** (фізика, хімія, біологія тощо); **суспільні** (економічні, філологічні, історичні тощо); **про мислення** (філософія, логіка, психологія тощо).

Також має місце підхід щодо поділу наук на **дослідницькі** (фундаментальні, теоретичні) та **прикладні**.

Міністерством освіти і науки України визначено наступні галузі науки, що покладені в основу сучасної класифікації наук. Саме в цих галузях науки в нашій країні проводяться наукові дослідження, науковці захищають кандидатські й докторські дисертації, після захисту їм присуджується науковий ступінь доктора філософії в одній з царин науки, кандидата або доктора наук (табл. 1.1). Кожна наука передбачає створення єдиної логічно чіткої системи знань про ту чи іншу сторону навколишнього світу, знань, зведених в систему. Жодну науку не можна

подавати як суму готових висновків, істин. Будь-яка наука розвивається і рухається через протиріччя: між новим історичним матеріалом та старими теоріями, між різними концепціями, точками зору, між методами дослідження, що склались, та проблемами. Взаємодія наук відбувається через обмін інформацією, інтеграцію методичних прийомів досліджень, використання результатів досліджень тощо.

Таблиця 1.1 – Сучасна класифікація наук

Шифр	Основні галузі науки	Шифр	Основні галузі науки
01	Фізико-математичні науки	14	Медичні науки
02	Хімічні науки	15	Фармацевтичні науки
03	Біологічні науки	16	Ветеринарні науки
04	Гносеологічні науки	17	Мистецтвознавство
05	Технічні науки	18	Архітектура
06	Сільськогосподарські	19	Психологічні науки
07	Історичні науки	20	Військові науки
08	Економічні науки	21	Національна безпека
09	Філософські науки	22	Соціологічні науки
10	Філологічні науки	23	Політичні науки
11	Географічні науки	24	Фізичне виховання та спорт
12	Юридичні науки	25	Державне управління
13	Педагогічні науки		

Економічна наука в класифікації наук виступає самостійною галуззю.

Розглядаючи економічні науки, можна згрупувати їх так:

– науки, які пов'язані з регіоном виробництва, територією, галуззю і т. ін.;

– науки, які пов'язані з окремими функціональними аспектами економіки (фінансами, плануванням, обліком, аналізом тощо).

Кожна економічна наука використовує специфічні категорії й поняття, застосовує свої методи дослідження, має свій предмет вивчення, який розкривається через виявлення властивостей об'єктів дослідження. Разом з цим економічні науки мають спільний предмет дослідження – систему економічних відносин, що об'єктивно складаються в процесі виробництва, розподілу, обміну та споживання життєвих благ. Методологічною основою економічних наук є економічна теорія.

Підготовка наукових кадрів

В українській системі освіти і науки існують *наукові ступені* – доктор наук, кандидат наук, доктор філософії та *вчені звання* – професор, доцент, старший науковий співробітник, старший дослідник.

Вчене звання старшого наукового співробітника з утворенням ВАК України 1992 року було успадковане з часів колишнього СРСР, в якому воно було введено 1934 року. Закон України «Про вищу освіту» у 2014 р. встановив вчене звання старшого дослідника, яке присвоюється особам, які професійно здійснюють наукову або науково-технічну діяльність.

Наукові ступені присуджуються (після захисту дисертацій), а вчені звання присвоюються спеціалістам з вищою освітою, визначають їх кваліфікацію, досягнення в розвитку науки, техніки і культури, в підготовці кадрів вищої кваліфікації. Присудження наукових ступенів та присвоєння вчених звань є державним визнанням рівня кваліфікації вченого.

Присудження наукових ступенів та присвоєння вченого звання відбувається згідно документів:

Постанова Кабінету міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 «Про затвердження Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника»

Порядок затвердження рішень про присвоєння вчених звань, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р. № 656, набрав чинності з 31 грудня 2019 року.

Науковий ступінь – це кваліфікаційний рівень, який присуджується особам, що мають повну вищу освіту, глибокі фахові знання та значні досягнення в певній галузі науки. В Україні існують такі наукові ступені:

доктор наук — це другий (вищий) науковий ступінь після доктора філософії, що здобувається особою на науковому рівні вищої освіти на основі ступеня доктора філософії і передбачає набуття найвищих компетентностей у відповідній науковій галузі.

кандидат наук — науковий ступінь в СРСР та пострадянських державах. В Україні був чинний до 31 грудня 2020 року та за новим Законом України «Про вищу освіту» прирівнюється до ступеня доктора філософії. Загальні вимоги до здобуття ступенів кандидата наук і доктора філософії подібні, але процедура присудження дещо різниться. 1 липня 2014 року Верховна Рада України ухвалила Закон України «Про вищу освіту», яким внесено зміни щодо наукових ступенів в Україні. Закон набрав чинності 6 вересня 2014 року.

Науковий ступінь кандидата наук, після набрання чинності цим Законом, прирівнюється до наукового ступеня доктора філософії як першого наукового ступеня.

доктор філософії — (з лат. Philosophiæ Doctor, Ph.D., іноді PhD чи DPhil, МФА: [pi: eɪtʃ di:]) — перший науковий ступінь у більшості держав світу. В Україні прирівнюється до ступеня кандидата наук. 21 жовтня 2020 року, Уряд України ухвалив проект змін до постанов КМУ від 27 липня 2016 р. № 567 «Деякі питання діяльності Національного агентства із забезпечення якості вищої освіти» і від 6 березня 2019 р. № 167 «Про проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії».

Наукові ступені доктора, кандидата наук та доктора філософії в одній з царин науки присуджують спеціалізовані вчені ради на підставі прилюдного захисту дисертацій.

Спеціалізовані вчені ради утворюються за рішенням МОН у вищих навчальних закладах III – IV рівнів акредитації, науково-дослідних, науково-технічних установах та інших організаціях, що проводять фундаментальні та прикладні наукові дослідження.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора наук є кваліфікаційною науковою працею визначеного обсягу, яка повинна містити наукові положення та науково обґрунтовані результати у певній галузі науки, що розв'язують важливу наукову або науково-прикладну проблему.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата наук (доктора філософії) є кваліфікаційною науковою працею визначеного обсягу, яка повинна містити нові науково обґрунтовані результати проведених здобувачем досліджень, які розв'язують конкретне наукове завдання, що має істотне значення для певної галузі науки.

Контроль за науковим рівнем дисертацій, їх науковою та практичною цінністю, роботою спеціалізованих вчених рад, дотриманням єдиних вимог до здобувачів наукових ступенів, а також експертизу дисертацій здійснює МОН за участю експертних рад. Остаточні рішення про присудження наукових ступенів приймає МОН України після проведення експертизи дисертаційних робіт, розгляду атестаційних справ здобувачів.

Підтвердженням присудження наукового ступеня є диплом кандидата (доктора філософії) або доктора наук, який видається МОН України на підставі рішень спеціалізованих вчених рад та затвердження атестаційного висновку Президією МОН.

Вчені звання – це кваліфікаційний рівень, що присвоюють особам, які мають вищу освіту, глибинні професійні та наукові досягнення у

визначеній галузі науки, широкий науковий та культурний світогляд, позитивно проявили себе в науковій, виробничій та суспільній роботі.

Розрізняють такі вчені звання: **професор; доцент; старший науковий співробітник, старший дослідник.**

Вчене звання професора, доцента та старшого наукового співробітника і старшого дослідника присвоюється, як правило, особам, що мають наукові ступені та виявляють достатню кваліфікацію у процесі виконання педагогічної та науково-дослідної роботи у вищому навчальному закладі чи науковій установі.

Вчене звання професора і доцента присвоюються МОН України на основі рішення вченої (наукової, науково-технічної, технічної) ради вищого навчального закладу III – IV рівнів акредитації або закладу післядипломної освіти III – IV рівнів акредитації, наукової установи (тільки для вченого звання «професор»), яке приймається таємним голосуванням. Атестати професорів і доцентів видає МОН України.

Вчене звання старшого наукового співробітника, старшого дослідника присвоює МОН України на підставі рішення вченої (науково-технічної) ради вищого навчального закладу або наукової установи, яке приймається таємним голосуванням. Атестат старшого наукового співробітника видає МОН України.

Основними формами підготовки науково-педагогічних і наукових кадрів є **аспірантура та докторантура**, що функціонують при вищих навчальних закладах та наукових установах. Порядок вступу та навчання в аспірантурі та докторантурі встановлюється Кабінетом Міністрів України. Відкриття і закриття аспірантури та докторантури у ВНЗ і наукових установах здійснює Міністерство освіти і науки України. В аспірантурі та докторантурі навчаються відповідно аспіранти та докторанти.

Аспірант – особа, яка має повну вищу освіту й кваліфікаційний рівень магістра, навчається в аспірантурі ВНЗ або наукової установи для підготовки дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата наук.

Докторант – особа, яка має науковий ступінь кандидата наук (доктора філософії) і зарахована до докторантури для підготовки дисертації на здобуття наукового ступеня доктора наук.

Науково-дослідницька робота студентів у вищій школі

Науковий пошук характеризується різним ступенем та рівнями щодо глибини і складності. Його здійснюють різні люди, які мають різну кваліфікацію, підготовку та дослідницькі можливості. Елементи

наукового пошуку використовують уже під час навчального процесу в загальноосвітніх школах. Зокрема, в Україні діє Мала Академія наук України — освітня система, яка забезпечує організацію і координацію науково-дослідної діяльності учнів, створює умови для їх інтелектуального, духовного, творчого розвитку та професійного самовизначення, сприяє нарощуванню наукового потенціалу країни.

Вимоги до наукового пошуку зростають у вищому навчальному закладі. Види навчально-дослідної роботи студента: реферат, курсова робота (реферативна, дослідницька), дипломна робота (дипломний проєкт, дипломний твір), магістерська робота.

Крім того, в Україні діє Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей (*Наказ Міністерства освіти і науки України від 18.04.2017 № 605 "Про затвердження Положення про Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей", зареєстрований в Міністерстві юстиції України 15 травня 2017 за № 620/30488*). Мета конкурсу – підготовка фахівців нової генерації європейського рівня, формування у них знань і умінь дослідницької діяльності, для яких установлення на професійну майстерність є пріоритетною стратегією їх життєдіяльності.

Основними завданнями конкурсу є:

- виявлення та розвиток обдарованих студентів, сприяння реалізації їх здібностей;
- стимулювання творчого самовдосконалення студентської молоді;
- популяризація досягнень науки, техніки та інноваційних технологій;
- залучення провідних вчених, наукових, науково-педагогічних працівників до творчої роботи з обдарованою молоддю.

Елементи науково-дослідної роботи присутні і у навчальному процесі в університетах України.

Реферат – доповідь на певну тему, що передбачає огляд відповідних літературних та інших джерел або викладення змісту наукової роботи, книги, статті.

Курсова робота (Курсовий проєкт) — вид самостійної навчально-наукової роботи з елементами дослідження, що виконується студентами закладів вищої або спеціальних закладів середньої освіти протягом семестру з метою закріплення, поглиблення й узагальнення знань, здобутих за час навчання, та їхнього застосування до комплексного вирішення конкретного фахового завдання.

Дипломна робота – це спеціальна форма наукової роботи, яка

передбачає опрацювання наукових, законодавчих, навчальних, архівних джерел, забезпечує їх об'єктивне викладення на основі відповідного аналізу та засвідчує суб'єктивний ступінь самостійності, має свої кваліфікаційні ознаки, яку виконує студент-випускник для отримання диплома (свідоцтва) про закінчення навчального закладу.

Магістерська робота – післядипломна форма наукової роботи, яка передбачає опрацювання наукових, законодавчих, навчальних, архівних (у тому числі рукописних) джерел на вищому, в порівнянні з дипломною роботою, рівні, забезпечує об'єктивне викладення опрацьованого матеріалу на основі відповідного аналізу та засвідчує суб'єктивний ступінь самостійності, має свої кваліфікаційні ознаки.

Магістерська робота менш складна, ніж кандидатська чи докторська дисертація, але все ж має підвищений ступінь відповідальності. Її характерними рисами є наступні: глибина дослідження; оригінальність та індивідуальність; поєднання теоретичних знань з науково-практичною діяльністю; практична цінність результатів; наявність полемічних та дискусійних матеріалів; відображення наукової позиції автора.

Магістерська робота в Україні – це відносно новий формат, який з'явився у зв'язку з переходом на Болонську систему навчання. Вимоги до роботи в різних навчальних закладах відрізняються. У деяких ВНЗ характеристики магістерської за складністю ближче до дисертацій, в інших університетах робота більше схожа з дипломом.

Крім того, магістерська робота магістрантів, які навчаються за освітньо-професійною програмою дещо простіші і мають більш прикладний характер, ніж магістерські роботи магістрантів, які навчаються за науковою програмою. Така відмінність витікає з того, що обсяг освітньо-професійної програми підготовки магістра становить 90 – 120 кредитів ЄКТС, обсяг освітньо-наукової програми – 120 кредитів ЄКТС. Освітньо-наукова програма магістра обов'язково включає дослідницьку (наукову) компоненту обсягом не менше 30 відсотків¹.

Наукова робота студентів, що виконується поза навчальним часом, організується у вигляді:

- участі студентів у виконанні досліджень з тематики держбюджетних та госпрозрахункових науково-дослідних робіт кафедр та наукових підрозділів вузів;

¹ https://web.znu.edu.ua/psychologicalservice/docs/normativni_dokumenty/zakon-ukraini-pro-vischu-osvitu.pdf
ЗАКОН УКРАЇНИ «Про вищу освіту», 2014 p. з Доповненнями

- організації студентських наукових гуртків, студентських конструкторських, технологічних та інших бюро;
- лекторської роботи з поширення знань у сфері науки, техніки, культури тощо;
- індивідуальної роботи з викладачем – керівником конкурсної НДР студента.

Певну роль в організації наукової роботи студентів відіграють *студентські наукові товариства* – добровільні студентські об'єднання, що організуються у вищих навчальних закладах з метою залучення студентів до науково-дослідної роботи, поширення й узагальнення досвіду цієї роботи, підвищення якості підготовки та виховання майбутніх фахівців, здатних творчо застосовувати у практичній діяльності досягнення науково-технічного і культурного прогресу.

1.2 Методологічні основи наукового пізнання та творчості

Поняття про методологію та метод наукового дослідження

Методологія – це вчення про систему методів наукового пізнання та перетворення реальної дійсності. В прямому розумінні методологія – це вчення про метод.

Методологія науки – термін, що залежно від контексту може сприйматися в різних значеннях: або як сукупність методів дослідження, що застосовуються в певній науці, або як вчення про методи пізнання й перетворення дійсності.

Головною метою методології науки є вивчення тих засобів, методів та прийомів наукового дослідження, за допомогою яких суб'єкт наукового пізнання одержує нові знання про реальну дійсність. Предмет її вивчення – це поняття і методи науки, їх сфера застосування.

Методологія науки може бути *загальною або конкретно-науковою.*

Загальна методологія науки досліджує закони розвитку наукового пізнання в цілому. Водночас методологія ґрунтується на законах окремих наук, особливостях пізнання конкретних процесів і проявляється у здійсненні теоретичних узагальнень, принципів методів дослідження окремих наук. Тому вона виступає і як конкретно-наукова.

Розвиток методології науки пов'язаний з розвитком методів наукового пізнання дійсності.

*Метод (від грец. *methodos* – спосіб пізнання) – це спосіб, шлях*

пізнання та практичного перетворення реальної дійсності, система прийомів та принципів, що регулюють практичну та пізнавальну діяльність людей.

Таким чином, щодо наукового дослідження метод визначається як сукупність визначених правил, прийомів, способів і норм пізнання певного суб'єкта чи явища.

Типологія методів наукового дослідження

У сучасному наукознавстві успішно працює багаторівнева методологічна класифікація методів наукового пізнання, згідно з якою за ступенем спільності та сферою дії методи наукового пізнання поділяються на *загальні філософські, загальнонаукові, окремо наукові, дисциплінарні та міждисциплінарні методи дослідження.*

Загальні методи – це система принципів, прийомів, що мають загальний, універсальний характер, є абстрактними, суворо не регламентовані, не піддаються формалізації та математизації і не замінюють спеціальних методів (методів окремих наук).

Методи окремих наук – це сукупність способів та принципів пізнання, прийомів і процедур дослідження, що застосовуються в тій чи іншій науці.

Загальнонаукові методи дослідження можна класифікувати залежно від рівнів пізнання – *емпіричного або теоретичного*, на яких вони (методи) застосовуються.

На емпіричному рівні переважає живе споглядання (чуттєве пізнання), раціональний момент тут наявний, але має підпорядковане значення. Тому досліджуваний об'єкт відображається переважно з боку зовнішніх зв'язків та проявів, що доступні живому спогляданню. Збирання фактів, їх первинний опис, узагальнення, систематизація – характерні ознаки емпіричного пізнання. До основних методів, які використовуються на емпіричному рівні дослідження, можуть бути віднесені: ***спостереження, порівняння, вимірювання, експеримент, абстрагування, аналіз і синтез.***

Теоретичний рівень дослідження пов'язаний з більш глибоким аналізом фактів, з проникненням у сутність досліджуваних явищ, з пізнанням та формулюванням законів, тобто з поясненням реальної дійсності. До основних методів, які використовуються на теоретичному рівні дослідження, можуть бути віднесені: ***індукція і дедукція, ідеалізація, формалізація та інші.***

Спостереження – це цілеспрямоване, систематичне, планомірне,

активне вивчення предметів та явищ реальної дійсності, що знаходяться в природному стані або в умовах наукового експерименту.

Під спостереженням також розуміють апробацію, обґрунтування висунутих гіпотез або проміжних результатів дослідження. Вчений використовує спостереження з метою збору наукових фактів для винайдення способу розв'язання проблеми (висування та доведення гіпотези).

Наукові факти – відбиті свідомістю факти дійсності, причому перевірені, осмислені та зафіксовані мовою науки у вигляді емпіричних суджень. Складова наукового знання, що відображає об'єктивні властивості речей і процесів, на основі яких визначаються закономірності явищ, вибудовують теорії, формулюють закони.

Порівняння – один із найбільш поширених методів пізнання, який дозволяє встановити подібність та розбіжність предметів та явищ. Недарма говорять, що «все пізнається в порівнянні». У результаті порівняння виявляється те загальне, що притаманне ряду об'єктів.

Різновидом порівняння є аналогія.

Аналогія – метод наукового дослідження; завдяки якому досягається пізнання одних предметів і явищ на основі їх подібності з іншими.

Одним із різновидів методу аналогій є метод моделювання.

Моделювання – метод дослідження об'єктів пізнання (явищ, пристроїв, процесів), що ґрунтується на заміні конкретного об'єкта досліджень (оригіналу) іншим, подібним до нього (моделлю).

Вимірювання – це метод дослідження, за допомогою якого визначається числове значення деякої величини з використанням одиниці вимірювання об'єкта.

Експеримент – сукупність дослідів, об'єднаних однією системою їх постановки, взаємозв'язком результатів і способом їх обробки, що дозволяють виділяти визначені якості, зв'язки в досліджуваному об'єкті, та багатократно їх відтворювати.

Пасивний експеримент – експеримент, при якому інформація про досліджуваний об'єкт накопичується шляхом пасивного спостереження, тобто інформацію отримують в умовах звичайного функціонування об'єкта.

Активний експеримент – метод емпіричного дослідження, що базується на активному та цілеспрямованому впливі суб'єкта на досліджуваний об'єкт шляхом створення контрольованих та керованих умов і фіксації реакції об'єкта на цей вплив.

Абстрагування – метод, який дає змогу переходити від конкретних питань до загальних понять і законів розвитку.

Зміст цього методу полягає у нехтуванні несуттєвих властивостей, зв'язків, відносин, предметів та в одночасному виділенні, фіксуванні певних сторін цих предметів, які цікавлять дослідника.

Конкретизація – метод дослідження предметів у всій їх різноманітності, у якісній багатогранності реального існування на відміну від абстрактного вивчення предметів.

Метод сходження від абстрактного до конкретного є загальною формою руху наукового пізнання – це відображення дійсності в мислені. Згідно з цим методом процес пізнання ніби розпадається на два відносно самостійні етапи: *перший етап* – від чуттєво-конкретного до його абстрактних визначень; *другий етап* – сходження від абстрактних визначень об'єкта до конкретного у пізнанні.

Аналіз – метод дослідження, що полягає в уявному або практичному розчленуванні цілого на складові частини, кожна з яких аналізується окремо у межах єдиного цілого.

Синтез – метод вивчення об'єкта у його цілісності, у єдиному взаємному зв'язку його частин. У процесі наукових досліджень синтез пов'язаний з аналізом, оскільки дає змогу поєднати частини предмета (об'єкта чи явища), розчленованого в процесі аналізу, встановити їх зв'язок і пізнати предмет (об'єкт чи явище) як єдине ціле.

Індукція – метод дослідження, при якому загальний висновок про ознаки множини елементів виводиться на основі вивчення цих ознак у частини елементів однієї множини.

Дедуція – метод логічного висновку від загального до часткового, тобто спочатку досліджують стан об'єкта в цілому, а потім його складові елементи.

Метод ідеалізації – конструювання подумки об'єктів, яких немає в дійсності або які практично нездійсненні. Мета ідеалізації – позбавити реальні об'єкти деяких притаманних їм властивостей і наділити (подумки) ці об'єкти певними нереальними і гіпотетичними властивостями.

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

Історичний метод дослідження є важливим знаряддям пізнання суспільних явищ та процесів. Його сутність полягає у вивченні всіх явищ та процесів у динамічному розвитку, становленні та у зв'язку з конкретними етапами історії суспільства. Завдяки використанню історичного методу досягається поглиблене розуміння суті проблеми і

з'являється можливість формулювати більш обґрунтовані рекомендації по новому об'єкту. Історичний метод може бути використаний при дослідженні різних явищ та об'єктів природи, суспільного життя, науки, техніки тощо.

Системний підхід у наукових дослідженнях

Системний підхід – методологічний напрямок у науці, задача якого полягає в розробленні методів дослідження і конструювання об'єктів, які мають складну організацію, – систем різних типів і класів.

Разом з цим системний підхід виступає і як метод наукового дослідження. При цьому системний підхід не існує у вигляді строгої методологічної концепції. Швидше за все це свого роду сукупність пізнавальних правил, дотримання яких дозволяє певним чином зорієнтувати конкретні дослідження. Сутність системного підходу полягає в представленні об'єкта дослідження як системи, тобто цілісної сукупності взаємозв'язаних елементів.

Основними *принципами системного підходу* є такі:

- *принцип цілісності* – зобов'язує розглядати систему як цілісний об'єкт, якості якого не зводяться до властивостей окремих його елементів;

- *принцип всебічності* – вимагає враховувати всі внутрішні зв'язки і відносини системи, усі фактори, які впливають на її функціонування;

- *принцип системо утворюючих відносин* – вимагає визначення саме тих зв'язків між частинами (елементами) системи, які забезпечують її цілісність, існування і розвиток;

- *принцип субординації* – вимагає при дослідженні будувати ієрархію елементів і відносин за будь-якими чітко визначеними критеріями (мобільність, адекватність, керованість тощо);

- *принцип динамічності* – згідно з цим принципом всі характеристики системи необхідно розглядати не як постійні, а як змінні аж до прямо протилежного значення порівняно з початковим;

- *принцип випереджаючого відображення* – передбачає наявність постійної актуальної проблематики, тобто вимагає не констатації поточного стану системи, а прогнозування її найімовірнішого стану в майбутньому.

На відміну від класичного системний підхід базується на послідовному переході від загального до часткового, коли в основу розгляду покладено кінцеву мету, заради якої і створюється система.

Вибір методів дослідження

Кожна наука має певну сукупність методів проведення досліджень при вивченні власного предмета, яку можна класифікувати на такі групи:

- *методи накопичування фактів*, що мають відношення до об'єкта дослідження (спостереження, реєстрація, вимірювання);
- *методи опису фактів* або властивостей ідеалізованого об'єкта дослідження та факторів, що відбивають ці властивості, а також явищ (процесів), що досліджуються, розвиток яких визначається цими факторами;
- *методи аналізу фактів, властивостей, факторів і явищ* за різними показниками і критеріями (оцінка, зіставлення, порівняння, класифікація, впровадження, систематизація);
- *методи обґрунтування* наукових висновків, серед яких мають бути такі методи: побудови (синтезу), доведення, оцінки достовірності;
- *методи вибору і обґрунтування* наукових рекомендацій, у т.ч. методи побудови (синтезу), оцінки й оптимізації;
- *методи інтерпретації та експериментальної перевірки* висновків і рекомендацій;
- *методи техніко-економічної оцінки* рекомендацій.

У процесі вирішення наукової проблеми вчений, як правило, самостійно шукає методи та способи її вирішення. Всі прийняті методичні рішення необхідно фіксувати у формі методик, які періодично переглядаються.

Методика дослідження – сукупність методів і прийомів правильного і цілеспрямованого вивчення явищ. При визначенні методики необхідно використовувати не тільки особистий досвід, але й досвід інших дослідників.

Обрану методику потрібно удосконалювати на основі критичного аналізу попередніх робіт і результатів їх впровадження в практику. Оскільки метод не являє собою щось незалежне від задач, об'єкта і умов дослідження, методи диференціюють та індивідуалізують.

РОЗДІЛ 2

ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА НАУКОВО-ДОСЛІДНИХ РОБІТ

2.1 Вибір напрямку наукового дослідження та етапи НДР

Поняття наукової проблеми

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

Проблема у науці – це суперечлива ситуація, яка вимагає свого вирішення. Така ситуація найчастіше виникає в результаті відкриття нових фактів, які явно не вкладаються в межі колишніх теоретичних уявлень, тобто коли жодна з теорій не може пояснити щойно виявлені факти.

Вирішення проблеми не міститься в існуючому знанні та не може бути отримане шляхом перетворення наявної наукової інформації.

Правильна постановка та чітке формулювання проблеми не менш важливе, ніж її вирішення. Вибір проблеми значною мірою визначає як стратегію дослідження взагалі, так і напрям наукового пошуку зокрема. По суті, мова йде про вміння відокремити головне від другорядного, про виявлення того, що поки не відоме науці з предмета дослідження, про усвідомлення того, що ми чогось не знаємо.

Джерелами наукових проблем є як практика, так і потреби власне науки (необхідність удосконалення методів наукового дослідження, уточнення категорійно-понятійного апарату тощо).

Залежно від способу вирішення всі проблеми можна поділити на три типи: **інформаційні, аналогові та гіпотетичні.**

Інформаційна проблема характерна для проблемного викладення. Ключ до вирішення інформаційної проблеми науковець знаходить у літературних джерелах.

Аналогова проблема (аналогічні способи вирішення) характерна для групи практичних проблем. Поставлена проблема даного виду не завжди потребує нового способу вирішення (навіть за умови існування нових фактів), а вирішується за аналогією.

Гіпотетичні проблеми вирішуються шляхом суджень та умовиводів у ході висування припущень, гіпотез, їх перевірки та обґрунтування.

Будь-яка наукова робота починається з **формулювання проблеми**, яку необхідно вирішити. Це завдання передбачає виконання цілого комплексу робіт і реалізується в декілька етапів:

- *визначення мети* (на основі вивчення планів науково-дослідних робіт; науково-дослідної тематики, передбаченої планами галузевих міністерств, відомств, академій наук; тем-завдань, замовлень на проведення досліджень; цільових комплексних, галузевих і регіональних науково-технічних програм тощо);

- *постановка проблеми* (на основі вивчення літературних джерел, ознайомлення з тими питаннями, які вже вирішені, ознайомлення з науковими роботами, які дають уявлення про галузь дослідження);

- *розроблення структури проблеми* (її конкретизація на основі уточнення мети дослідження; уточнення змісту проблеми; виділення підпроблем; визначення конкретних завдань; вибору методів дослідження);

- *визначення актуальності проблеми.*

У прикладному дослідженні замість формулювання проблеми можна скласти список конкретних запитань, на які необхідно одержати відповіді.

У сформульованій проблемі вже міститься мета дослідження, яка в процесі дослідження може розвиватися, збагачуватися, але її сутність залишається тією ж, поки проблема не буде вирішена.

Одночасно з формулюванням проблеми визначається головний напрям дослідження, його основна ідея. Основна ідея є важливою категорією, що визначає, за яким напрямом буде будуватися дослідження проблеми і як буде сформульована **гіпотеза**, тобто наукове припущення, що висувається для пояснення явищ дійсності (процесів) або причин, які зумовлюють даний наслідок, і потребує перевірки досвідом та теоретичного обґрунтування.

Якщо гіпотеза узгоджується з науковими фактами, то в науці її називають теорією, або законом.

Поняття теми дослідження та її формулювання

Оскільки наукова проблема є сукупністю складних теоретичних або практичних питань, то в процесі наукового дослідження проблему поділяють на складові компоненти – **теми**.

Тема – частина наукової проблеми, яка охоплює одне або декілька питань дослідження.

Тема – це не просто назва наукової роботи, а намічений результат дослідження, який спрямований на вирішення конкретного питання. Це відображення наукової проблеми в її характерних рисах, тому формулювання теми уточнює проблему, окреслює межі дослідження, конкретизує основний задум. Разом з цим тема є основною планово-обліковою одиницею при організації наукових досліджень.

За напрямками теми поділяють на **теоретичні, методологічні та організаційні**. **Теоретичні теми** передбачають дослідження окремих концепцій теорії відповідної науки, які стосуються її наукових законів.

Методологічні теми стосуються елементів методів конкретних наук, що застосовуються у процесі вивчення їх об'єктів.

Організаційні теми включають організацію досліджень за конкретними науковими напрямками і застосування одержаних результатів у практичній діяльності.

За причиною виникнення розрізняють три види тем: **теми, які виникають у результаті розвитку проблем, над якими працює даний науковий колектив; ініціативні теми; «теми на замовлення»**.

Процес формування теми дослідження включає такі **етапи**:

- вибір теми;
- обґрунтування, уточнення теми;
- конкретизація теми;
- формулювання назви теми;
- затвердження теми.

Розглянемо окремі етапи формування теми дослідження.

При виборі теми наукового дослідження можна скористатися такими прийомами: дослідити стан наукових розробок; ознайомитись з новими результатами досліджень у суміжних областях науки; оцінити стан розроблення методів дослідження; здійснити перегляд відомих наукових рішень за допомогою нових методів, з нових теоретичних позицій, під новим кутом зору, на більш високому рівні з урахуванням нових, істотних наукових фактів.

При обґрунтуванні (уточненні) і конкретизації теми необхідно враховувати такі критерії: актуальність теми; ефективність розроблення, її новизна і перспективність; наявність теоретичної бази; відповідність теми спрямованості наукової роботи відповідного закладу (установи); здійсненність розроблення в умовах конкретного дослідження.

Під **актуальністю теми** розуміється її значущість, тобто необхідність та невідкладність її розгляду для потреб розвитку економіки держави, галузі, підприємства.

Головним критерієм актуальності теми виступає можливість забезпечення найбільшого ефекту.

На стадії формування теми наукового дослідження визначають її назву – змістовний заголовок. Назву наукової роботи формулюють за допомогою такого правила: в назві теми наукової роботи повинна бути відображено спрямованість (проблему) дослідження (мету або укрупнене завдання), галузь використання, об'єкт дослідження, предмет дослідження.

Визначення предмета та об'єкта дослідження

У методології наукових досліджень розрізняють поняття «об'єкт» і «предмет» пізнання.

Об'єктом пізнання прийнято називати те, на що спрямована пізнавальна діяльність дослідника, процес або явище, яке породжує проблемну ситуацію, обрану для дослідження. Відповідно це та сукупність зв'язків, відносин та властивостей, яка існує об'єктивно в теорії та практиці та виступає джерелом необхідної для дослідника інформації.

Як об'єкт пізнання визначаються лише ті зв'язки, відносини, властивості реального об'єкта, які включені до процесу пізнання. Будь-який об'єкт дослідження – це певна сукупність властивостей та відносин, яка існує незалежно від дослідника, але ним відображається.

Предмет пізнання – досліджувані з певною метою властивості об'єкта.

При визначенні предмета і об'єкта дослідження необхідно з'ясувати: предмет і об'єкт дослідження є новими чи традиційними. Відповідно, можливі такі комбінації новизни предмета і об'єкта дослідження:

- новий предмет – новий об'єкт;
- новий предмет – традиційний об'єкт;
- традиційний предмет – новий об'єкт;
- традиційний предмет – традиційний об'єкт.

Об'єкт та предмет пізнання не одне й те саме, хоча нерідко їх неправомірно ототожнюють. Визначаючи об'єкт дослідження, необхідно відповісти на запитання: що розглядається? А предмет означає аспект

розгляду, дає уявлення про те, як розглядається об'єкт саме в даному дослідженні, цим дослідником.

Співвідношення об'єкта та предмета дослідження можна коротко охарактеризувати так: об'єкт об'єктивний, а предмет суб'єктивний (до речі, предмет англійською – subject).

Незважаючи на очевидність наведених вище міркувань, як показує практика, розпізнавання цих категорій дається зі складністю. Найбільш поширеним непорозумінням, що фактично ліквідує різницю між цими поняттями, є уявлення про предмет дослідження як визначення якоїсь ділянки або частини об'єкта, що вибраний для дослідження: «об'єкт ширше (це загальне), а предмет вужче (це часткове)». Але різниця між цими поняттями не зводиться до розмірів того чи іншого. Предмет – не частина, відрізана від об'єкта, а спосіб, аспект його вивчення. Об'єкт розглядається весь, цілісно. Предмет дослідження – все те, що знаходиться в межах об'єкта дослідження у визначеному аспекті розгляду.

Науковець повинен чітко визначити предмет і об'єкт дослідження. З предмета дослідження випливають його мета та завдання.

Мета і завдання дослідження

Виходячи з назви наукової роботи, визначеного об'єкта та предмета, формулюється мета дослідження, що характеризує, яку найбільш важливу проблему або завдання має намір вирішити дослідник.

Мета дослідження – це очікуваний кінцевий результат, який зумовлює загальну спрямованість і логіку дослідження (теоретичного або прикладного).

Мета визначається відповіддю на запитання: «Для чого проводиться дослідження?». Чітке формулювання конкретної мети – одна з найважливіших методологічних вимог до програми наукового дослідження. Мета дослідження полягає у вирішенні наукової проблеми шляхом удосконалення вибраної сфери діяльності конкретного об'єкта. Поставленої мети треба обов'язково досягти, на завершальному етапі досліджень необхідно перевірити, чи відповідають висновки поставленій меті. Мета формулюється лаконічно, вона має точно виражати те основне, що намагається зробити дослідник.

Мета конкретизується та розвивається у завданнях дослідження. Завдання дослідження визначають для того, щоб більш конкретно

реалізувати його мету. Завдання наукового дослідження, як правило, полягають у такому:

- вирішення теоретичних питань, які пов'язані з проблемою дослідження (введення до наукового обігу нових понять, розкриття їх сутності і змісту; розроблення нових критеріїв і показників; розроблення принципів, умов і факторів застосування окремих методик і методів);
- виявлення, уточнення, поглиблення, методологічне обґрунтування суттєвості, природи, структури об'єкта, що вивчається; виявлення тенденцій і закономірностей процесів; аналіз реального стану предмета дослідження, динаміки, внутрішніх протиріч розвитку;
- виявлення шляхів та засобів удосконалення явища, процесу, що досліджується (практичні аспекти роботи); обґрунтування системи заходів, необхідних для вирішення прикладних завдань;
- експериментальна перевірка розроблених пропозицій щодо розв'язання проблеми, підготовка методичних рекомендацій для їх використання на практиці.

Завдання повинні розглядатись як основні етапи наукового дослідження. Частіше за все формулювання таких завдань здійснюється у вигляді певного набору підпитань. Наприклад, «виявити...», «розробити...», «експериментально перевірити...» тощо.

Формулювання мети і визначення завдань наукового дослідження – один з найважливіших творчих етапів розв'язання проблеми. Мета і завдання дослідження повинні бути чітко викладені, передбачати розроблення нових напрямів розвитку або удосконалення існуючої методології чи створення нових методик.

Порядок здійснення наукового дослідження. Етапи НДР

Проведення наукового дослідження започатковується розробленням *програми*. Програма визначає проблему, мету, завдання дослідження, методи їх вирішення, а також основні шляхи і форми впровадження в практику очікуваних результатів.

Створення програми розпочинається з розроблення *концепції дослідження*, що визначає його загальний задум, основну ідею. Концептуальні положення фіксують у методологічному розділі програми.

Методологічний розділ включає:

- вибір теми дослідження;
- проблемну ситуацію, яка зумовлює необхідність проведення

дослідження (чому проводиться);

- визначення об'єкта і предмета дослідження;
- структурний (логічний) аналіз об'єкта;
- визначення мети і основних завдань дослідження;
- обґрунтування робочих гіпотез (гіпотези не є обов'язковим елементом програми);

Наступний, *методико-процедурний, розділ* включає розроблення методології, методики і техніки дослідження як взаємозв'язаних компонентів.

Рівень достовірності основних результатів наукового дослідження значно підвищується, якщо вони базуються на експериментальних даних. Тому програма повинна включати *розділ експериментальних досліджень*. Наукова значущість експериментальних досліджень залежить від їхньої спрямованості, змісту, рівня використання різного роду характерних ознак і отримання конкретних результатів. Характерними ознаками можна вважати: спосіб формування умов (природні, штучні); мету експериментального дослідження (перетворювальна, констатуюча, контролююча, пошукова); форму проведення (лабораторна, стендова, полігонна, промислова); структуру об'єктів і явищ, що вивчаються (проста, складна); кількість варіантних факторів (однофакторні і багатофакторні).

Завершується експеримент переходом від емпіричного вивчення до обробки отриманих даних, логічних узагальнень, аналізу і теоретичної інтерпретації отриманого фактичного матеріалу.

Результати наукового дослідження подаються у вигляді *підсумкового документа*: інформації, інформаційної записки, аналітичної записки чи звіту про науково-дослідну роботу.

Конкретний склад етапів програми, характер виконуваних у їх рамках робіт визначаються специфікою наукового дослідження.

Етап – логічно обґрунтований розділ наукового дослідження, що має самостійне значення і що є об'єктом планування і фінансування.

Рекомендуються такі основні етапи науково-дослідної роботи (НДР):

1. розроблення технічного завдання на НДР;
2. вибір напрямку дослідження;
3. проведення теоретичних і експериментальних досліджень;
4. узагальнення і оцінка результатів досліджень

Основні вимоги до НДР, що проводяться, встановлюються в *технічному завданні*, в якому зазначаються: мета і завдання дослідження;

основні етапи НДР; терміни початку і закінчення НДР; кінцевий результат дослідження; порядок приймання роботи; техніко-економічне обґрунтування доцільності виконання НДР.

2.2 Пошук, накопичення та обробка наукової інформації

Загальна характеристика інформації

У широкому розумінні *інформація* – це знання, відомості, дані, які отримуються та нагромаджуються в процесі розвитку науки та в практичній діяльності людей; у вузькому розумінні – це дані, які є об'єктом обробки, передачі та зберігання.

Наукова інформація – це сукупність будь-яких відомостей про стан і зміни параметрів об'єктів дослідження або відповідності їх нормативно-правовим актам; одне із загальних понять науки – це нові відомості про навколишній світ.

Залежно від ознак, які відображають властивості об'єктів, виділяють такі види інформації: *природничо-наукова; техніко-технологічна; економічна; соціально-політична.*

Економічна інформація – це сукупність цифр, фактів, відомостей та інших даних, яка відображає суспільно-економічні явища та процеси.

Класифікація економічної інформації

За *призначенням* економічна інформація може бути: плановою, оперативною, бухгалтерською, статистичною, проектно-конструкторською, нормативною та управлінською.

Залежно від *функцій* економічну інформацію поділяють на таку, що використовується в інформаційному забезпеченні господарської діяльності та для наукових досліджень.

Залежно від *ступеня інформаційної деталізації* розрізняють синтетичну (узагальнену) та аналітичну (яку одержують шляхом аналітичних розрахунків на основі синтетичної інформації) економічну інформацію.

Відносно *об'єкта дослідження* економічну інформацію поділяють на внутрішню й зовнішню, вхідну та вихідну, оперативну та поточну.

За *стабільністю використання або зберігання* економічну інформацію поділяють на умовно-постійну (постійну), яка використовується без суттєвих змін протягом кількох звітних періодів (квартал, рік), і змінну.

Економічну інформацію класифікують і за іншими ознаками:

способом відображення, насиченістю даних, корисністю використання, способом подання, ознаками обробки тощо.

Основна роль інформації у дослідженнях полягає в тому, щоб виключити суб'єктивні судження про досліджуваний об'єкт.

При проведенні наукових досліджень інформація виконує такі **функції**:

- сприяє визначенню сучасних тенденцій у вирішенні даної наукової проблеми;
- дає змогу визначити актуальність, рівень розробленості даної наукової проблеми;
- надає матеріал для вибору аспектів і напрямів дослідження, його мети і завдань, а також теоретичних побудов;
- забезпечує достовірність висновків і результатів пошуків, зв'язок сформованої концепції із загальним розвитком теорії.

Види джерел інформації

Організація та здійснення досліджень значною мірою залежать від складу, змісту та характеру джерел, які для цього використовуються. Застосування комп'ютерних технологій у наукових дослідженнях не замінює документальні джерела інформації, а, навпаки, посилює потребу в них.

Науковим документом, або документом науково-технічної інформації, називається носій, в якому, в той чи інший спосіб, зафіксовані наукові відомості (дані) або науково-технічна інформація, в якому повинно бути відмічено - ким, де і коли він був створений.

Документи науково-технічної інформації представлені такими основними групами: *друковані, машинописні (рукописні)*.

Друковані джерела інформації включають: *навчальні матеріали; наукові матеріали; нормативні матеріали; статистичні матеріали; інші матеріали.*

Навчальні матеріали – це видання літератури з навчальних дисциплін (підручники, навчальні посібники, програмно-методичні матеріали), призначені для підготовки спеціалістів в окремих галузях.

Підручник – це навчальне видання, яке містить систематизоване викладення навчальної дисципліни (її розділу, частини), відповідає навчальній програмі й офіційно затверджене Міністерством освіти і науки України як даний вид видання.

Навчальні посібники – це друковані, графічні, наочні та інші матеріали (книги, таблиці, карти, картини, макети, моделі, діапозитиви, кінофільми тощо), які використовуються у процесі навчання з метою забезпечення кращого засвоєння учнями знань, вмінь і навиків.

Практичні посібники – це видання, розраховані на задоволення потреб окремих категорій спеціалістів галузей промисловості і сільського господарства в їх повсякденній практичній діяльності.

Наукові матеріали видаються у вигляді монографій, узагальнюючих наукових праць, збірників статей, рефератів, тез, в яких висвітлюються різні наукові проблеми.

Монографія – це наукова праця у вигляді книги, яка містить повне або поглиблене дослідження однієї проблеми чи теми, яка належить одному або декільком авторам.

Наукова монографія – це наукове дослідження, в якому різнобічно й вичерпно висвітлюється вибрана наукова проблема з критичним її аналізом, визначенням вагомості, формулюванням нових наукових концепцій. Монографія фіксує науковий пріоритет, забезпечує суспільство первинною науковою інформацією, призначена для висвітлення наукового змісту та результатів дисертаційного дослідження.

Стаття – відомості обсягом, як правило, в декілька машинописних сторінок, опубліковані в науковому журналі, збірнику наукових праць.

Реферат – короткий виклад (усний або письмовий) наукової праці, вчення, змісту книги, результатів наукового дослідження.

Тези – короткий виклад основних положень лекції, доповіді, твору.

Тези доповідей наукової конференції – науковий неперіодичний збірник, який містить опубліковані до початку конференції (як правило) матеріали попереднього характеру (анотації, реферати доповідей і (або) повідомлень).

Наукові матеріали мають велику цінність з огляду на те, що науковець може ознайомитися з нетрадиційним трактуванням тих чи інших питань, критикою поглядів інших авторів, а також науковою новизною, характерною для науки на конкретному етапі її розвитку.

Нормативні матеріали видаються органами законодавчої та виконавчої влади різних рівнів у вигляді законів, наказів, інструкцій, положень (стандартів) тощо і містять основні норми й правила та є основою для здійснення будь-якої діяльності.

Закон – виданий у встановленому порядку загальнообов'язковий акт найвищого органу державної влади, який має вищу юридичну силу.

Наказ – акт управління, що видається керівниками міністерств, відомств, відділів і управлінь виконкомів місцевих рад народних депутатів, а також керівниками підприємств, установ та організацій.

Положення (стандарт) – нормативно-правовий акт, затверджений відповідним міністерством, який регламентує окремі види діяльності.

Інструкція – 1) нормативний акт, що видається міністерствами, керівниками інших центральних і місцевих органів державного управління в межах їх компетенції на основі та задля виконання законів, указів, постанов і розпоряджень уряду й актів вищих органів державного управління; 2) збірник правил, що регламентують виробничо-технічну діяльність.

Інструкція — правовий акт, який створюється органами державного управління для встановлення правил, що регулюють організаційні, науково-технічні, технологічні, фінансові та інші спеціальні сторони діяльності та відносин установ, закладів, підприємств, службових осіб.

Інструкція має реквізити, назву документа (інструкція); гриф затвердження; заголовок (сюди іноді входить назва документа); дату; індекс; місце видання; текст; підпис.

Текст викладається у вказівно-наказовому стилі з формулюваннями типу «винний», «слід», «необхідно», «не дозволено». Текст документа має бути стислий, точний, зрозумілий, оскільки він призначений для постійного користування. Зміст викладається від 2-ї, 3-ї особи, рідше — у безособовій формі.

Статистичні матеріали – відомості про розвиток економіки, подані у вигляді таблиць, узагальнених у щорічних статистичних збірниках, що видаються Державним комітетом статистики України. Статистичні матеріали складаються з економічних, демографічних, соціальних та інших матеріалів.

Документальні джерела інформації дають змогу досліджувати об'єкти за певною періодизацією, тобто у динаміці за періодами. Це необхідно для вивчення і зіставлення факторів, які позитивно чи негативно впливають на господарську діяльність підприємств.

Група *інших матеріалів* представлена науково-популярними, рекламними, патентно-ліцензійними, довідковими, бібліографічними, виробничими матеріалами тощо.

Науково-популярні матеріали – це брошури та книги з окремих питань, призначені для пропаганди наукових знань серед широкого кола читачів, зайнятих насамперед у матеріальному виробництві.

Рекламні джерела інформації – це відомості про вироби, послуги, які пропонуються з метою залучення покупця.

Патентно-ліцензійні джерела інформації – це права на використання інтелектуальної власності або трудову діяльність у певній сфері економіки.

Довідники – це довідкові видання, які мають прикладний, практичний характер, мають систематизовану структуру або побудовані за алфавітом заголовків статей.

Бібліографічні джерела інформації – це видання книжного або журнального типу, які включають науковий, систематизований перелік і опис друкованих видань.

До *рукописних документів* відносять носії інформації, які не пройшли редакційно-видавничу обробку і не виготовлені поліграфічним способом (дисертації, науково-технічні звіти, документи обліку господарської діяльності тощо).

Дисертація – є кваліфікаційною науковою працею у вигляді спеціально підготовленого рукопису або опублікованої монографії. Підготовлена до захисту дисертація повинна містити висунуті здобувачем науково обґрунтовані теоретичні або експериментальні результати, наукові положення, а також характеризуватися єдністю змісту і свідчити про особистий внесок здобувача в науку.

Звіт з науково-дослідної роботи (НДР) – науково-технічний документ, який містить систематизовані дані про науково-дослідну роботу, описує процес чи результати науково-технічного дослідження. Звіт з НДР є рукописною працею, яка, як правило, оформлюється і розмножується в обмеженій кількості екземплярів (від трьох до п'яти). Обсяг звіту може коливатися від декількох аркушів, які оформляються у вигляді брошури, до декількох сотень аркушів, які оформляються у вигляді однієї чи декількох книг.

Особливим видом рукописних документів є *депоновані твори*. Депонованими називаються наукові роботи, розраховані на обмежене коло користувачів. Депонування здійснюється централізовано органами науково-технічної інформації, функції яких в Україні виконує Інститут науково-технічної і економічної інформації. Відомості про депоновані твори оперативно наводяться у реферативних та інших журналах.

Депонування здійснюється з метою ознайомлення вчених і спеціалістів з рукописами статей, оглядів, монографій, матеріалів конференцій, з'їздів, нарад і симпозіумів вузькоспеціального характеру,

які недоцільно видавати масово (як книги, журнали, брошури).

«Авторитетними» вважаються джерела (АД на відміну від ОД — оригінальних джерел, які, як правило, не є перевіреними, підтвердженими іншими незалежними джерелами), які зберігають редакційну цілісність, що дозволяє верифікувати інформацію. Ці джерела охоплюють опубліковані праці у будь-якому вигляді (паперовому чи електронному) всіма мовами.

У науковій діяльності застосовується поділ документальних джерел інформації на дві категорії: *первинні, вторинні, третинні*.

Первинні джерела інформації мають переважно нові науково-технічні відомості, які є результатом науково-дослідної, проектно-конструкторської і практичної діяльності (відображають господарські операції) або нове осмислення відомих ідей і фактів. Первинне джерело — це документ або людина, що надають прямі докази фактам, іншими словами, джерело, гранично близьке до описуваної ситуації. У нашій діяльності первинним джерелом є, наприклад, масив даних про об'єкт — експериментальних, диспетчерських тощо. Первинні джерела потребують грамотної обробки (наприклад, масиви експериментальних даних — обробки із застосуванням методів моделювання, математичної статистики), коментування, узагальнення. Первинні джерела — це ще не АД. Це тільки первинна інформація, на основі якої можуть сформуватися, а можуть і не сформуватися АД.

В науковій літературі первинним джерелом є також початкова публікація даних експерименту, дослідження, початкова публікація нової теорії, її обґрунтування і результати.

Вторинні джерела інформації є результатом опрацювання одного або декількох первинних документальних джерел. До вторинних джерел інформації відносять бібліографічні описи, анотації, реферати, огляди, довідкові та інформаційні видання, переклади, бібліотечні покажчики та картотеки.

Третинне джерело, своєю чергою, узагальнює вторинні. Енциклопедії в переважній більшості випадків є третинними джерелами.

Інформаційне забезпечення наукових досліджень

Проведення наукових досліджень вимагає відповідного інформаційного забезпечення. Забезпечення — це те, за допомогою чого створюються умови для реалізації вказаного процесу.

Інформаційне забезпечення – це сукупність інформації та способів її пошуку, обробки, накопичення, збереження, систематизації та узагальнення з метою використання в процесі наукового дослідження.

Завданням інформаційного забезпечення є інформування науковців про стан об'єктів, що досліджуються. Крім того, інформаційне забезпечення є засобом комунікації (обміну інформацією) науковців.

Класифікувати інформаційне забезпечення науково-дослідного процесу можна за такими ознаками: *професійно-інформаційна комунікація*; *пізнавальність інформації*; *зміст інформаційного забезпечення*.

Комунікаційне забезпечення ґрунтується на професійно-інформаційних контактах науковців (конференції, симпозіуми, наради, наукові семінари тощо).

З точки зору пізнавального характеру інформації інформаційне забезпечення можна поділити на забезпечення *новою інформацією* та забезпечення *релевантною інформацією*, яка використовувалася раніше.

За змістом інформації інформаційне забезпечення науково-дослідного процесу поділяється на *законодавче* (закони і нормативні акти, Укази Президента України, Постанови та розпорядження Уряду України); *планове* (інформація з планів економічного і соціального розвитку); *нормативно-довідкове* (норми та нормативи); *договірне* (інформація з договорів між економічними суб'єктами); *технологічне* (технічна документація, стандарти, технічні умови, проектно-технічна документація); *організаційно-управлінське* (юридично-правові та організаційно-розпорядчі документи, службове листування); *фактографічне* (звітність, дані бухгалтерського, статистичного та оперативного обліку).

Пошук необхідної інформації

Наукові дослідження в будь-якій галузі науки повинні базуватися на надійній та достовірній інформації. Обов'язковою вимогою до дослідника є всебічне та глибоке вивчення ним досвіду попередників, які займалися вирішенням як обраної, так і суміжних проблем.

На початковому етапі наукової роботи вивчення літературних джерел дозволяє обрати та конкретизувати тему дослідження, визначити його об'єкт, розробити теоретичні передумови майбутньої наукової роботи, допомагає визначити актуальність обраної теми дослідження.

Інформаційна база дослідження відіграє важливу роль у створенні гіпотези, яка є відправною точкою у наукових дослідженнях.

Інформація відіграє визначальну роль у вивченні історії проблеми, що досліджується. Знання історії питання й методик дослідження, що використовувалася раніше, дозволяє уникнути дублювання виконаних робіт і повторення помилок, а також розглянути предмет у динаміці, простежити загальні тенденції та подальші шляхи його розвитку і на цій основі будувати науковий прогноз.

Для інформаційного пошуку необхідно використовувати інформаційні видання органів НТІ, автоматизовані інформаційно-пошукові системи, бази даних, банки даних, Internet. Дані пошуку можуть бути використані безпосередньо, однак найчастіше вони використовуються для виявлення первинних джерел інформації, якими є наукові праці (монографії, збірники) та інші, необхідні для наукової роботи видання. Так забезпечується повнота інформаційної бази дослідження.

Методика пошуку необхідної інформації складається з кількох етапів та передбачає пошук відповідей на чотири основні питання, які повинен ставити перед собою дослідник: *що?, де?, як (яким чином) шукати?, як опрацювати?*

Етап 1 (Що шукати?) – виділення основних проблем, питань, завдань теми дослідження та ключових понять.

Етап 2 (Де шукати?) – визначення переліку джерел, в яких може висвітлюватися інформація щодо виділених проблемних питань.

Етап 3 (Як шукати?) – вибір прийомів, за допомогою яких здійснюватиметься робота з обраними літературними джерелами (опрацювання каталогів бібліотек, робота в мережі Internet, робота з інформаційною базою тощо).

Етап 4 (Як опрацювати?) – одержання текстів (ксерокопіювання або ж читання) та їх безпосередня обробка.

Пошук інформації в бібліотеці

Бібліотека – культурно-освітній заклад, що збирає друковані та рукописні матеріали, здійснює їх спеціальне опрацювання, організовує збереження та забезпечення книгами читачів.

Бібліотечний фонд – це сукупність відповідним чином впорядкованих джерел інформації, нагромаджених за певний період часу, які підлягають обліку та зберіганню відповідно до чинного законодавства. Структура бібліотечних фондів може бути різною.

Бібліотечний фонд неможливо опрацювати, не використовуючи

бібліотечні каталоги.

Бібліотечний каталог – це перелік творів друку й інших документів, наявних у фонді бібліотеки або групи бібліотек, складений у певному порядку, який є засобом повідомлення про склад і зміст бібліотечного фонду.

Алфавітному каталогу належить основне місце. За ним можна встановити наявність у бібліотеці творів того чи іншого автора або визначеної книги, автор чи назва якої відомі.

У систематичному каталозі картки згруповані в логічному порядку за окремими галузями знань. За його допомогою можна з'ясувати, за якими галузями знань та які саме видання є в бібліотеці, підібрати необхідну літературу, а також встановити автора та назву книги, якщо відомий її зміст.

У предметному каталозі, як і у систематичному, література групується за її змістом. Однак на відміну від систематичного в предметному каталозі література об'єднана в певні рубрики незалежно від того, з яких позицій вони викладені. Через це в предметному каталозі в одному місці знаходяться матеріали, які в систематичному каталозі були б розкидані в різнішки.

Неможливо не згадати про **картотеку**, що є переліком всіх матеріалів за окремо визначеною тематикою. Бібліотечні каталоги та картотеки не існують окремо, навпаки, вони пов'язані та взаємно доповнюють один одного, полегшують читачам пошук необхідного джерела та максимально повно відтворюють бібліотечний фонд.

Комп'ютерні технології пошуку інформації

Сучасні технології дозволяють здійснювати пошук інформації через мережу Internet за допомогою пошукових систем та у бібліотеках.

Мережа Internet є глобальною системою з'єднаних комп'ютерних мереж, складовими якої є електронна пошта та всесвітня мережа www (аббревіатура від World Wide Web – світове павутиння). Головним принципом використання Internet є відкритість. Internet складається з сотень вільно об'єднаних мереж, і немає жодної окремої групи людей або організації, що відповідають за його роботу. Багато компаній цілодобово працюють в Internet, а інші підключають свої комп'ютери до Internet тимчасово. В цьому полягає одна з найвагоміших переваг Internet – він може працювати, коли окремі комп'ютери не підключені до мережі або

пошкоджені.

Всесвітня мережа www – всесвітньо розподілена база гіпертекстових документів. На кожному комп'ютері, що має постійне підключення до Internet, можна розмістити документи, які планується зробити загальнодоступними. Тоді цей комп'ютер стає Web-сервером. Для перегляду змісту серверів користувач повинен мати спеціальну програму – Web – браузер.

При здійсненні пошуку необхідної інформації в Internet є декілька методів. По-перше, слід скористатися каталогами Internet – ресурсів, що містять вже згруповану інформацію у вигляді посилань на Web – сервери.

Прикладами таких англomовних каталогів є www.yahoo.com, www.altavista.com, www.google.com, українських – www.meta-ukraine.com.

Через Internet можна знайти книги, журнали, дисертації, автореферати, статті, матеріали конференцій та іншу потрібну для наукової роботи літературу. Корисність цього способу полягає у тому, що можна працювати з каталогами бібліотек без відриву від роботи. Перед відвіданням бібліотеки для роботи з літературою проводиться пошук джерел, який можна здійснювати як в систематичному, так і в алфавітному каталогах.

При пошуку інформації в Internet – бібліотеках використовуються загальні правила пошуку інформації в електронних базах даних.

Отже, ми черпаємо інформацію з Інтернету користуючись в основному ВТОРИННИМИ та ТРЕТИННИМИ джерелами. При цьому третинні джерела майже завжди – беззаперечні (якщо вони не застарілі). А от у вторинних джерелах, як то кажуть, "є варіанти".

Ось на цих варіантах важливо зупинитися.

- **Наукові статті.**

У кінці ХХ ст. належить чи не належить стаття до АД визначав Всесоюзный институт научной и технической информации (ВИНИТИ) та його аналоги (наприклад, ЦНИЭИуголь). Ці інститути готували перелік наукових статей за галузями, які видавали (а в РФ видаються і сьогодні) у спеціальних грубих (тобто великого обсягу) Реферативних журналах). При такій системі наукові співробітники змушені витратити майже 50 % свого робочого часу на інформаційну діяльність у пошуках надійних джерел, тематичних оглядах (щоб бути на "вістрі прогресу").

У ХХІ ст. Західний Світ + Китай, Індія та ін. розвинені країни перейшли до іншої критеріальної парадигми сортування джерел "АД - ОД". Утворилися НАУКОМЕТРИЧНІ БАЗИ ДАНИХ, які є організовані і оперативно ведуться спеціальними інститутами та інформаційними службами. Наприклад, База даних Scopus індексує наукові журнали, матеріали конференцій та серійні книжкові видання. Розробником та власником SciVerse Scopus є видавнича корпорація Elsevier. В додаток до можливостей РЕФЕРАТИВНИХ ЖУРНАЛІВ комп'ютеризація цього процесу та Інтернет дає змогу швидко віднайти потрібну публікацію, визначити їх рейтинг, рейтинг журналу (Імпакт фактор), рейтинг автора (індекс Гірша) тощо.

За версією Open Science in Ukraine всі наукометричні бази даних можна класифікувати за складністю реєстрації на три категорії: А, В, С.²

«КАТЕГОРІЯ А». ЛЕГКА РЕЄСТРАЦІЯ. Це бази-каталоги наукових журналів, які порівняно швидко розглянуть заявку редакції на реєстрацію. Крім того, багато з подібних баз мають тенденцію самостійно експортувати метадані наукових журналів з інших баз, архівів, сховищ тощо., Що створює ефект «снігової кулі», широко поширюючи відомості про журнал в мережі Інтернет. Бази даних категорії «А»:

- Universe Impact Factor,
- Global Impact Factor,
- CiteFactor,
- Sindexs,
- Ukrainian scientific journals,
- General Impact Factor,
- Electronic Journals Library,
- MIAR 2015 року,
- Cosmos impact factor та ін.

«КАТЕГОРІЯ В». РЕЄСТРАЦІЯ СЕРЕДНЬОЇ СКЛАДНОСТІ. Це більш вимогливі бази даних, які, як правило, мають свої алгоритми розрахунку Impact factor, а також побудовані на ньому рейтинги. Терміни розгляду заявок в даних базах коливаються від 1 місяця до півроку або навіть 1 року. Реєстрація в базах робить журнал авторитетним в очах широкого кола наукової громадськості, а індексація в деяких з них служить своєрідною «сходінкою» перед початком індексації

² <https://web.archive.org/web/20170202001206/http://www.openscience.in.ua/ru/isdb-services>

в Scopus і Web of Science. Бази даних категорії «В»:

- Index Copernicus,
- Open Academic Journals Index,
- DOAJ,
- UlrichsWeb,
- EBSCOhost,
- National Library of Ukraine Vernadsky та ін.

«КАТЕГОРІЯ С». СКЛАДНА РЕЄСТРАЦІЯ. Це наукометричні бази даних **Scopus і Web of Science** — найвпливовіші наукометричні бази даних, реєстрація в яких може стати результатом багатьох років кропіткої роботи по поліпшенню якості наукових статей, підвищенню рівня інтеграції журналу і його авторів в світове дослідницьке співтовариство, застосування численних стандартів оформлення наукової інформації. Модерація журналів тут найсуворіша, а вимоги найжорсткіші. Заявки розглядаються більше року або протягом декількох років. Індексація в цих базах свідчить про найвищий визнання журналу в науковому середовищі.

Всередині цих наукометричних баз є своя градація значимості наукових журналів. Наприклад, у Скопус існує класифікація журналів на квартилі – за мірою значущості журналу **Q1, Q2, Q3 і Q4**.

Яким же виданням, якій інформації довіряти? Звичайно, – наукометричній найбільше (до 100%). І чим авторитетніша наукометрична база – тим більша довіра до інформації. Заслужують на увагу і довіру фахові періодичні видання ВИШів України – за списком МОН. Але тут додатково треба враховувати рейтинг самого ВИШу і рейтинг авторів.

У окремих випадках можна користуватися і іншими виданнями – не зареєстрованими у МОН і на наукометричних сторінках виданнями. Тут головне – фаховий рівень автора.

• **Посібники, підручники, конспекти лекцій. Монографії**

Посібники, підручники, конспекти лекцій — це навчальна література. Конспект лекцій — первинна, далі, по мірі вдосконалення — посібники і підручники. У вітчизняних традиціях ці видання повинні мати:

- **ISBN** (з англ. International Standard Book Number — міжнародний стандартний номер книги) універсальний ідентифікаційний номер, що присвоюється книзі або брошурі з метою їх ідентифікації.

- Рецензентів — як правило, кандидатів і докторів наук з різних організацій, бажано і науковців, і практиків
- Рекомендацію ВЧЕНОЇ РАДИ ВИШу або Інституту до друку
- Видавництво, яке має право на друк (zareєстроване Книжковою Палатою України)

Бажаний електронний друк в Електронних бібліотеках України, Репозитаріях ВИШів.

При цьому, видання без ISBN не вважаються друкованими працями. І вони не рекомендуються.

Велике значення має рік видання навчальної книги. У кожній з галузей має місце свій темп суттєвого оновлення, інновацій. Наприклад, у IT-технологіях інформація застаріває вже за рік-півтора, у енергетичній, електротехнічній, гірничій, інженерії за оцінками – за 3-5 років. Тому з такою ж частотою повинні підновлюватися і навчальні видання.

Монографії («наукове дослідження, присвячене одній темі» англ. monograph, нім. і фр. monographie від грец. μόνος «один, єдиний» та γράφω «пишу») — наукова праця, що належить одному чи кільком авторам, у вигляді книги з поглибленим вивченням однієї або кількох (тісно пов'язаних між собою) тем.

Крім зазначених вище вимог монографія повинна не мати плагіатних елементів.

У інтернет-мережі існують портали для науковців, наприклад, ResearchGate (дослідницька брама) — науковий портал та соціальна мережа, засіб співробітництва між науковцями з будь-яких наукових дисциплін. ResearchGate містить веб-застосунки, включаючи семантичний пошук (пошук по резюме), обмін файлами, спільне користування базою публікацій, форуми, методологічні дискусії, групи тощо. Члени можуть створювати свій персональний блог у межах мережі.

Порядок обробки та групування інформації

Згідно з обраною темою наукової роботи дослідник самостійно підбирає літературні джерела (книги, брошури, статті), офіційні документи, накопичує відомчі матеріали з теми та опрацьовує їх. Порядок роботи над літературними джерелами включає бібліографічний пошук літератури з теми досліджень, її вивчення, фіксацію початкових даних і їх використання у процесі наукового дослідження для створення нових знань.

Робота з друкованими та електронними джерелами інформації передбачає: загальне ознайомлення (ознайомлення зі змістом і швидкий перегляд джерела); уважне читання по розділах (виділення найваж-

ливішого тексту); вибіркоче читання тексту (перечитування найважливішого); складання плану прочитаного матеріалу (постановка проблем); виписка з прочитаного (повніше та чіткіше – цитата і бібліографічний опис із зазначенням тих сторінок, звідки взята цитата); оформлення картотек (бібліографічна картотека, картотека виписок, картотека рефератів, картотека іноземної літератури); зіставлення та критична оцінка прочитаного (запис зауважень).

При роботі із друкованими та електронними джерелами інформації дослідник робить виписки окремих речень або абзаців. При цьому необхідно уникати накопичення матеріалу, що не стосується обраної теми та об'єкта дослідження.

Досвід свідчить, що приблизно 30-40 % літературних джерел, первинно відібраних за їх назвою, виявляються некорисними при роботі над темою.

У процесі роботи над джерелами з'являються власні висновки, оцінки, узагальнення, передбачення у використанні інформації. Коли виписки здійснюються рукописним способом, їх необхідно записувати й виділяти в тексті позначками на полі у квадратних дужках або записувати іншим кольором. У цьому випадку окремі положення краще фіксувати на аркушах паперу тільки з одного боку, залишаючи великі поля. Це дає змогу у необхідних випадках робити додаткові вставки, паралельні виписки з інших книг для порівняння, а також викладу власної думки з цього питання. З цією метою можна використати картки з картону або цупкого паперу, наприклад, які зручно групувати за однорідністю питань, що вивчаються. Доцільно робити кольорові або шрифтові виділення нотаток.

Однак у сучасних умовах набагато краще та зручніше використовувати для роботи над текстом персональний комп'ютер та спеціальне програмне забезпечення – текстові редактори, наприклад, *Microsoft Word*.

При використанні комп'ютера процес початкового накопичення інформації значно спрощується. Виписки можна робити власноручно, записуючи текст у відповідний текстовий файл. Інший шлях – це сканування великих частин тексту сканером, а потім за необхідності його правка та коментар. Можна також використовувати програми для автоматичного перекладу.

Незалежно від того, на якому носії (електронному чи на паперовому) зафіксована інформація із літературного джерела, вона повинна бути згрупована за однорідними ознаками для використання в процесі

дослідження. Такою ознакою здебільшого є питання, які містяться у плані теми дослідження.

Записи на паперових картках зручно групувати у спеціальні картотеки, але вони повинні мати картонні розподільники з індикаторами за планом дослідження. При використанні комп'ютерів варто накопичувати виписки в окремих файлах, що відповідають розділам роботи. Потім, у процесі вторинного групування матеріалу, необхідний текст буде переноситися в основний файл наукової роботи.

У ході дослідження дослідник опрацьовує велику кількість літературних джерел, інформацію з яких неможливо запам'ятати чи виписати в повному обсязі, тому необхідно при її обробці використовувати такі способи фіксації інформації: **анотація; резюме; тези; реферат; цитата; конспект; покажчики.**

Анотація є стислою характеристикою книги, статті, рукопису тощо. За своїм характером анотації можуть бути *довідковими* та *рекомендаційними*, тобто такими, які містять критичну оцінку твору. Виходячи з вимог до анотації, її обсяг може бути від декількох слів до 10-15 рядків.

Резюме – це короткий підсумок прочитаного твору, в якому містяться висновки та головні підсумки.

Тези – положення, які коротко викладають одну з основних думок лекції, доповіді тощо. Тези подаються у формі логічних суджень. Тези поділяють на основні, прості та складні. Прості тези записують при першому ознайомленні з текстом (іноді їх записують у вигляді цитат). Основні тези часто створюються на основі простих, шляхом їх узагальнення, переробки й виключення окремих положень.

Цитата – дослівний уривок з твору певного автора, що наводиться для підтвердження або заперечення висловлюваної думки. Шляхом цитування слід оформлювати найважливіші фрагменти авторського тексту. Українське законодавство надає наступне визначення: «Цитата — порівняно короткий уривок з літературного, наукового чи будь-якого іншого опублікованого твору, який використовується, з обов'язковим посиланням на його автора і джерела цитування, іншою особою у своєму творі з метою зробити зрозумілими свої твердження або для посилання на погляди іншого автора в автентичному формулюванні.»³

Реферат – це скорочений виклад змісту наукового твору з основними

³ Закон України «Про авторське право і суміжні права» в редакції Закону від 11.07.2001 № 2627-III <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2627-14/ed20010816/find?text=%D6%E8%F2%E0%F2%E0#Text>

даними та висновками. Реферат – це не механічний переказ роботи, а виклад її суті.

Посторінкові покажчики джерел. У процесі ознайомлення з джерелами інформації не потрібно поспішати відразу ж конспектувати прочитане, а доцільно скласти посторінкові покажчики до джерел, які вивчаються. Дуже часто застосовують такий засіб обробки джерел як складання посторінкового списку (покажчика) цитат, які намагаються виписати. Потім, закінчивши читання книги, роблять виписки або складають конспект.

2.3 Проведення теоретичних досліджень

Сутність, мета, завдання та етапи теоретичних досліджень

Теоретичний рівень наукового дослідження пов'язаний з глибоким аналізом наукових фактів, з проникненням в сутність явищ, що досліджуються, з пізнанням та формулюванням законів науки, тобто з поясненням предметів і процесів реальної дійсності. Результати теоретичного дослідження знаходять своє вираження в таких формах, як **науковий закон, теорія, наукова гіпотеза.**

Науковий закон – внутрішній суттєвий та стійкий зв'язок явищ, що обумовлює їх впорядковану зміну. Вербальне та/або математично виражене твердження, що має докази (на відміну від аксіоми). Узагальнення, що ґрунтується на емпіричному спостереженні за поведінкою природних тіл, яке вважається універсальним і незмінним явищем фізичного світу. Стійкий повторюваний зв'язок між явищами, процесами та станами матерії.

Теорія – система узагальненого достовірного знання про той чи інший «фрагмент» дійсності, яка описує, пояснює та передбачає функціонування визначеної сукупності об'єктів, що його складають. Сукупність висновків, що відображає відносини і зв'язки між явищами реальності у вигляді інформаційної моделі. Теорією стає *гіпотеза*, що має відтворюване підтвердження явищ та механізмів і дозволяє спостерігачу прогнозувати наслідки дій чи зміни стану об'єкта спостережень.

Гіпотеза (засновок) – це припущення, яке перевіряють експериментально з можливих розв'язань наукової проблеми; система умовиводів, за допомогою яких на основі ряду фактів робиться висновок про існування об'єкта, зв'язки або причини явища, причому цей висновок

не можна вважати абсолютно достовірним.

Гіпотеза вважається науковою, якщо вона, відповідно до наукового методу, пояснює факти, що охоплюються цією гіпотезою; не є логічно суперечливою; принципово спростовується, тобто потенційно може бути перевірена критичним експериментом; не суперечить раніше встановленим законам і, швидше за все, додається до ширшого кола явищ.

На основі емпіричних даних на теоретичному рівні дослідження відбувається об'єднання за допомогою думки об'єктів, що досліджуються, осягнення їх сутності, законів їх існування, які становлять основний зміст теорій. Таким чином на теоретичному рівні дослідження за допомогою специфічних методів вирішуються свої пізнавальні завдання. По-перше, дослідник пізнає сутність об'єктів, що вивчаються; по-друге, на теоретичному рівні відбувається осягнення об'єктивної істини у всій її конкретності та повноті змісту. На основі теоретичного пояснення та пізнаних законів відбувається наукове передбачення майбутнього.

Таким чином, **метою теоретичних досліджень** є виявлення істотних зв'язків між об'єктом, що досліджується, та оточуючим середовищем, пояснення та узагальнення результатів емпіричного дослідження, виявлення загальних закономірностей та їх формалізація.

Теоретичне дослідження завершується формуванням **теорії** – системи наукових достовірних знань у формі тверджень і доведень, яка не обов'язково пов'язана з побудовою її математичного апарату.

Теоретичне дослідження технічного об'єкта може включати такі процедури:

- аналіз сутності процесів, явищ;
- формулювання припущення;
- формулювання гіпотези дослідження;
- побудову (розроблення) фізичної або математичної моделі;
- проведення аналітичного дослідження результатів моделювання;
- формулювання і аналіз теоретичних положень.

Якщо не можна виконати математичне дослідження, то робоча гіпотеза формулюється в словесній (описовій) формі із залученням графіків, таблиць тощо.

Теоретичні дослідження відіграють велику роль у процесі пізнання об'єктивної дійсності, оскільки вони дозволяють глибоко проникнути у сутність природних явищ, створюють наукову картину світу, що постійно розвивається. Теоретичні дослідження є функцією мислення, яка полягає в

тому, щоб відкривати, перевіряти, частково освоювати різні області природи, створювати та розвивати світобачення.

Методи теоретичних досліджень

До основних загальнонаукових методів, які використовуються на теоретичному рівні дослідження, можуть бути віднесені розглянуті вище (у темі 1.2) методи:

*аналізу та синтезу,
індукції і дедукції,
сходження від абстрактного до конкретного,
ідеалізації та формалізації,
системний підхід.*

При розробленні теорій поряд з цими методами використовуються й інші методи. Так, значну роль при побудові будь-яких теорій відіграють, наприклад, *логічні закони*, що мають нормативний характер. До цих законів відносять: *закон тотожності, закон протиріччя, закон виключення третього та закон достатньої підстави.*

Закон тотожності визначає, що предмет думки в межах одного міркування повинен лишатися незмінним $A \in A$ ($A = A$), де A – це думка.

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

Згідно із *законом протиріччя* не можуть бути одночасно істинними два висновки, один з яких щось стверджує, а другий заперечує те саме. Закон стверджує: «неправильно, що A і не A одночасно істинні».

Основою закону протиріччя є якісна визначеність речей і явищ, відносна стійкість їх властивостей. Свідоме використання цього закону допомагає виявити і ліквідувати протиріччя в поясненні фактів і явищ, виробити критичне ставлення до будь-якого роду неточностей і непослідовностей в отриманій інформації.

Закон виключення третього стверджує, що з двох суперечливих суджень одне помилкове, а друге істинне. Третього не дано. Він виражається формулою: « A є або B , або не B ». Наприклад, якщо правильним є судження «Наш університет є державним навчальним закладом», то судження «Наш університет не є державним навчальним закладом» – помилкове.

Вимогу доказовості наукових висновків, обґрунтованості суджень виражає *закон достатньої підстави*, який формулюється таким чином:

будь-яка слушна думка дає достатньо підстав для свого обґрунтування.

Спеціальними принципами побудови теорій слугують також **принципи формування аксіоматичних теорій** (тобто теорій, які побудовані на деякій множині тверджень, що приймаються без доведень, – аксіом, а всі інші знання виводяться з них відповідно до певних логічних правил), що базуються на критеріях несуперечності, повноти та незалежності систем аксіом та гіпотез.

Використання математичних методів у дослідженнях

Вирішення наукових завдань за допомогою математичних методів здійснюється шляхом математичного формулювання завдання (розроблення математичної моделі), вибору методу дослідження одержаної математичної моделі, аналізу одержаного математичного результату.

Математичне формулювання завдання, як правило, подається у вигляді чисел, геометричних образів, функцій, систем рівнянь тощо.

Математична модель є системою математичних співвідношень – формул, функцій, рівнянь, систем рівнянь, що описують ті або інші сторони об'єкта, який вивчається, явища, процесу.

Першим етапом математичного моделювання є постановка завдання, визначення об'єкта та цілей дослідження, визначення критеріїв (ознак) вивчення об'єктів та управління ними.

Наступним етапом моделювання є вибір типу математичної моделі. Звичайно послідовно будується кілька моделей. Порівняння результатів їх дослідження з реальністю дозволяє встановити найкращу з них.

Процес вибору математичної моделі об'єкта закінчується **етапом її попереднього контролю**. При цьому здійснюються такі види контролю: розмірностей; порядків; характеру залежностей; екстремальних ситуацій; граничних умов; математичної замкненості; фізичного сенсу; стійкості моделі.

Після математичного формулювання завдання (розроблення математичної моделі) здійснюють **етап вибору методу дослідження одержаної математичної моделі**.

Вибір методу дослідження математичної моделі безпосередньо пов'язаний з такими поняттями, як зовнішня та внутрішня правдоподібність.

Під **зовнішньою правдоподібністю** дослідження математичної моделі розуміється очікуваний ступінь адекватності математичної моделі реальному об'єкту стосовно якостей, які цікавлять дослідника. Це ступінь

адекватності, в якій результати дослідження можуть бути поширені на інші (зовнішні) ситуації.

Під **внутрішньою правдоподібністю** дослідження математичної моделі розуміється очікуваний ступінь точності рішення одержаних рівнянь, які прийняті за математичну модель, об'єкт.

Вибір методу дослідження математичної моделі багато в чому визначається її видом. Статичні системи, що представлені за допомогою алгебраїчних рівнянь, досліджуються за допомогою визначників, **методу ітерацій, методів Крамера і Гауса**. У разі труднощів з аналітичними рішеннями використовуються приблизні методи: **графічний метод; метод хорд; метод дотичних**.

Дослідження динамічних режимів функціонування об'єкта, що представлені за допомогою диференціальних рівнянь, також визначається класом, до якого належать ці рівняння. Для розв'язання диференціальних рівнянь використовують такі методи: **метод поділу змінних; метод підстановки; метод інтегруючого множника; метод якісного аналізу** тощо. Для одержання приблизних рішень використовують **метод послідовних наближень, метод функціональних рядів; метод Рунге – Кута; числові методи інтегрування** тощо.

2.4. Експериментальні дослідження

Сутність, мета, функції наукового експерименту

Найбільш важливою складовою частиною наукового дослідження є **експеримент (лат. *experimentum* – проба, дослід)** – метод емпіричного дослідження, що базується на активному та цілеспрямованому втручанні суб'єкта у процес наукового пізнання явищ та предметів реальної дійсності шляхом створення умов, що контролюються та управляються, які дозволяють встановлювати визначені якості та закономірні зв'язки в об'єкті, що досліджується, та багатократно їх відтворювати.

Експеримент широко застосовують не лише в природничих науках, а й у соціальній практиці, де він відіграє значну роль у пізнанні та управлінні суспільними процесами.

Від звичайного, щоденного, пасивного спостереження активний експеримент відрізняється активним впливом дослідника на явище, що вивчається.

Основною метою експерименту є виявлення властивостей досліджуваних об'єктів, підтвердження наукових гіпотез і на цій основі

більш широке та поглиблене вивчення теми наукового дослідження.

Проведення експериментальних досліджень передбачає здійснення ряду **пізнавальних операцій**:

- визначення цілей експерименту на основі існуючих теоретичних концепцій з урахуванням потреб практики та розвитку самої науки;
- теоретичне обґрунтування умов експерименту;
- розроблення основних принципів, створення технічних засобів для проведення експерименту;
- спостереження, вимірювання та фіксація виявлених у ході експерименту властивостей, зв'язків, тенденцій розвитку досліджуваного об'єкта;
- статистична обробка результатів експерименту;
- попередня класифікація та порівняння статистичних даних.

Які переваги має експеримент порівняно із спостереженням та іншими методами емпіричного рівня наукового пізнання?

Експеримент дає можливість досліджувати, по-перше, об'єкти в так званому чистому вигляді; по-друге, в екстремальних умовах, що сприяє більш глибокому проникненню в їхню сутність; по-третє, важливою перевагою експерименту є його повторюваність.

Класифікація експериментів

1 За призначенням об'єкта експерименту: природничо-наукові (хімічні, біологічні, фізичні), виробничі, педагогічні, соціологічні, економічні тощо.

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

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

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

Інформаційний експеримент використовується для вивчення впливу інформації на об'єкт дослідження.

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

Техніко-технологічний експеримент спрямований на вивчення

елементів технологічного процесу (продукції, обладнання, діяльності робітників тощо) або процесу в цілому.

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

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

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

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

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

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

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

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

Лабораторні, стендові дослідження проводяться з використанням типових приладів, спеціальних моделюючих установок, стендів, обладнання тощо.

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

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

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

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

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

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

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

Розумовий (ідеалізований, мисленнєвий, уявний) експеримент є однією з форм розумової діяльності суб'єкта, у процесі якої в його уяві відтворюється структура реального експерименту, тобто засобами розумового експерименту є розумові моделі (чуттєві образи, образно-знакові моделі, знакові моделі). Аналіз такої ситуації, яку у принципі відтворити неможливо, тобто це форма мислення, в якій реальні моделі замінені ідеалізованими уявленнями про них. Можна сказати, що уявний експеримент — це програвання в людському розумі деяких ідеалізованих ситуацій. Розрізняють три типи уявного експерименту:

1. конструюючі уявні експерименти, пов'язані з побудовою фундаментальних схем теорії.
2. аналітичні уявні експерименти, полягають у побудові або прикладу, що підтверджує істинність теорії, або контрприкладу (як правило, у формі парадоксу).
3. синтетичні уявні експерименти, що виступають засобом конструювання наукової гіпотези.

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

Пасивний експеримент передбачає вимірювання тільки вибраних показників (параметрів, змінних) в результаті спостереження за об'єктом без втручання в його функціонування.

Активний експеримент пов'язаний з вибором спеціальних входних сигналів (факторів) та контролює вхід та вихід системи, що досліджується.

10 За числом факторів, що варіюються в експерименті: однофакторні та багатофакторні.

Однофакторний експеримент передбачає: виділення необхідних

факторів; стабілізацію факторів, що заважають; почергове варіювання факторів, що цікавлять дослідника.

Стратегія *багатофакторного експерименту* полягає в тому, що варіюються всі змінні відразу, і кожний ефект оцінюється за результатами всіх дослідів, що були проведені в даній серії досліджень.

11 За метою дослідження: *перетворюючі, констатуючі, контролюючі, пошукові, вирішальні.*

Перетворюючий (творчий) експеримент включає активну зміну структури та функцій об'єкта дослідження у відповідності до висунутої гіпотези, формування нових зв'язків та відносин між компонентами об'єкта або між досліджуваним об'єктом та іншими об'єктами.

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

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

Іноді виникає необхідність провести *пошукові експериментальні дослідження*. Вони необхідні в тому випадку, якщо виникають труднощі в класифікації всіх факторів, що впливають на явище, яке вивчається внаслідок відсутності достатньої кількості попередніх даних.

Вирішальний експеримент ставиться для перевірки справедливості основних положень фундаментальних теорій у тому випадку, коли дві або декілька гіпотез однаково узгоджуються з багатьма явищами. Така узгодженість призводить до труднощів у визначеності правильності гіпотез. Вирішальний експеримент відповідає на питання «так чи ні?».

Методологія експериментальних досліджень

Методологія експерименту – це загальна структура (методика) експерименту, тобто постановка та послідовність виконання експериментальних досліджень.

Експеримент включає такі *основні етапи*:

- 1) розроблення плану – програми експерименту;
- 2) оцінку вимірювання та вибір засобів для проведення експерименту;

- 3) проведення експерименту;
- 4) обробку та аналіз експериментальних даних.

Наведена кількість етапів характерна для традиційного експерименту. Разом з цим останнім часом широко використовують математичну теорію експерименту, яка дозволяє значно підвищити точність та зменшити обсяг експериментальних досліджень.

У цьому випадку експеримент включає такі етапи: розроблення плану – програми експерименту; оцінку вимірювання та вибір засобів для проведення експерименту; математичне планування експерименту з одночасним проведенням експериментального дослідження, обробкою та аналізом одержаних даних.

Зупинимося дещо детальніше на окремих етапах експериментального дослідження.

Розроблення плану-програми експерименту.

План-програма включає найменування теми дослідження, робочу гіпотезу, методику експерименту, план створення експериментальної ситуації, перелік необхідних матеріалів, приладів, установок, список виконавців експерименту, календарний план робіт і кошторис витрат на виконання експерименту. В ряді випадків до плану-програми включають роботи з конструювання та виготовлення приладів, апаратів, пристроїв, їх методичне обстеження, а також програми дослідних робіт на підприємствах.

Одним з найбільш важливих етапів складання плану-програми є визначення ***мети і завдань експерименту***. Чітко обґрунтовані завдання – це вагомий внесок у їх вирішення. Кількість завдань повинне бути невеликим. Для конкретного (не комплексного) експерименту оптимальна кількість завдань 3 – 4. У великому комплексному експерименті їх може бути 8 – 10.

Основа плану-програми – ***методика проведення експерименту***. В методиці детально проектують процес проведення експерименту. Спочатку складають послідовність (черговість) проведення операцій вимірювань та спостережень.

Потім ретельно описують кожну операцію окремо з урахуванням вибраних засобів для проведення експерименту. Особливу увагу приділяють методам контролю якості операцій, які повинні забезпечувати при мінімальній(раніше встановленій) кількості вимірів високу надійність та задану точність. Розробляють форми журналів для запису результатів вимірів та спостережень.

Важливим розділом методики є вибір методів обробки та аналізу

експериментальних даних. Обробка даних зводиться до систематизації всіх цифр, класифікації, аналізу. Результати експериментів повинні бути зведені до таких форм запису – таблиць, графіків, формул, номограм, які дозволяють швидко та доброякісно співвідносити одержані результати.

Особливу увагу в методиці повинно бути приділено математичним методам обробки та аналізу одержаних дослідних даних – встановленню емпіричних залежностей, апроксимації зв'язків між варіативними характеристиками, встановленню критеріїв тощо.

Після розроблення методики визначають **обсяг та трудомісткість експериментальних досліджень**, які залежать від глибини теоретичних розробок, ступеня точності прийнятих засобів вимірювання. Чим чіткіше сформульована теоретична частина дослідження, тим менший обсяг експерименту. На обсяг та трудомісткість експерименту істотно впливає і вид експерименту.

Після встановлення обсягу експериментальних робіт складають перелік необхідних засобів вимірювання, матеріалів, список виконавців, календарний план та кошторис витрат.

Не менш важливим є неодмінне розроблення в рамках плану-програми експериментального дослідження, так званого плану створення експериментальної ситуації.

Експериментальна ситуація – це сукупність умов, за яких проводиться експеримент. План створення експериментальної ситуації завжди пов'язаний не лише з завданнями, методикою, але і з конкретним об'єктом, на якому потрібно вирішувати поставлені завдання та реалізовувати саму методику.

На завершення плану-програму експериментального дослідження розглядає науковий керівник, обговорюють в науковому колективі та затверджують в установленому порядку.

Оцінка вимірювання та вибір засобів для проведення експерименту. Обґрунтування засобів вимірювання – це вибір необхідних для спостережень та вимірювань приладів, обладнання, машин, апаратів тощо. Засоби вимірювання можуть бути вибрані стандартні або за їх відсутності виготовлені самостійно.

Дуже відповідальною частиною є встановлення точності вимірів та похибок. Методи вимірювання повинні базуватися на законах спеціальної науки – метрології.

Проведення експерименту. Проведення експерименту є найважливішим та трудомістким етапом. Експериментальні дослідження

необхідно проводити у відповідності до затвердженого плану-програми і особливо методики експерименту. Розпочинаючи експеримент, остаточно уточнюють методику його проведення, послідовність випробувань.

Обробка та аналіз експериментальних даних. Завершується експеримент переходом від емпіричного вивчення до обробки отриманих даних, логічних узагальнень, аналізу і теоретичної інтерпретації отриманого фактичного матеріалу.

Загальні вимоги до проведення експерименту

При проведенні експерименту потрібно дотримуватися таких загальних вимог:

- об'єкт дослідження повинен допускати можливість опису системи змінних, що визначають його функціонування;
- потрібно мати можливість проведення якісних та кількісних вимірів факторів, які впливають на об'єкт дослідження, зміну його стану або поведінки під час експерименту;
- опис об'єкта експериментального дослідження потрібно проводити в системі його складових;
- потрібне обов'язкове визначення та опис умов існування об'єкта дослідження (галузь, тип виробництва, умови праці тощо);
- потрібно мати чітко сформульовану експериментальну гіпотезу про наявність причинно-наслідкових зв'язків;
- необхідне предметне визначення понять сформульованої гіпотези експерименту;
- потрібне обґрунтоване виділення незалежної та залежної змінних;
- потрібний обов'язковий опис специфічних умов діяльності об'єкта дослідження (місце, час, соціально-економічна ситуація тощо).

Типові помилки в проведенні експерименту

1 Сформульовані гіпотези не відбивають проблемну ситуацію, суттєві залежності у даного об'єкта.

2 Як незалежну змінну виділено фактор, який не може бути причиною, сталою детермінантою процесів, що відбуваються у даному об'єкті.

3 Допущено помилки в попередньому описі об'єкта, що призвело до неправильної емпіричної інтерпретації змінних і вибору неадекватних показників.

4 Допущено помилки при формулюванні дослідних і контрольних вихідних результатів експерименту, виявляється значна їх різниця, що викликає сумніви в можливості порівняти ці групи за складом змінних.

5 Важко підібрати контрольний об'єкт за однорідними або схожими з експериментальними параметрами.

6 Серед варіативних факторів на вході об'єкта є взаємозалежні.

Робоче місце експериментатора та організація експерименту

Робочим місцем експериментатора називається частина робочого простору, на яке поширюється безпосередній вплив експериментатора в процесі дослідження.

Робочий простір – це частина лабораторного або виробничого приміщення, оснащена необхідними експериментальними засобами, що обслуговується одним або групою дослідників. Робочий простір може бути стаціонарним (в лабораторіях, науково-дослідних закладах, полігонах тощо); умовно-стаціонарним (у пересувних лабораторіях, на тимчасових полігонах); мобільним (у похідних, пересувних лабораторіях).

Лабораторія являє собою спеціально обладнане приміщення, в якому проводяться експериментальні дослідження.

Дослідник (експериментатор) в лабораторії виконує відповідальну роботу, від якої залежить правильність вирішення теоретичної або практичної задачі в цілому. Точність при виконанні методики дослідження, акуратність, старанність при плануванні і підготовці експерименту, уважність при його проведенні – основні умови ефективності експериментальної роботи.

Особливе місце серед причин невдач експериментальних досліджень займають суб'єктивні, джерелами яких є психологічні або психофізіологічні причини. Наприклад, психологічними причинами похибок можуть бути психологічні бар'єри та інерційність мислення. Часто нові неочікувані результати експерименту дослідник намагається пояснити з позицій старих уявлень, і якщо вони не вкладаються в старі уявлення, то розглядаються ним як помилки та відкидаються. Тут має місце інерційність мислення, віра в досконалість та універсальність старих уявлень, іноді страх перед новим. Іноді дослідник у процесі аналізу результатів експерименту позасвідомо підганяє експериментальні дані, щоб підтвердити раніше висунуту гіпотезу. Іноді помилки в експерименті

пов'язані з тим, що дослідник не уявляє чітко, що він має одержати у результаті експерименту.

Все це свідчить про необхідність ретельної підготовки експерименту та багаторазової перевірки його результатів. Розпочинаючи експеримент, дослідник повинен ще раз обдумати та уточнити методику, підготувати всю необхідну документацію (акти, лабораторні зошити, журнали), яка призначена для реєстрації ходу та результатів експерименту.

Обов'язковою вимогою до проведення експерименту є ведення журналу. Форма журналу може бути довільною, але найкраще відповідати процесу, що досліджується для максимальної фіксації всіх факторів.

У процесі експериментальних робіт необхідно строго дотримуватися вимог промислової санітарії, техніки безпеки, пожежної безпеки.

Особливо ретельно потрібно виконувати ці вимоги при проведенні виробничих експериментів. Результати деяких лабораторних та більшою мірою виробничих експериментів оформлюються протоколом, який підписується керівником виробництва та експериментатором. Якщо досліджуються люди, то протокол підписують і піддослідні.

РОЗДІЛ 3

ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОФОРМЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НДР

3.1 Обробка результатів експериментальних досліджень

Основи теорії випадкових помилок та методів оцінки випадкових похибок у вимірюваннях

Аналіз випадкових похибок базується на теорії випадкових помилок, яка дає можливість з визначеною гарантією обчислити дійсне значення вимірної величини та оцінити можливі помилки.

Основа теорії випадкових помилок складають такі *припущення*:

- при великій кількості вимірів випадкові похибки однакової величини, але різного знаку зустрічаються однаково часто;
- більші похибки зустрічаються рідше, ніж малі (випадковість появи похибки зменшується зі зростанням її величини);
- при нескінченно великому числі вимірів істинне значення вимірюваної величини дорівнює середньоарифметичному значенню всіх результатів вимірів, а поява того чи іншого результату вимірів як випадкової події описується нормальним законом розподілу.

Вирізняють *генеральну та вибірккову сукупність вимірів*.

Під *генеральною сукупністю* розуміють всю множину можливих значень вимірів x_i або можливих значень похибок Δx_i .

Для *вибіркової сукупності* число вимірів n обмежене і у кожному конкретному випадку строго визначається.

Як правило, вважають, що якщо $n > 30$, то середнє значення даної сукупності вимірів x достатньо наближається до його дійсного значення.

Теорія випадкових похибок дозволяє оцінити точність та надійність вимірів при даній кількості вимірів або визначити мінімальну кількість вимірів, що гарантує задану точність та надійність вимірів. Разом з цим виникає необхідність виключити грубі похибки ряду, визначити достовірність одержаних даних тощо.

Для великої вибірки та нормального закону розподілу загальною оціночною характеристикою вимірів є дисперсія D та коефіцієнт варіації K_σ :

$$D = \sigma^2 = \left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] / n; \quad K_\sigma = \sigma / \bar{x}. \quad (3.1)$$

Дисперсія характеризує однорідність вимірів. Чим вище D , тим більше розкид вимірів. Чим вище k_{σ} , тим більше мінливість значень вимірів відносно середніх значень, k_{σ} оцінює також розкид при оцінці кількох вибірок.

Довірчим інтервалом значень x_i є такий інтервал, в який потрапляє дійсне значення x_D вимірюваної величини із заданою імовірністю.

Довірчою імовірністю (вірогідністю) (P_D) вимірів називається імовірність того, що істинне значення вимірюваної величини потрапить до даного довірчого інтервалу, тобто в зону $a < x_D < b$. Ця величина визначається у частках одиниці або у відсотках.

Довірчий інтервал характеризує точність вимірів даної вибірки, а довірча імовірність – достовірність виміру.

Довірча імовірність визначається за допомогою інтегральної функції Лапласа, а довірчий інтервал визначається при $n > 30$ за допомогою аргументу функції Лапласа, а при $n < 30$ – за допомогою аргументу функції Стьюдента.

Для проведення дослідів із заданою точністю та достовірністю необхідно знати ту кількість вимірів, при якій експериментатор буде впевнений у позитивному результаті. У зв'язку з цим одним із найперших завдань при статистичних методах оцінки є встановлення мінімального, але достатнього числа вимірів для даних умов. Завдання зводиться до встановлення мінімального обсягу вибірки (числа вимірів або спостережень) N_{min} при заданих значеннях довірчого інтервалу та довірчій імовірності.

Для визначення N_{min} може бути використана така послідовність розрахунків:

- 1) проводиться попередній експеримент з кількістю вимірів n , які становлять залежновід трудомісткості дослідів від 20 до 50;
- 2) розраховується середньоквадратичне відхилення σ за формулою (3.1);
- 3) відповідно до поставлених завдань експерименту визначається потрібна точність вимірів Δ за формулою:

$$\Delta = \sigma_0 / \bar{x}, \quad (3.2)$$

де σ_0 - середньоарифметичне значення середньоквадратичного відхилення σ , яке дорівнює $\sigma_0 = \sigma / \sqrt{n}$.

4) встановлюється нормоване відхилення t , значення якого звичайно задається (залежить також від точності методу);

5) визначають N_{min} за такою формулою:

$$N_{min} = \sigma^2 t^2 / \sigma_0^2 = k_g^2 t^2 / \Delta^2, \quad (3.3)$$

де k_v – коефіцієнт варіації (мінливості), %;

Δ – точність вимірів, %.

При подальшому проведенні експерименту число вимірів не повинне бути меншим за N_{min} .

У процесі обробки експериментальних даних слід виключати грубі помилки ряду. Однак перш ніж виключити той чи інший вимір, необхідно упевнитись, що це дійсно помилка, а не відхилення внаслідок статистичного розкиду. Найпростішим способом виключення із ряду виміру, що різко відрізняється від інших, є **правило трьох сигм**: розкид випадкових величин від середнього значення не повинен перевищувати

$$x_{max,min} = \bar{x} \pm 3\sigma. \quad (3.4)$$

Методи графічної обробки результатів експерименту

При обробці результатів вимірів та спостережень широко використовують методи графічного зображення. Графічне зображення надає найбільш наочне уявлення про результати експерименту, дозволяє краще пізнати фізичну сутність досліджуваного процесу, виявити загальний характер функціональної залежності змінних величин, що вивчаються, встановити наявність максимуму або мінімуму функції.

Для графічного зображення результатів досліджень, як правило, використовують систему прямокутних координат. Якщо аналізується графічним методом функція $y=f(x)$, то наносять в системі прямокутних координат значення $x_1 y_1, x_2 y_2, \dots, x_n y_n$. Перш ніж будувати графік, необхідно знати хід (перебіг) досліджуваного явища. Як правило, експериментатор має орієнтовне уявлення про якісні закономірності та форму графіка з теоретичних досліджень.

Точки на графіку необхідно з'єднувати плавною лінією таким чином, щоб вона проходила найближче до всіх експериментальних точок. Якщо

з'єднати точки прямими відрізками, то одержимо ламану криву. Вона характеризує зміну функції за даними експерименту. Звичайно функції мають плавний характер. Тому при графічному зображенні результатів дослідження слід проводити між точками плавні криві. Різке викривлення графіка пояснюється похибками вимірів. Якби експеримент повторили з використанням засобів вимірювання більш високої точності, то одержали б менші похибки, а ламана крива більше відповідала б плавній кривій.

Однак можуть бути і винятки, тому що іноді досліджуються явища, для яких у визначених інтервалах спостерігається швидка стрибкоподібна зміна однієї з координат. У таких випадках необхідно особливо ретельно з'єднувати точки кривої.

Іноколи при побудові графіка спостерігається різке віддалення однієї або двох точок від кривої. У цьому випадку спочатку потрібно проаналізувати фізичну сутність явища, і якщо немає підстав до стрибку функції, то таке різке відхилення можна пояснити грубою похибкою.

Часто при графічному зображенні результатів експерименту доводиться мати справу з трьома змінними $b=f(x, y, z)$. У цьому випадку використовують метод поділу змінних. Одній з величин z у межах інтервалу вимірів $(z_1- z_n)$ надають кілька послідовних значень. Для двох інших змінних x та y будують графіки функцій $y=f_i(x)$ при $z_i = const$. У результаті на одному й тому самому графіку одержують сімейство кривих $y=f_i(x)$ для різних значень z .

При графічному зображенні результатів експерименту великого значення набуває вибір масштабів та координатної сітки.

Координатні сітки бувають рівномірні та нерівномірні. У рівномірних координатних сіток ординати та абсциси мають рівномірну шкалу.

Нерівномірна координатна сітка використовується для більшої наочності у випадках, коли функція має різко змінюваний характер. З нерівномірних координатних сіток найбільшого поширення набули **напівлогарифмічні, логарифмічні та імовірнісні**.

Напівлогарифмічна сітка має рівномірну шкалу на ординаті та логарифмічну шкалу на абсцисі.

Логарифмічна координатна сітка має на двох осях логарифмічні шкали.

Імовірнісні координатні сітки мають на ординаті, як правило, рівномірну шкалу, а на осі абсцис – імовірнісну шкалу.

Доцільність використання нерівномірної функціональної сітки

пояснюється, крім вищезазначеного, бажанням представити функцію, що досліджується, у вигляді прямої, що підвищує точність побудови. При цьому здійснюється так зване вирівнювання, тобто криву, що побудована за дослідними даними, представляють лінійною функцією.

Масштаб за координатними осями, як правило, використовують різний. Від його вибору залежить форма графіка – він може бути пласким (вузьким) або витягнутим (широким) вдовж осі. Вузькі графіки дають більшу похибку на осі ординат, широкі на осі абсцис. Правильно підібраний масштаб дозволяє підвищити точність відрахування. Розрахункові графіки, що мають екстремум функції або який-небудь складний вигляд, особливо ретельно потрібно креслити у зонах вигину. На таких ділянках кількість точок для накреслення графіка повинно бути істотно більшою, ніж на плавних ділянках.

У деяких випадках будують *номограми*, які істотно полегшують використання для систематичних розрахунків складних теоретичних та емпіричних формул у відповідних межах зміни величин.

Номограма (від грец. *nomos* – закон та *gramma* – риска, буква, писемний знак, зображення) – креслення, яке є зображенням функціональних залежностей, які використовуються для одержання (без розрахунків) приблизних розв'язань рівнянь.

Аналітична обробка результатів експерименту

У процесі експериментальних вимірів звичайно одержують статистичний ряд вимірів двох величин, які об'єднуються функцією $y=f(x)$. Кожному значенню функції y_1, \dots, y_n відповідає відповідне значення аргументу x_1, x_2, \dots, x_n .

На основі експериментальних даних можна підібрати алгебраїчні вирази, які називають емпіричними формулами. Такі формули підбирають лише у межах вимірних значень аргументу $x_1 - x_n$. Емпіричні формули мають тим більшу цінність, чим більше вони відповідають результатам експерименту. Досвід показує, що емпіричні формули є незамінними для аналізу вимірних величин. До емпіричних формул висувають дві основні вимоги – по можливості вони повинні бути найбільш простими та точно відповідати експериментальним даним у межах зміни аргументу. Таким чином емпіричні формули є приблизним виразом аналітичних. Заміну точних аналітичних виразів приблизними, більш простими називають апроксимацією, а функції апроксимуючими.

Процес підбору емпіричних формул складається з двох етапів. На першому етапі дані вимірів наносять на сітку прямокутних координат,

поєднують експериментальні точки плавною кривою і вибирають орієнтовно вид формули. На другому етапі обчислюють параметри формул, які найкраще відповідали б прийнятій формулі. Підбір емпіричних формул необхідно починати з найбільш простих виразів.

Криві, що побудовані за експериментальними точками, вирівнюють за допомогою статистичних методів. Наприклад, методом вирівнювання, який полягає в тому, що криву, яку побудовано за експериментальними точками, представляють лінійною функцією. Для знаходження параметрів заданих рівнянь часто використовують метод середніх та найменших квадратів.

Для дослідження закономірностей між явищами (процесами), які залежать від багатьох факторів, використовують кореляційний аналіз.

У процесі проведення експерименту виникає потреба перевірити відповідність експериментальних даних теоретичним передумовам, тобто перевірити гіпотезу дослідження. Перевірка експериментальних даних на адекватність необхідна також у всіх випадках на стадії аналізу теоретико-експериментальних досліджень. У практиці адекватності використовують різні критерії: Фішера, Пірсона, Романовського.

Елементи теорії планування експерименту

Теорія математичного експерименту включає ряд концепцій, які забезпечують успішну реалізацію завдань дослідження. До них відносять *концепції рандомізації, послідовного експерименту, математичного моделювання, оптимального використання факторного простору* і деякі інші.

Принцип рандомізації полягає в тому, що до плану експерименту вводять елемент імовірності. Для цього план експерименту складають так, щоб ті систематичні фактори, які складно піддаються контролю, враховувалися статистично і потім виключалися в дослідженнях як систематичні похибки.

При *послідовному проведенні експерименту* виконується не одночасно, а поетапно, для того щоб результати кожного етапу аналізувати та приймати рішення про доцільність проведення подальших досліджень.

У результаті експерименту одержують рівняння регресії, яке часто називають *математичною моделлю процесу*. Для конкретних випадків математична модель створюється на основі цільової направленості процесу та завдань дослідження з урахуванням визначеної точності

рішення та достовірності вихідних даних, яка звичайно проводиться за критерієм Фішера. В зв'язку з тим, що ступінь полінома, який адекватно описує процес, передбачити неможливо, спочатку намагаються описати явище лінійною моделлю, а потім, якщо вона неадекватна, підвищують ступінь полінома тобто проводять експеримент поетапно.

Важливе місце в теорії планування експерименту займають питання *оптимізації* процесів, що досліджуються якостей багатокomпонентних систем або інших об'єктів. Як правило, не можна знайти таке поєднання значень факторів впливу, при якому одночасно досягається екстремум всіх функцій відгуку. Тому в більшості випадків за критерій оптимальності вибирають лише одну зі змінних стану – функцію відгуку, що характеризує процес, а інші беруть прийнятними для даного випадку.

3.2 Оформлення результатів наукової роботи

Прийоми викладення матеріалів наукового дослідження

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

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

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

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

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

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

Існують такі рекомендації щодо *підготовки наукової праці*:

– продумати основні питання, які потрібно викласти (у будь-якому порядку), записуючись всі думки;

- звести інформацію до однієї прийнятної системи і тільки після цього намагатися створювати добре побудовані речення з організацією їх у граматично оформлені абзаци;

- щоб підійти до роботи по-новому, доцільно відкласти роботу на декілька днів, а потім повернутися до неї знову;

- прочитати вголос те, що написано, оскільки сприйняття на слух часто дає можливість відчувати різницю між тим, що хотілося б сказати, і тим, що дійсно сказано.

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

Мова та стиль наукової роботи

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

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

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

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

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

Сукупність засобів, вибір яких зумовлюється змістом, метою та

характером висловлювання утворює **мовний стиль**. Існують такі стилі мови: розмовний, художній, діловий, публіцистичний, науковий.

Розглянемо докладніше особливості **наукового стилю**.

Сфера застосування наукового стилю – наукова діяльність, освіта.

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

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

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

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

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

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

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

речення пасивного стану (напр., «розроблено комплексний підхід...»).

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

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

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

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

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

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

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

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

Складання та оформлення звітів з НДР

Складання та оформлення звітів з науково-дослідної роботи проводиться у відповідності до вимог ДСТУ 3008-95 «Документація. Звіти

у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення». Цей стандарт поширюється на звіти про роботи (дослідження, розроблення) або окремі етапи робіт, що виконуються у сфері науки і техніки.

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

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

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

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

Додатки розміщують після основної частини звіту.

3.3 Впровадження та ефективність наукових досліджень

Апробація та оприлюднення результатів наукового дослідження

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

Колективне обговорення роботи звичайно проводиться в колективі, де виконувалась НДР, – на засіданнях кафедри, лабораторії, відділу, науково-технічної ради залежно від особливостей теми (ступеня її новизни, складності, комплексності та значущості).

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

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

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

Наукові семінари. Науковий семінар є специфічною формою

колективного обговорення наукових проблем, яка забезпечує умови для розвитку мислення через дискусію. Керує науковим семінаром провідний вчений, який активно і плідно працює в галузі науки.

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

Конференції (форуми, симпозіуми). Під конференцією розуміють збори, наради представників наукових, громадських та інших організацій для обговорення і розв'язання певних питань.

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

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

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

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

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

Впровадження результатів наукових досліджень

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

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

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

Основними **результатами наукових досліджень** є такі:

- *теоретичні результати* (визначення/уточнення термінології, виявлення властивостей об'єктів, що досліджувались, закономірностей їх взаємодії з іншими явищами тощо);

- *методологічні або методичні результати* (розроблення методик обліку, аналізу, кон- тролю, оцінки об'єктів, що досліджувались, а також методики з організації та управління тощо);

- *прикладні (практичні) результати* (застосування розроблених класифікацій, методик, алгоритмів і т. ін. в процесі обліку, аналізу, контролю, оцінки, організації, управління діяльністю окремої організації, підприємства, групи підприємств, галузі тощо).

Основними **рівнями впровадження результатів наукових досліджень** є такі: міжнародний – наприклад, включення в Банк промислової та технологічної інформації ЮНІДО (Організація Об'єднаних Націй з промислового розвитку, ЮНІДО (англ. UNIDO – United Nations Industrial Development Organization)), *державний* (прийняття результатів наукових досліджень державними органами влади – Верховною Радою України, Кабінетом Міністрів України тощо); *регіональний* (прийняття результатів наукових досліджень регіональними структурами); *галузевий* (прийняття результатів наукових досліджень галузевими структурами); *окреме підприємство* (впровадження результатів у практику роботи конкретного підприємства); *навчальний процес* (використання результатів наукових досліджень у навчальному процесі – при формуванні навчальних програм, планів, написанні лекцій, навчальних посібників, підручників тощо).

Впровадження наукових досліджень у практику роботи

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

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

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

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

Впровадження результатів НДР фінансують організації, які його здійснюють.

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

Ефективність наукових досліджень

Наука є найефективнішою сферою капіталовкладень. У світовій практиці заведено вважати, що прибуток від капіталовкладень у науку є набагато більшим, ніж прибуток у інших галузях економіки. За даними закордонних спеціалістів, на один долар витрат на науку прибуток на рік становить 4 – 7 дол. і більше. В Україні на 1 грн., що була витрачена на НДР та ДКР, прибуток також є досить великим і становить в середньому 3 – 8 грн.

Проте про ефективність досліджень можна судити лише після їх успішного завершення та впровадження, тобто тоді, коли вони починають давати віддачу для національної економіки. Велику роль відіграє фактор часу. Тому час розроблення прикладних тем, по можливості, повинен бути

найкоротшим. Найкращий термін – до трьох років. Для більшості досліджень ймовірність отримання ефекту в економіці перевищує 80 %.

У найзагальнішому випадку під **ефектом** розуміють результат зіставлення нового стану явища після досягнення продиктованих потребами суб'єкта цілей з якістю його початкового стану. Результатом НДР є досягнення наукового, науково-технічного, економічного, фінансово-економічного, соціального та екологічного ефектів.

Науковий ефект характеризується приростом кількості і якості інформації або сумизнань у певній галузі науки.

Науково-технічний ефект пов'язаний з аналогічним приростом науково-технічної інформації і характеризує можливість використання результатів виконаних досліджень в інших НДР і ДКР, спрямованих на створення нової продукції або технології.

Економічний ефект відображає результат перевищення доходів від впровадження результатів НДР над витратами на їх здійснення.

Фінансово-економічний ефект разом з економічним ефектом передбачає поліпшення кінцевого стану організації щодо її фінансової стійкості, ліквідності, платоспроможності (поліпшення структури активів і пасивів, підвищення здатності розраховуватися за зобов'язаннями, приріст власного капіталу).

Соціальний ефект відображає поліпшення якості життя людей, що адекватно зростанню доходів працівників, забезпеченню їх зайнятості, підвищенню кваліфікації, поліпшенню умов праці, скороченню травматизму і кількості випадків професійних захворювань, поліпшенню соціальної захищеності.

Екологічний ефект означає зниження антропогенного впливу на навколишнє природне середовище у результаті впровадження НДР.

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

Критеріями ефективності наукових досліджень є такі:

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

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

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

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

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

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

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

Чим вищі показники $K_{вироб}$, K_v , $K_{еф}$, $K_{нов}$, $K_{вал}$, тим ефективніша

НДР колективу.

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

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

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

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

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

РОЗДІЛ 4

ОРГАНІЗАЦІЙНІ АСПЕКТИ НАУКОВОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

4.1 Організація роботи в науковому колективі

Наукові колективи як особливі структури в науці

Наука є суспільною за своїм походженням, розвитком і використанням. Кожне наукове відкриття є результатом загальної праці, в кожен даний момент часу наука виступає як сумарний результат людських зусиль у пізнанні світу.

У спільній діяльності наукових співробітників, спеціалістів, інших робітників виникають додаткові джерела підвищення ефективності науково-дослідної роботи, які не зводяться до простої суми зусиль учасників. Науковий колектив – це «колективний інтелект», де вчені за своїми якісними даними доповнюють один одного і разом виробляють набагато більше знань, ніж змогли б створити самотужки поза колективом.

Науковий колектив – група людей, згуртованих дослідницькою програмою, реалізація якої забезпечується складною функціонально-рольовою структурою. У ній виділяються такі ролі: 1) науково-когнітивні («генератор», критик, ерудит та ін.); 2) науково-управлінські (керівник, лідер, виконавці тощо); 3) науково-допоміжні (інженер, технік, лаборант та ін.).

Розглянемо базові принципи, за якими можна створити науковий колектив.

Принцип гетерогенності, тобто різнорідності складових наукового колективу. Відповідно до цього принципу науковий колектив має формуватися з людей, здатних розв'язувати різні типи проблем (фундаментальних, пошукових, прикладних, організаційно-управлінських), взаємно доповнюючи один одного.

Принцип комплексності пов'язаний з залученням до наукового колективу не тільки профільних фахівців, а й фахівців із суміжних галузей наук. Потреба в дотриманні цього принципу пов'язана з необхідністю інтеграції різних наукових напрямів і вимагає застосування методів багатьох наук для вивчення будь-яких об'єктів.

Принцип сумісності, згідно з яким необхідно, щоб за своїми фізіологічними, психологічними, моральними та інтелектуальними показниками люди були здатні, незважаючи на всі свої індивідуальні

відмінності, до плідної спільної творчої праці.

Принцип відповідності – відповідність формальної структури наукового колективу фактичному стану субординації його членів.

Принцип перманентності, тобто безперервної зміни складу наукового колективу, адже колектив формується, існує, змінюється за своїм складом, у зв'язку зі зміною напрямів дослідження, а можливо, й повністю розформовується залежно від потреб науки.

Принцип «команди» (стабільності), відповідно до якого окремі дослідники можуть приходити в команду (науковий колектив) ззовні й виходити з неї, але традиції, «дух команди», її специфічний творчий почерк розв'язання наукових проблем повинні залишатися за будь-яких обставин.

Принцип оптимальності кількісного і якісного складу. Відповідно до сучасних даних оптимальна кількість первинного наукового колективу не повинна перевищувати 20 осіб. Критерію оптимуму повинен відповідати і віковий склад наукового колективу. Оптимальною наукознавці називають структуру наукового колективу, де працює 40% молодих співробітників, 40% середнього та 20% похилого віку. Чітко визначеної оптимальної статевої структури наукового колективу не існує, але практика підтверджує, що суто чоловічий або суто жіночий його склад набагато менше стимулює творчу діяльність, ніж змішаний склад.

Наукові школи та їх роль у науці

Наукова школа – це інтелектуальна, емоційно-ціннісна, неформальна, відкрита спільність учених різних статусів, що розробляють під керівництвом лідера висунуту їм дослідницьку програму. Суттєвою ознакою наукової школи є те, що в ній одночасно реалізуються функції виробництва, поширення, захисту наукових ідей і навчання молодих учених.

Відповідно до визначення **основними характеристиками наукової школи** є такі:

- наявність наукового лідера – видатного вченого, керівника школи;
- наукова ідеологія, певна наукова концепція (фундаментальна ідея), науково-дослідна програма;
- високий рівень досліджень, їх оригінальність, особливий стиль роботи і методики досліджень;
- висока наукова кваліфікація дослідників, що групуються навколо лідера;

- значущість отриманих школою результатів у певній галузі науки;
- висока наукова репутація, науковий авторитет у певній галузі науки та громадське визнання результатів досліджень;
- наукові традиції, особлива наукова атмосфера;
- спадковість поколінь.

Наукова школа відрізняється від звичайного наукового колективу низкою ознак:

- тематика досліджень наукової школи більш однорідна, ніж у лабораторії або відділі;
- у школі відбувається постійний процес накопичення і структуризації наукового знання, тоді як у формальному колективі знання, якщо вони навіть отримані, часто не структуруються через розпорошеність наукової тематики;
- для наукової школи більш характерний неформальний поділ науковців на «генераторів» ідей, критиків, ерудитів тощо, тоді як у науковому колективі стосунки між науковцями більш формалізовані згідно з розподілом за посадами;
- у процесі відтворення поколінь учених у школі науковим керівником молодих дослідників завжди є учений – представник даної школи, тоді як у науковій лабораторії або відділі керівником може бути учений, що не належить до даної організації.

Слід відмітити, що наукова школа і науковий колектив не повинні протиставлятися одне одному, їх оптимальне поєднання має бути основою для структурної організації науки.

Основні принципи управління науковим колективом

Для того щоб науковий колектив працював узгоджено та ефективно, щоб кожен з учасників точно знав покладені на нього завдання та кінцеву мету колективу, необхідно правильно, на науковій основі організувати управління цим колективом. Успіх у діяльності наукового колективу багато в чому визначається дотриманням таких принципів організації роботи з людьми.

1 Принцип інформованості про сутність проблеми. Процес дослідження буде сприйматися членами наукового колективу позитивно і навіть з ентузіазмом, якщо кожен член колективу буде поінформований про результати які можуть бути досягнуті при вирішенні наукової проблеми.

2 Принцип превентивної оцінки роботи пов'язаний з необхідністю відповідного інформування співробітників для виключення ототожнення тимчасових труднощів з наслідками прийняття тих чи інших рішень.

3 Принцип ініціативи знизу. Інформація про наукову проблему, яку потрібно вирішити повинна бути сприйнята науковцями як справа корисна, потрібна як для суспільства так і особисто для них.

4 Принцип тотальності. Робітники всіх підрозділів, які беруть участь у вирішенні конкретного наукового завдання, повинні бути не тільки поінформованими про можливість виникнення тих чи інших проблем, але і бути безпосередньо залученими до їх вирішення.

5 Принцип перманентного інформування. Керівник наукового колективу повинен постійно інформувати весь колектив як про позитивні результати, так і про невдачі або труднощі, які виникли при вирішенні завдань. При цьому потрібно використовувати різні форми зворотного зв'язку.

6 Принцип безперервності діяльності. Завершення одного завдання повинно збігатися зпочатком нового.

7 Принцип індивідуальної компенсації полягає в необхідності урахування особливостей членів наукового колективу, їх уподобань, особливостей характеру, менталітету, їх потреб та інтересів.

8 Принцип урахування особливостей сприйняття інновацій різними людьми. Результати досліджень психологів доводять, що всіх людей за їх відношенням до нововведень можна поділити на: новаторів, ентузіастів, раціоналістів, нейтралів, скептиків, консерваторів та ретроградів. Враховуючи ці індивідуальні особливості характерів, можна цілеспрямовано впливати на наукових працівників, формуючи їх поведінку.

9 Принцип наукової рівності. Він означає, що ідеї, висунуті будь-яким співробітником колективу, повинні оцінюватися не за статусом джерела, а за змістом самої ідеї. Інакше кажучи, не має значення, хто висунув ідею, а має значення, яка це ідея.

10 Принцип забезпечення права на індивідуальну творчість кожного його члена. Кожний має право на свою думку, свій підхід до розв'язання завдань, поставлених перед колективом. Це право доповнюється єдиною метою щодо розв'язання проблеми у визначений термін.

11 Принцип забезпечення «права на помилку», тому що тільки той не помиляється, хто не працює. За даними наукознавців, з моменту постановки й формулювання проблеми ймовірність її розв'язання для

прикладних досліджень становить 85 – 90 %, для пошукових – 60%, для фундаментальних – 5-7 %. Тобто право на помилку має об'єктивну основу. Безперечно це право не стосується кінцевої мети, воно діє лише на проміжних етапах дослідження.

12 Принцип забезпечення права на критику. Він означає, що будь-яка ідея в процесі критики може бути спростована, якщо вона хибна, або вдосконалена, якщо вона правильна. Причому критика повинна бути конструктивною, доброзичливою, тактовною. Існує також правило «заборони критики» в момент генерації ідей.

13 Принципи «мінімального контролю» і «максимального контролю» повинні забезпечити оптимальне творче рішення будь-яких проблем. Сутність першого з них у тому, щоб не заважати вільному розвитку думок кожного науковця, а сутність другого, щоб забезпечити максимальний контроль за кінцевою продукцією, результатами досліджень.

14 Принцип стимулювання наукової творчості. Сутність його полягає у використанні всього діапазону моральних і матеріальних стимулів, заохочуючи науковців до творчості.

Наведені принципи, по суті, повністю відображають принципи управління, яких повинен дотримуватися керівник наукового колективу. Базуючись на перелічених принципах, керівники наукових та науково-педагогічних колективів повинні створювати та підтримувати клімат довіри та взаємної поваги, формувати відкриту і прозору систему діяльності, бути доступними, з розумінням ставитися до всіх, на кого впливає і кого стосується їх діяльність.

Відповідно до Закону України «Про наукову і науково-технічну діяльність» до основних прав та обов'язків керівника наукової установи відносять:

- вирішення питань діяльності наукової установи відповідно до статутних завдань;
- представлення наукової установи в органах державної влади та органах місцевого самоврядування, підприємствах, установах, організаціях усіх форм власності;
- відповідальність за результати діяльності наукової установи перед власником або уповноваженим ним органом;
- видання наказів і розпоряджень у межах своєї компетенції;
- визначення функціональних обов'язків працівників;
- призначення частини складу вченої (наукової, науково-технічної,

технічної) ради наукової установи, яка є колегіальним дорадчим органом управління науковою і науково-технічною діяльністю наукової установи;

- здійснення інших повноважень, передбачених статутом (положенням) наукової установи.

Керівник наукової установи щорічно звітує перед колективом наукових працівників про свою діяльність.

Особливості управління конфліктами у науковому колективі

Найбільш типовими конфліктами у науковому колективі є такі:

Конфлікти (внутрішньо-особистісні та міжособистісні), які пов'язані з існуванням у науковому підрозділі формальної та неформальної форм організації. Дані численних соціально-психологічних досліджень свідчать, що у наукових колективах одночасно існують, взаємодіють, інколи суперечать одна одній і стикаються, а інколи розвиваються паралельно, незалежно одна від одної дві різні структури, дві різні форми організації наукової діяльності

– офіційна (формальна) і неофіційна (неформальна). Офіційна форма організації підпорядковується законам адміністративної системи; інша (неофіційна) базується на принципах внутрішньої мотивації, наукових інтересах, особистісних контактах.

1. Конфлікт, пов'язаний з неоднозначним розумінням цілей та завдань організації. Як правило, науковці не усвідомлюють відмінностей у власних уявленнях про цілі та завдання, місце й значення наукового підрозділу у якому вони працюють. Вони вважають власні уявлення об'єктивними та єдино правильними. Відмінність у формах наукової творчості теж не усвідомлюється, а має вигляд оціночних суджень типу: «Він одинак», «Його не турбують інтереси колективу» і т. ін. Це призводить до протиріч як на організаційному, так і на міжособистісному рівнях.

2. Конфлікт через існування міфологічних стереотипів бачення організації. Якщо в науковій організації об'єктивно існують та взаємодіють минуле, сучасне та майбутнє, то неминуче виникає конфлікт. Взаємодія такого, що відмирає, живого та «ще не існуючого», починає регулюватися міфами. Це можуть бути міфи про ветеранів, які застали ще часи, коли в організації ще займалися «справжньою» наукою, про молодь, яка тепер захоплюється не наукою, а «науковим ремісництвом», про співробітників іншого підрозділу, що цікавляться тільки теорією, яка є

абстрактною і нікому не потрібною, або, навпаки, займаються технічними питаннями, далекими від справжньої науки тощо. Таке сприйняття реальності є ненауковим, магічним, але поширеним у наукових колективах.

3. Конфлікт через обіймання декількох посад (ролей) у науковому колективі. Цей конфлікт, пов'язаний з необхідністю прийняття рішень керівниками, які одночасно обіймають кілька посад різного ієрархічного рівня. Наприклад, завідувач відділу одночасно є керівником теми, і управлінське рішення, яке він повинен прийняти як завідувач відділу, зачіпає його інтереси як керівника теми. Такі конфлікти посадових інтересів (справжні, потенційні та уявні) можна вирішити шляхом уникнення ухвалення рішення, яке могло б завадити врівноваженим, об'єктивним судженням та висновкам. Посадових конфліктів можна також уникнути, привертаючи колегіальну увагу до можливої упередженості та необ'єктивності.

4. Конфлікт через використання особистих стосунків при прийнятті рішень. Практика свідчить, що не слід брати участі в ухваленні рішень (крім випадків надзвичайної важливості) керівникам, які мають особисті стосунки з тими, кого ці рішення стосуються (члени родини, рідні, друзі), або рішень, які стосуються ділових партнерів – колишніх чи теперішніх. Слід також уникати рішень (не пояснюючи відкрито причин і мотивів), якщо участь в їх прийнятті може негативно вплинути на їх об'єктивність.

5. Конфлікт, пов'язаний з використанням ресурсів наукової організації. Науково-дослідний інститут або вищий навчальний заклад мають різноманітні ресурси (комп'ютери, обладнання, матеріали, засоби зв'язку тощо). У випадку, коли члени організації використовують ресурси не для основної професійної діяльності (наприклад, виконання робіт на замовлення, за особистим грантом), наукова організація має право вимагати сплати за користування ресурсами. Сума і порядок сплати визначаються окремо для кожного випадку.

6. Конфлікт, який виникає через матеріально-фінансові інтереси. Члени наукового колективу, використовуючи право інтелектуальної власності, мають право укладати угоди та вільно продавати свої праці, створені у межах своєї наукової діяльності, не спричиняючи при цьому конфлікту інтересів.

Крім того, науковці можуть працювати за сумісництвом в інших подібних організаціях, створювати різного роду організації для надання

консультаційних послуг, виконувати дослідження на замовлення, виробляти і продавати товари та послуги. У цьому випадку головне, щоб така діяльність не перешкоджала виконанню обов'язків перед науковою організацією, де вони постійно працюють.

Конфлікт інтересів може також виникати у випадку, коли наукові працівники або керівництво мають особисту матеріальну зацікавленість в укладанні ділових угод або веденні спільного бізнесу з організаціями і фірмами, з якими їх наукова організація співпрацює. У цьому разі деякі члени наукової організації можуть отримувати нечесні переваги та вигоди.

7. Конфлікт, пов'язаний з діяльністю науковців поза основною науковою організацією. Останнім часом наукові колективи та їх окремі наукові працівники все активніше співпрацюють і мають ділові відносини з різними державними установами та приватним бізнесом, з державними та приватними науковими фондами (як українськими, так і зарубіжними), які підтримують їх дослідження і використовують знання та досвід. Така співпраця є соціально та економічно вигідною і прибутковою. Але тенденції щодо надмірної зайнятості поза основним місцем роботи мають бути обмежені часовими рамками у колективних угодах організацій.

8. Конфлікт щодо виконання зобов'язань – конфлікт зобов'язань виникає в тому випадку, коли діяльність поза науковою організацією перетинається і перешкоджає виконанню зобов'язань за основним місцем роботи. Для уникнення конфлікту зобов'язань необхідно або зменшити обсяги іншої діяльності, або переглянути і зменшити обсяг роботи у науковій установі.

Слід зазначити, що конфлікт є одним із засобів управління колективом, і неправильно діє керівник, коли намагається або заглушити всі конфлікти, які виникають у колективі, або не втручається в них. Конфліктами потрібно управляти, розв'язуючи їх і використовуючи позитивну дію окремих з них, адже відомим є твердження, що джерело усякого розвитку – це протиріччя, стикання протилежних тенденцій або сил.

4.2 Наукова організація та гігієна розумової праці

Розумова праця потребує активізації уваги, процесів мислення та інших психічних функцій та супроводжується нервово-психічним та емоціональним напруженням. Основними умовами вискоєфективної діяльності і збереження здоров'я працівників розумової праці з точки зору психофізіології є такі.

1 Суспільне визнання корисності наукової праці, підкріплене матеріальним і моральним заохоченням, створенням відповідного психофізіологічного клімату в науковому колективі.

2 Поступове входження в розумову працю. Причинами тривалого входження в працю можуть бути як особливості організму самої людини, так і умови праці (зручність робочого місця, необхідний рівень освітленості, відсутність подразників, відповідна температура та чистота повітря).

3 Роботу необхідно починати по можливості з простіших елементів, переходячи поступово до більш складних.

4 Дотримання ритму роботи. Ритмічна праця менш утомлива і продуктивніша в порівнянні з працею неритмічною.

Ритмізація праці наукових працівників протягом робочого дня, тижня, місяця забезпечується проведенням спрямованих на це організаційно-технічних заходів, покращанням поточного планування в організації, рівномірним завантаженням працівників.

У той самий час існують види праці з жорстким ритмом роботи, який задається термінами виконання завдання протягом робочого дня. У результаті виникають дефіцит часу, нервово-емоційне напруження, підвищена стомлюваність і, як результат, спрощення діяльності, зменшення елементів творчості в роботі.

5 Дотримання нормального чергування праці і відпочинку. Закономірності роботи головного мозку вимагають, щоб розумовий процес розгортався тривало. Інерційність роботи мозку визначає можливість продовження роботи (особливо творчою) і під час перерв, і після закінчення робочого дня. У зв'язку з цим для профілактики можливої перевтоми великого значення набуває правильний розпорядок робочого дня, що дозволяє раціонально розподілити форми навантаження і відпочинку.

При напруженій розумовій діяльності рекомендуються через кожну годину роботи перерви на 5-10 хв. для активного відпочинку (гімнастика, прогулянка).

Більшість видів робіт науковців відбуваються в умовах відсутності рухової активності, що само по собі є несприятливим чинником умов праці. Мала рухова активність у поєднанні з нервовою напруженістю призводить до того, що серед осіб розумової праці захворювання серцево-судинної системи трапляються частіше, ніж у людей фізичної праці.

Обсяг занять фізичними вправами, що рекомендується, повинен

становити не менше 6 – 10 год. на тиждень, у тому числі:

- організовані групові або самостійні заняття оздоровчої спрямованості не менше 3 год., розподілені на 3 - 4 заняття на тиждень із середньою інтенсивністю;

- виробнича фізична культура не менше 3 год., що включає виробничу гімнастику у всі робочі дні, після-робочі відновлювально-профілактичні заняття 2 рази на тиждень.

Рекомендується активний відпочинок у вихідні дні і у відпускний період щодня не менше 2 год.

Найбільш сприятливі показники професійної працездатності для тих, хто займається у спортивних секціях, досягаються при заняттях 2 – 3 рази на тиждень (сумарно 4 - 6 год.).

У людей розумової праці раціональними є сумарні енерговитрати на заняття фізичними вправами 4000 – 5000 ккал на тиждень. У перерахунку на щоденні заняття це становить в середньому 640 ккал на день.

4.3 Моральна відповідальність вченого

Кожний науковець має дотримуватися певних принципів поведінки у науковому співтоваристві. Ці принципи визначаються сукупністю морально-етичних цінностей, притаманних цьому виду творчої праці. Їх зміст склався історично й уточнюється та вдосконалюється самою науковою спільнотою відповідно до виникнення нових етичних проблем у науці, пов'язаних з суспільним розвитком.

Наукова етика – це сукупність встановлених та визнаних науковою спільнотою норм поведінки, правил, моралі наукових працівників, зайнятих у сфері науково-технологічної та науково-педагогічної діяльності.

В етиці науки існує поняття особистої відповідальності вченого. Він відповідає за «повноцінність» отриманого ним наукового продукту - від нього чекають бездоганної вимогливості до достовірності матеріалу, коректності у використанні робіт своїх колег, логіки аналізу, обґрунтованості висновків. Це і є елементарна відповідальність вченого, його **персональна етика**. Правила і положення щодо персональної етики наукових працівників, залучених до наукової та науково-педагогічної діяльності, містяться в таких основних поняттях.

Авторське право: авторами визнаються тільки ті наукові працівники,

які внесли значний інтелектуальний внесок у певну наукову роботу.

Порушеннями у наукових дослідженнях вважаються: фальсифікація; перероблення і плагіат; невизнання авторства або значного інтелектуального внеску у наукову роботу; використання нової інформації, ідей або даних із конфіденційних рукописів або приватних бесід; використання архівних матеріалів з порушенням правил використання архівних документів; невиконання державного законодавства, статутів та колективних договорів академій, вищих навчальних закладів та науково-дослідницьких організацій, положень про безпеку наукової праці.

Не вважаються порушеними в науковій діяльності чинники, що притаманні дослідницьким процесам, і нефальсифіковані (несвідомі) дослідницькі помилки, конфлікт даних, різне тлумачення та інтерпретація отриманих результатів, експериментальні розробки.

Отже, персональна етика – це відповідальність вченого за об'єктивність результату.

Разом з тим етичні проблеми, які пов'язані з моральним вибором вченого, передбачають відповідальність морального характеру – перед собою, науковим співтовариством, суспільством за той вплив на навколишній світ, який спричинений його дослідженнями та їх результатами. 20 листопада 1974 р. на 18-й Генеральній конференції Організації Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО) в Парижі була прийнята «Рекомендація про статус наукових працівників», яка була ратифікована урядами більшості країн світу та внесла значний внесок у справу формування моральнісних засад наукової діяльності.

Основні права та відповідальність наукових працівників з точки зору громадянських та етичних аспектів наукових досліджень, що сформульовані в цьому основоположному документі, такі:

- працювати в дусі інтелектуальної свободи пошуку, розвивати та захищати наукову істину в тому вигляді, як вони її розуміють;
- сприяти визначенню цілей і задач програм, якими вони займаються, та визначенню методів, які потрібно прийняти і які повинні бути гуманними та відповідати вимогам соціальної та екологічної відповідальності;
- вільно виражати свій погляд стосовно гуманності, соціальної та екологічної цінності проектів і як крайня міра відмовлятися від роботи за цими проектами, якщо це продиктовано їм їх сумлінням;
- вносити позитивний та конструктивний внесок у науку, культуру

та освіти своєї власної країни, а також для досягнення національних цілей, покращання добробуту своїх співгромадян, підтримки міжнародних ідеалів та цілей ООН;

- аналізувати необхідні соціальні умови в кожному випадку та інформувати громадськість про можливі соціальні наслідки, брати участь як у підготовці, так і в реалізації прийнятих рішень, контролі та аналізі результатів;

- виявляти, аналізувати і повністю усвідомлювати ризик, пов'язаний з проведенням наукових досліджень;

- спілкуватися і обмінюватися інформацією, отриманою як у ході власних досліджень, так і з зовнішніх джерел;

- сприяти співробітництву і здоровій конкуренції між науковими працівниками, поширенню знань у гуманних цілях;

- використовувати сучасні засоби комунікації з метою забезпечення доступу до наукової інформації і стимулювання дискусій як в науковому співтоваристві, так і в суспільстві в цілому, сприяти конструктивному діалогу з людьми, відповідальність яких лежить в інших сферах (ЗМІ, політика, економіка тощо), що полегшить суспільству визнання моральних цінностей науково-технічних досягнень;

- створювати, застосовувати і поширювати знання – це прямий обов'язок наукових працівників перед прийдешніми поколіннями як індивідуально, так і в сукупності завдяки контактам та співробітництву.

РОЗДІЛ 5 ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

5.1. Альтернативні способи і ресурси оптимізації технічних об'єктів

Основні поняття

Оптимізація (англ. optimization, optimisation) — процес надання будь-чому найвигідніших характеристик, співвідношень (наприклад, оптимізація виробничих процесів і виробництва, енерговикористання тощо).

Задача оптимізації – задача знаходження точки (точок) екстремуму, або декількох екстремумів заданої функції.

Оптимальний (від лат. optimus) — найкращий з можливих варіантів чогось, найвідповідніший певному завданню, умовам. Наприклад, максимальна продуктивність устаткування чи відповідний мінімум витрат по закінченому виробничому циклу. Оптимальні розрізи — значення розмірів чи конструкції технологічного елемента, зумовлені спеціальним розрахунком для досягнення максимального виробничого ефекту, мінімальних трудових чи грошових витрат та ін. критерію.

Критерій оптимальності — основний показник якості роботи системи, фундаментальне поняття системи оптимального функціонування об'єктів (машин, процесів, підприємства, галузі, економіки загалом). В економіці, наприклад, критерієм оптимальності може бути максимум прибутку, мінімум трудових затрат, мінімальний час досягнення мети тощо.

Математичною оптимізацією або математичним програмуванням в математиці, інформатиці та дослідженні операцій називають відбір найкращого елемента (за певним критерієм) з множини доступних альтернатив. У найпростішому випадку задача оптимізації полягає у знаходженні екстремуму (мінімуму або максимуму) дійсної функції шляхом систематичного вибору вхідних значень з дозволеного набору та обчислення значення функції.

Подальші узагальнення теорії та методів оптимізації до інших формулювань становлять велику область прикладної математики.

Оптимізація охоплює знаходження «найкращих можливих» значень деякої цільової функції в межах області визначення, включаючи різні типи цільових функцій та різні типи областей значення (Рис. 5.1).

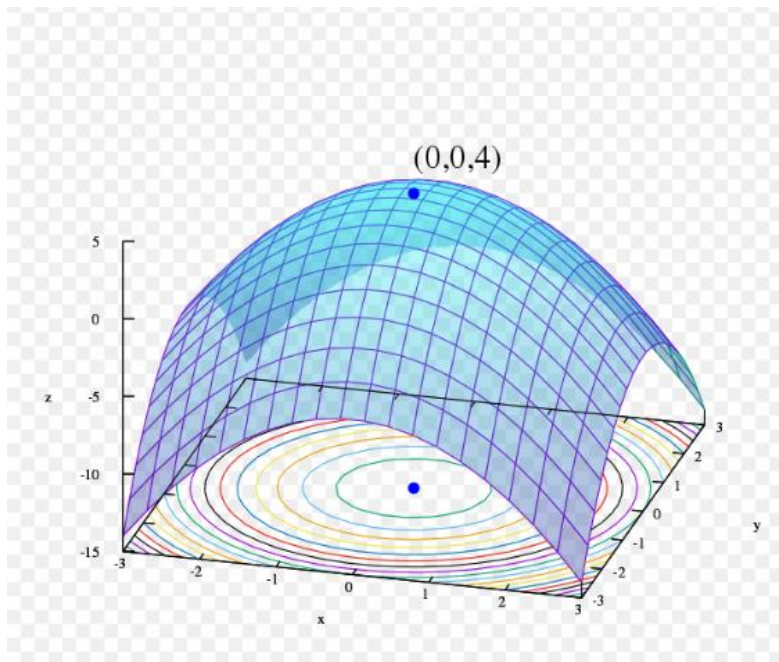


Рис. 5.1. Графік параболоїду, заданого рівнянням $z = f(x, y) = -(x^2 + y^2) + 4$.
Глобальний максимум в точці $(x, y, z) = (0, 0, 4)$.

Методи оптимізації класифікують відповідно до задач оптимізації:

- *Локальні методи:* сходяться до якого-небудь локального екстремуму цільової функції. У разі унімодальної цільової функції, цей екстремум єдиний, і буде глобальним максимумом/мінімумом.

- *Глобальні методи:* мають справу з багатоекстремальними цільовими функціями. При глобальному пошуку основною задачею є виявлення тенденцій глобальної поведінки цільової функції.

Існуючі в цей час методи пошуку можна розбити на три великі групи:

1. детерміновані;
2. випадкові (стохастичні);
3. комбіновані.

За критерієм вимірності допустимої множини, методи оптимізації поділяють на методи *одномірної оптимізації* і методи *багатомірної оптимізації*.

За видом цільової функції й допустимої множини, задачі оптимізації й методи їхнього розв'язання можна розділити на такі класи:

- Задачі оптимізації, у яких цільова функція $f(x)$ і обмеження є лінійними функціями, розв'язуються так званими методами *лінійного програмування*.

- В іншому разі мають справу із задачею *нелінійного програмування* і застосовують відповідні методи.

За вимогами до гладкості й наявності в цільовій функції частинних похідних, їх також можна розділити на:

- прямі методи, що вимагають тільки обчислень цільової функції в точках наближень;
- методи першого порядку: вимагають обчислення перших частинних похідних функції;
- методи другого порядку: вимагають обчислення других частинних похідних.

Крім того, оптимізаційні методи поділяються на такі групи:

- аналітичні методи;
- чисельні методи;
- графічні методи.

Крім того, розділами математичного програмування є параметричне програмування, динамічне програмування і стохастичне програмування. Математичне програмування використовується при розв'язанні оптимізаційних задач дослідження операцій.

Спосіб знаходження екстремуму повністю обумовлюється класом задачі. Але перед тим, як отримати математичну модель, потрібно виконати 4 етапи моделювання:

- Визначення меж системи оптимізації (факторний простір)
- Вибір змінних проектування (керованих змінних)
- Визначення обмежень на керовані змінні
- Вибір числового критерію оптимізації (цільової функції)

5.2. Оптимізація технічних об'єктів із застосуванням планування експерименту

Планування експерименту – сучасна поширена процедура вибору числа та умов проведення дослідів, необхідних та достатніх для вирішення задачі досліджень, зокрема, задач оптимізації із заданою точністю.

5.2.1. Підходи до планування експерименту, експериментальні плани

Розрізняють два підходи планування експерименту:

- **класичний**, при якому по черзі змінюється кожен фактор до визначення часткового максимуму при постійних значеннях інших факторів,
- **статистичний**, де одночасно змінюють багато факторів.

При цьому суттєвим є:

- мінімізація числа дослідів;
- одночасне варіювання всіма параметрами;
- використання математичного апарата, який формалізує дії експериментатора;
- вибір чіткої стратегії, що дозволяє ухвалювати обґрунтовані рішення після кожної серії експериментів.

Загалом розрізняють такі експериментальні плани:

- дисперсійного аналізу;
- відбору суттєвих факторів;
- багатофакторного аналізу;
- отримання поверхні відгуку;
- динамічних задач планування;
- вивчення механізмів явищ;
- побудови діаграм «склад — властивість»;
- побудови діаграм «склад — стан».

Для складання математичних моделей, що описують область високої кривизни поверхні відгуку, використовуються плани другого порядку. У цьому випадку застосовується ортогональне центральне композиційне планування і ротатабельне планування.

При цьому ротатабельне планування дозволяє отримати більш точний математичний опис у порівнянні з ортогональним центральним композиційним плануванням. Це досягається завдяки збільшенню дослідів в центрі плану та спеціальному вибору величини зоряного плеча.

Англійськими хіміками Боксом і Вілсоном запропоновано метод крутого сходження (рух по градієнту), що дозволяє найкоротшим шляхом визначити координати екстремуму досліджуваного процесу. Для математичного опису екстремальної області застосовують різні методи планування експерименту, в основі яких лежить представлення екстремальної області (рис. 5.1) поліномами другого порядку, що адекватно описують досліджуваний процес.

До таких планів належить план Бокса — Бенкена — один з різновидів статистичних планів, що застосовуються при плануванні наукових та, особливо, промислових експериментів. Ці плани дозволяють

отримувати максимальну кількість об'єктивної інформації про вплив чинників, що вивчаються, на виробничий процес за допомогою найменшого числа спостережень (дослідів). Вони належать до симетричних некомпозиційних трирівневих планів другого порядку і являють собою поєднання дворівневого (-1, +1) повного факторного експерименту з неповноблочним збалансованим планом. Область планування — гіперкуб, причому кожен із чинників набуває значення на трьох рівнях: -1, 0 і +1. Плани Бокса — Бенкена за рядом статистичних характеристик перевершують центрально-композиційні ортогональні і ротатабельні плани, що широко застосовуються в промисловому експерименті.

Для вивчення промислового процесу застосовують еволюційні планування експерименту, де дослідник повинен весь час пристосовуватися до умов виробництва, що змінюються. Специфічним є планування з відсіюванням експериментів.

Сучасна теорія планування експерименту склалася у 1960-х роках. Її методи тісно пов'язані з теорією наближення функцій та математичним програмуванням. Розроблено оптимальні плани і досліджено їхні властивості для широкого класу моделей.

Планування експерименту та обробка даних здійснюється за допомогою комп'ютерних програм: Mathcad, Statistica, Axum7, Statgraphics, Simulink та ін.

5.2.2. Планування і оптимізація технологічних об'єктів на основі системи планування експерименту STATGRAPHICS

Комп'ютерна система планування експерименту, зокрема, така як STATGRAPHICS Plus for Windows, істотно змінила практику моделювання. Якщо раніше це вважалося сферою обмеженого кола кваліфікованих професіоналів в математичній статистиці, які володіють у досить повному обсязі її тонкощами, то сьогодні планування стало доступне широкому колу фахівців в інших галузях знань, зокрема, у електротехніці. Працюючи з модулем планування експерименту Design of Experiment (DOE), дослідник отримує повну впевненість в тому, що проведений ним статистичний аналіз даних здійснюється найбільш коректним чином. Модуль DOE автоматично проводить дослідника через весь цикл планування експерименту. DOE допомагає сформулювати критерій оптимальності плану експерименту, пропонує ряд оптимальних планів і наводить всі необхідні табличні та графічні викладки на кожному етапі проведення експерименту.

У всіх видах експериментів результати та висновки залежать від

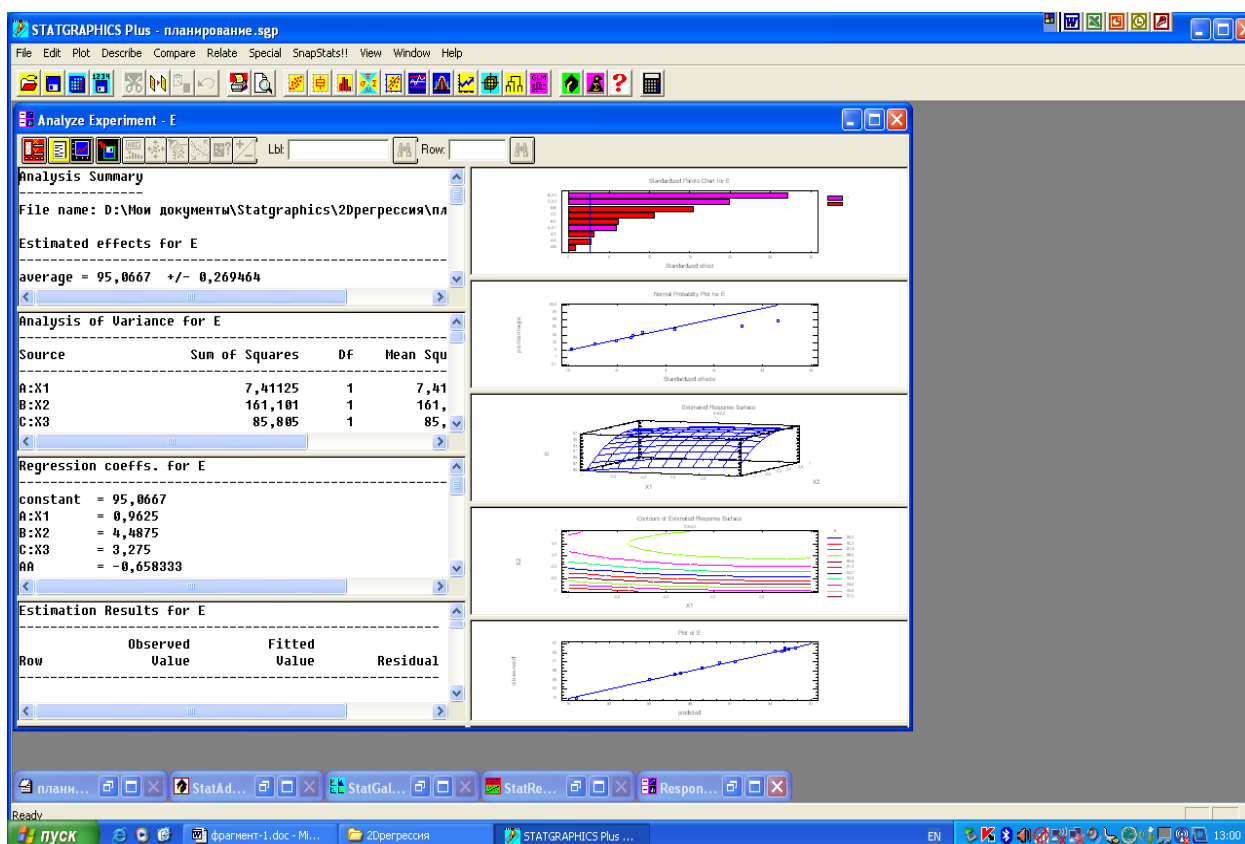


Рис.5.2 – Робочий інтерфейс програми Statgraphics при роботі в модулі DOE

кількості різнорідних даних. Тому перша послуга, яку надає модуль DOE – допомога в організації збору інформації про досліджуваний об'єкт, для чого передбачена можливість генерації великої кількості як стандартних, так і нестандартних робочих таблиць, їх редагування і роздрук (рис. 5.2).

У плануванні експерименту значна увага приділяється способам відображення експериментальної інформації. У STATGRAPHICS включений весь спектр графічних процедур, які дозволяють підбирати, а також ясно і точно «простежувати» особливості аналізованого матеріалу, починаючи від карт Парето і до тривимірних поверхонь відгуку різного виду і контурних кривих, на яких можна простежити факторні координати оптимуму. При цьому всі графічні відображення є інтерактивними. Можна (як в автоматичному, так і ручному режимах) підібрати найбільш ілюстративні рисунки та графіки експериментальних планів, у супроводі відповідних чисельних результатів.

Модуль планування експерименту програми STATGRAPHICS Plus for Windows надає повний набір різних типів планів аж до тих, в яких враховуються взаємодії аналізованих факторів по восьмий порядок включно. Крім того, за бажанням експериментатора можуть бути розглянуті взаємодії більш високого порядку. Все це разом узятє, включаючи експертну консультативну систему StatAdvisor, що допомагає

інтерпретувати результати і виявляти вади в проведеному аналізі, дозволяє говорити про модуль DOE, як про високорозвинений інструмент, що суттєво підвищує ефективність планування експерименту.

Модуль DOE програмного пакету STATGRAPHICS широко використовується при дослідженні технологічних процесів. Більшість з цих процесів носять масовий статистичний характер і їхній опис неможливий без застосування методів математичної статистики. У більшості випадків завдання дослідника зводиться до розробки статистичної регресійної моделі процесу у вигляді поліноміальної залежності вихідного параметра (параметрів), а саме цільової функції або параметра оптимізації від ряду вхідних.

5.2.3. Повне факторне планування і оптимізація технологічних об'єктів на основі центрально-композиційних ротатабельних планів другого порядку

Загальні положення

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

Поширення набули експерименти, в яких фактори варіюються на двох рівнях, тобто експерименти типу 2^k .

Планування, проведення та обробка результатів ПФЕ складається з наступних етапів: вибір залежних і незалежних змінних (факторів); кодування незалежних (вхідних) чинників (факторів); складання план-матриці експерименту; рандомізація дослідів (їх реалізація у випадковому порядку); реалізація плану експерименту; розрахунок і оцінка значимості коефіцієнтів моделі; перевірка адекватності отриманої моделі.

Вибір незалежних змінних. При дослідженні технологічних об'єктів дуже важливо виявити всі вхідні фактори, а також оцінити ступінь їх впливу на об'єкт. Якщо який-небудь із значущих чинників не включений у розгляд, але змінюється в деякому інтервалі значень, то похибки результатів експерименту різко зростають.

Багатофакторність процесів у інженерії значною мірою ускладнює дослідження та математичний опис (моделювання) об'єкта, так як врахувати вплив усіх чинників практично неможливо, а статистичний аналіз, що не враховує хоча б один значимий фактор, обумовлює неадекватність регресійних рівнянь.

При вивченні будь-якого технологічного процесу доводиться розглядати велику кількість факторів, які імовірно можуть впливати на параметр оптимізації. З одного боку, включення в план дослідження всіх істотно впливаючих факторів дуже важливо, так як експерименти, спрямовані на відшукання оптимальних умов, конструкційних параметрів тощо можуть втратити всякий сенс, якщо один або декілька таких факторів не враховані. З іншого боку, включення в програму дослідження всіх факторів, що впливають на об'єкт, ускладнює завдання – збільшує її розмірність. Ступінь впливу різних чинників на процес неоднакова; звичайно тільки декілька факторів істотно впливають на вихідну величину, а решта впливають менш суттєво.

Завдання полягає у виявленні та ідентифікації суттєвих факторів на «нульовому» тлі всіх інших, при цьому необхідно враховувати як якісні, так і кількісні характеристики значимих факторів. Вхідні фактори можуть мати і якісні відмінності, наприклад різні реагенти, конструкції тощо.

Вибір залежного фактора (параметра оптимізації, цільової функції, функції відгуку). Функція відгуку залежить від мети та специфіки досліджень. Вона може бути технологічною (наприклад, коефіцієнт корисної дії), економічною (прибуток, втрати, рентабельність тощо), статистичною і т. д. Відгук повинен бути чутливим до зміни факторів, легко обчислюваним, виражатися одним числом, мати фізичний зміст.

Кодування факторів необхідно для переведення натуральних значень факторів в безрозмірні величини. Це забезпечує можливість порівняльної оцінки впливу на процес різних параметрів незалежно від їх розмірності, а також дозволяє побудувати стандартну план-матрицю експерименту.

Зв'язок між кодованим і натуральним виразом фактора задається формулою:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (5.1)$$

де x_i – кодований вираз i -го фактора; X_i – натуральне значення фактора; X_{i0} – значення i -го фактора на нульовому рівні; ΔX_i – інтервал варіювання i -го фактора.

За нульовий рівень факторів зазвичай вибирають центр інтервалу, в якому передбачається вести експеримент. У промислових умовах нульовий рівень відповідає значенням факторів при існуючому технологічному режимі.

При виборі інтервалу варіювання справа дещо складніша. Часто, особливо при оптимізації об'єкта, спочатку доцільно описати його лінійним рівнянням, і тому інтервал варіювання повинен бути досить малий для отримання лінійного рівняння, але разом з тим досить великий,

щоб не отримати помилкового висновку про незначному впливі будь-якого з факторів.

Активне планування експерименту припускає проведення дослідів відповідно до плану експерименту.

План експерименту визначає розташування дослідних точок у *факторному просторі* (просторі незалежних змінних). План експерименту задається у вигляді *матриці плану*, наприклад у вигляді таблиці, кожен рядок якої відповідає умовам досліду, а стовпець – значенням незалежної змінної в кожному досліді.

План-матриця експерименту пропонується безпосередньо самою програмою STATGRAPHICS залежно від виду розроблюваної регресійної моделі. У найпростішому випадку розглядається лінійна модель виду:

$$Y = b_0 + \sum_1^n b_i \cdot x_i + \sum_{i \neq j}^n b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j, \quad (5.2)$$

де n – число вхідних факторів; Y – оцінка (розрахункове значення) відгуку (цільової функції); b – оцінки коефіцієнтів моделі.

У разі її неадекватності для опису розглянутого об'єкта використовуються *поліноміальні плани другого порядку* виду:

$$Y = b_0 + \sum_1^n b_i \cdot x_i + \sum_{i \neq j}^n b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_1^n b_{ii} \cdot x_i^2, \quad (5.3)$$

Найбільш часто застосовуються центральні-композиційні плани другого порядку. Їх отримують додаванням спеціальних «зоряних» точок до «ядра», що складається з плану 2^n для лінійної моделі, а також певної кількості експериментів в центрі плану (при фіксації значень всіх вхідних параметрів на нульовому рівні). Зоряні точки встановлюються на деякій відстані d від центру, званому «зоряним плечем».

Серед центральних-композиційних планів другого порядку найбільшого поширення набули ротатабельні плани. Ці плани дають можливість передбачати значення функції відгуку з дисперсією (точністю), однаковою на рівних відстанях від центру плану (по всьому факторному простору).

Після складання план-матриці експериментів здійснюється реалізація відповідних їй дослідів. За результатами цих дослідів визначаються експериментальні значення цільової функції, які заносяться в план-матрицю експерименту порядково.

Наступні етапи планування експерименту здійснюються безпосередньо в модулі DOE програми STATGRAPHICS. Їх конкретний зміст розглянемо на прикладі.

Алгоритм досліджень і аналізу регресійних моделей

Розглянемо алгоритм планування експерименту на прикладі дослідження деякого технічного об'єкта.

2.1.2. Розробка плану

Для розробки регресійної моделі застосований ротатабельний центральнокомпозиційний план експерименту. Функція відгуку – W . Досліджувався вплив на технологічний об'єкт чотирьох основних факторів, обраних на підставі апріорних даних: (X_1), (X_2), (X_3), (X_4). Вибрані фактори задовольняють вимогам керованості, взаємозалежності, однозначності, яким повинні задовольняти варіативні фактори при плануванні експерименту. Область факторного планування представлена в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Область факторного планування

Фактор	Код фактора	Одиниця виміру	Рівні факторів				
			-2	-1	0	+1	+2
1	X_1		100	150	200	250	300
2	X_2		6,0	8,0	10,0	12,0	14,0
3	X_3		40	50	60	70	80
4	X_4		0	50	100	150	200

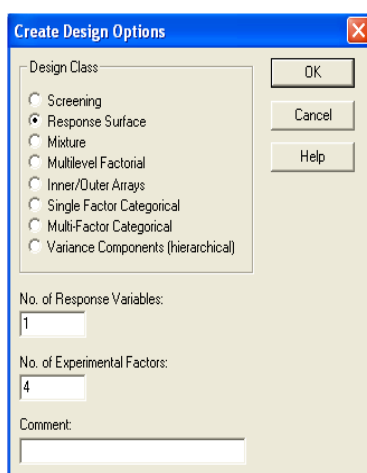


Рис.5.3 – Вікно діалогу для вибору параметрів

Двічі клацнувши на робочому столі комп'ютера на ярлику відкриємо вікно програми **STATGRAPHICS** (рис.5.3). Виберемо меню **Special | Experimental Design | Create Design**. Система відобразить вікно діалогу для завдання параметрів плану експерименту. Встановимо перемикач **Design Class** (тип плану) в положення **Response Surface** (поверхня відгуку). Введемо 1 в полі числа змінних відгуку. Занесемо 4 в поле кількості вхідних факторів. Заповнене вікно діалогу зображено на рис.5.4. Натиснемо кнопку **OK**. На екрані з'явиться ще одне вікно діалогу для опису досліджуваних вхідних факторів.

Для фактора **A** введемо ім'я **X1** і кодовані значення верхнього (+1) і нижнього рівня (-1). Виберемо положення

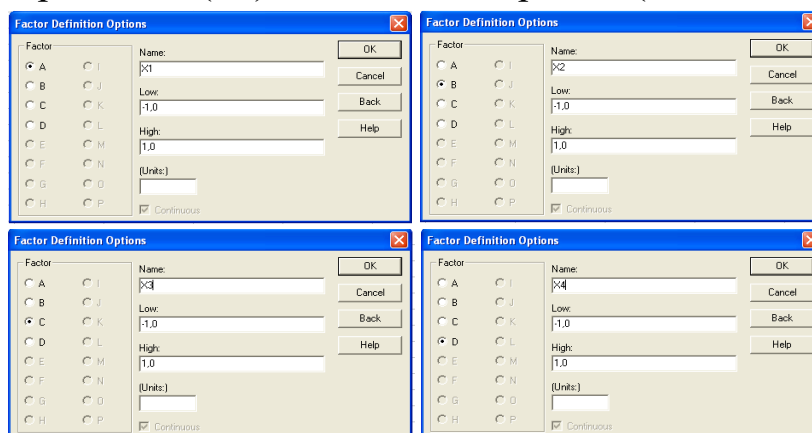


Рис.5.4. – Вікна діалогів для опису вхідних факторів.

перемикача **В** (фактор **В**). Для фактора **В** введемо ім'я **X2** і кодовані значення верхнього (+1) і нижнього рівня (-1). Аналогічним чином задамо імена і значення верхнього та нижнього рівня для двох, що залишилися факторів (**X3** і **X4**) – див.рис.5.4.

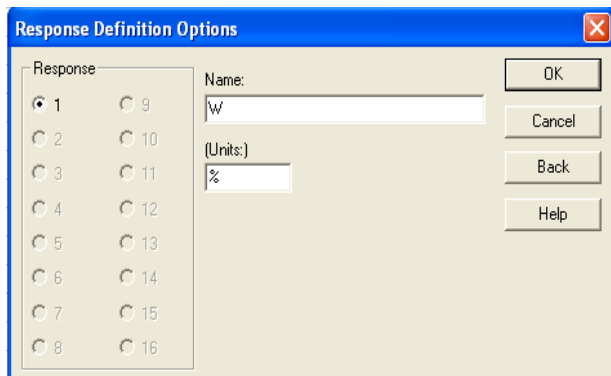


Рис.5.5 – Вікно діалогу для опису функції відгуку.

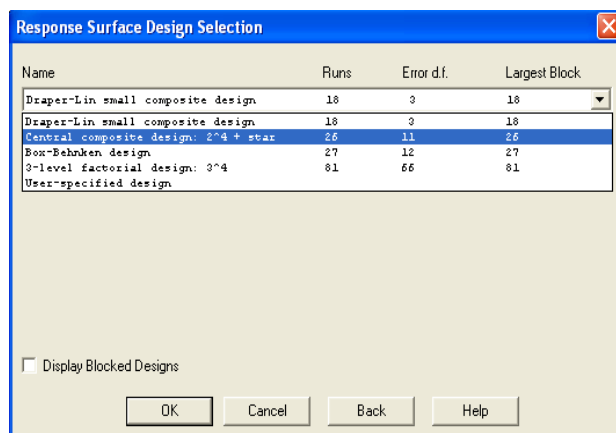


Рис.5.6 – Вікно діалогу з параметрами поверхні відгуку.

Натискаємо кнопку **ОК**. На екрані з'явиться вікно діалогу для опису функції відгуку. Введемо позначення відгуку **W**, а також його розмірність – див. Рис.5.5.

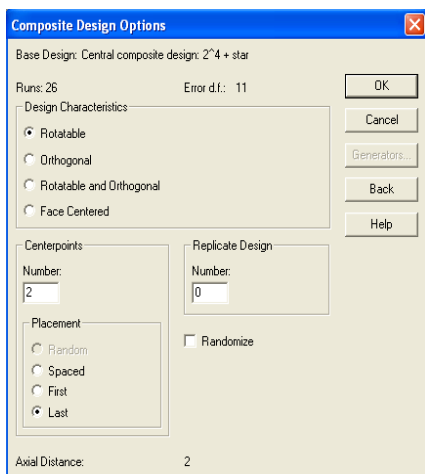


Рис.5.7 – Опції вибраного композиційного плану.

Натиснемо кнопку **ОК**. На екрані з'явиться діалогове вікно з параметрами поверхні відгуку (див. Рис.5.6). Використовуючи кнопку зі стрілкою вниз, розгорнемо список передбачуваних варіантів, виберемо **central composite design: 2⁴ + star** (центрально-композиційний план 2⁴ + зірка) і натиснемо кнопку **ОК**.

З'явиться вікно діалогу опцій обраного композиційного плану (див. Рис.5.7).

У верхньому рядку вікна з'являється назва плану, нижче виведені загальна кількість необхідних експериментів (**Runs**) і число ступенів свободи для помилки (**Error df**). Перемикач **Design Characteristics** (характеристики плану) встановимо в положення **Rotatable** (ротатабельний).

Перемикач **Placement** (положення в план-матриці експерименту центральних точок) встановимо в положення **Last** (наприкінці) і знімемо прапорець **Randomise** (рандомізація).

Кількість експериментів в центрі плану залишимо без змін (2 досліди). У нижній частині вікна наведено значення «зоряного плеча», яке для наших умов становить 2.

Натиснемо кнопку **ОК**. Система видасть зведення експериментального плану у вікні атрибутів поверхні відгуку (рис.5.8).

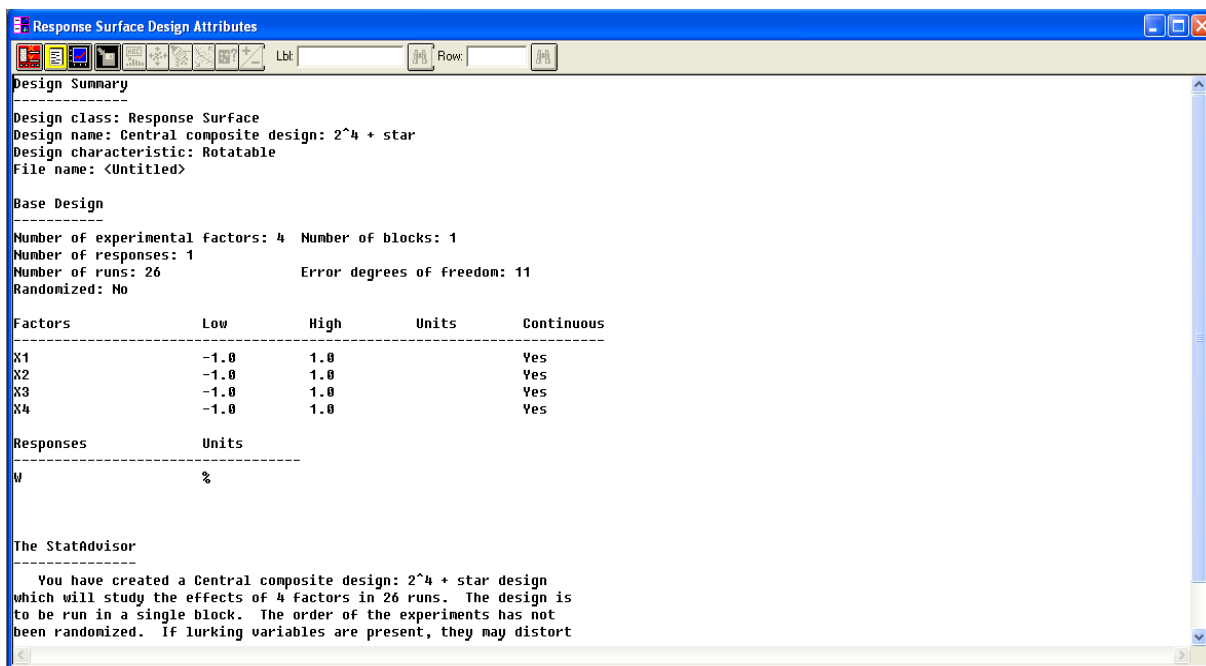


Рис. 5.8- Зведення у вікні атрибутів поверхні відгуку.

Зведення включає ім'я плану і його тип, а також коментарі до експерименту. Тут же наведена інформація про фактори, функцію відгуку, кількість експериментів, число блоків, кількість центральних точок і ступені свободи для помилки.

Завдання імені, збереження плану експерименту і роздруківка робочої таблиці

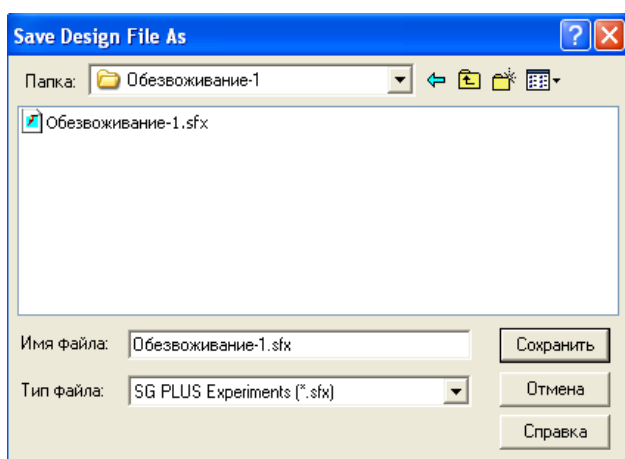


Рис.5.9 – Задавання назви експериментального плану.

Виберемо **File | Save Design File As**, з'явиться відповідне вікно діалогу (рис.5.9). Задамо ім'я плану **План-1.sfx** в папці **План-1** і натиснемо кнопку **ОК**.

Дослідник тепер готовий продовжити експеримент. Насамперед необхідно роздрукувати робочу таблицю, в якій зазначений порядок проведення експериментів. У вікні атрибутів поверхні відгуку натиснемо кнопку табличних опцій (рис. 5.10). У вікні діалогу встановимо

прапорець **Worksheet** (робоча таблиця), знімемо прапорець **Design Summary** (зведення плану) і натиснемо кнопку **ОК** (рис.5.11).

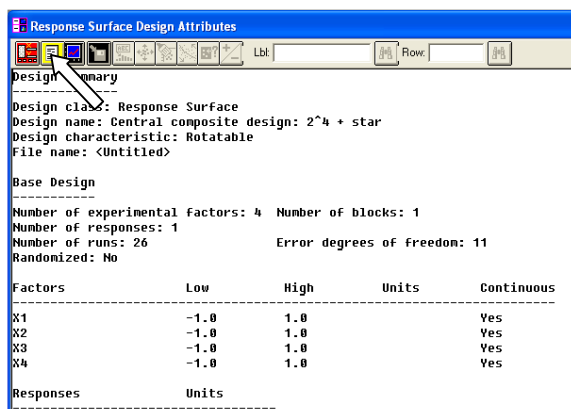


Рис.5.10 – Вікно атрибутів поверхні відгуку.

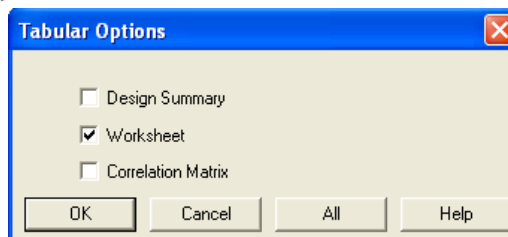


Рис.5.11 – Вікно діалогу для відображення робочої таблиці.

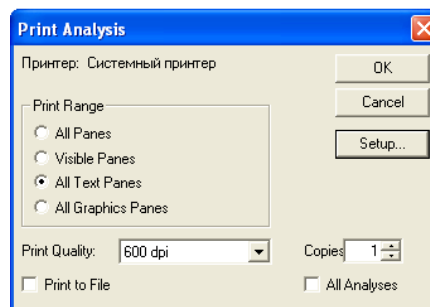


Рис.5.13 – Вікно діалогу друку.

Робоча таблиця відобразиться у другому вікні на полі аналізу. Двічі натиснемо на заголовку вікна робочої таблиці і тим самим максимізуємо її розміри (див. рис.1.12).

run	X1	X2	X3	X4	W (%)
1	-1,0	-1,0	-1,0	-1,0	_____
2	1,0	-1,0	-1,0	-1,0	_____
3	-1,0	1,0	-1,0	-1,0	_____
4	1,0	1,0	-1,0	-1,0	_____
5	-1,0	-1,0	1,0	-1,0	_____
6	1,0	-1,0	1,0	-1,0	_____
7	-1,0	1,0	1,0	-1,0	_____
8	1,0	1,0	1,0	-1,0	_____
9	-1,0	-1,0	-1,0	1,0	_____
10	1,0	-1,0	-1,0	1,0	_____
11	-1,0	1,0	-1,0	1,0	_____
12	1,0	1,0	-1,0	1,0	_____
13	-1,0	-1,0	1,0	1,0	_____
14	1,0	-1,0	1,0	1,0	_____

Рис.5.12 – Робоча таблиця плану експерименту.

Виберемо з меню **File | Print** – система надає вікно діалогу для роздруківки плану експерименту, що проводиться. Встановимо перемикач в положення **All Text Panes** (рис.5.13) і натиснемо кнопку **OK**. Система

роздрукує зведення проведеного аналізу і робочу таблицю для збору даних.

Проведення експерименту

Надалі здійснювалася серія лабораторних експериментів зі значеннями досліджуваних параметрів відповідно до роздрукованої матриці планування.

	BLOCK	X1	X2	X3	X4	W	Col_7	Col_8	Col_9	Col_10
1	1	-1	-1	-1	-1	24,5				
2	1	1	-1	-1	-1	26				
3	1	-1	1	-1	-1	25,9				
4	1	1	1	-1	-1	28				
5	1	-1	-1	1	-1	22,5				
6	1	1	-1	1	-1	24,3				
7	1	-1	1	1	-1	22,3				
8	1	1	1	1	-1	24,9				
9	1	-1	-1	-1	1	22,9				
10	1	1	-1	-1	1	23,3				
11	1	-1	1	-1	1	25				
12	1	1	1	-1	1	26				
13	1	-1	-1	1	1	23				
14	1	1	-1	1	1	24				
15	1	-1	1	1	1	23,2				
16	1	1	1	1	1	24,7				
17	1	-2	0	0	0	23				
18	1	2	0	0	0	26,3				
19	1	0	-2	0	0	22,9				
20	1	0	2	0	0	25				
21	1	0	0	-2	0	25,9				
22	1	0	0	2	0	23,2				
23	1	0	0	0	-2	25,7				
24	1	0	0	0	2	23,7				
25	1	0	0	0	0	24,5				
26	1	0	0	0	0	24,5				
27										
28										
29										
30										
31										
32										

Рис. 5.14 – План-матриця експерименту з введеними в неї значеннями цільової функції W .

Для введення значень цільової функції W у вихідну таблицю відкриємо файл "План-1.sfx" (рис.5.14). У таблиці плану експерименту введемо в колонку W порядково відповідні значення цільової функції. Збережемо таблицю вибравши опції **File | Save | Save Design File**.

Тепер матриця планування і результати її реалізації являють одне ціле – рис. 5.14.

Аналіз експериментальних даних

Вибираємо в меню **Special | Experimental Design | Analyze Design** - з'явиться відповідне вікно діалогу. Двічі клацнемо на W для введення імені цільової функції в поле даних і натиснемо кнопку **ОК**. Система відобразить первинне зведення проведеного аналізу (рис.5.15). Для детального аналізу отриманої регресійної моделі натиснемо кнопку табличних опцій (друга ліворуч у верхньому ряду, жовтого кольору). На

екрані з'явиться вікно діалогу. Виберемо опції **ANOVA Table** (таблиця дисперсійного аналізу), **Regression Coefficients** (коефіцієнти рівняння регресії) і **Predictions** (передбачення функції). Натиснемо кнопку **ОК**. У області аналізу з'явиться три додаткових вікна.

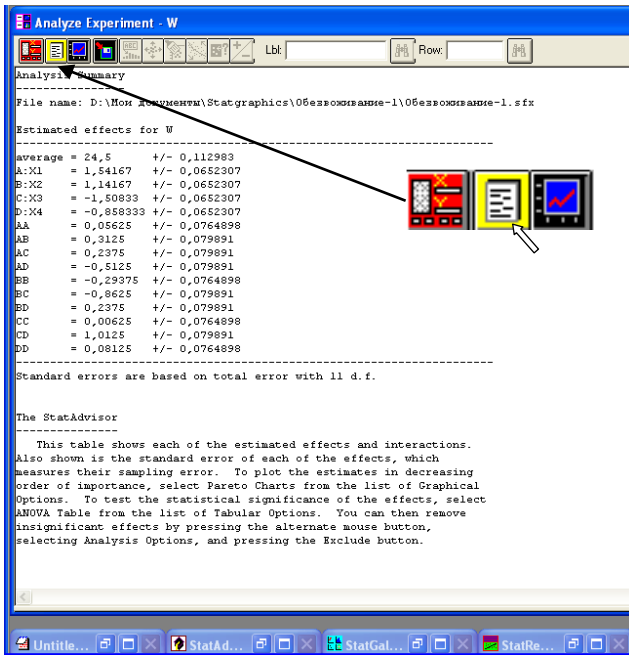


Рис.5.15- Первинне зведення аналізу.

Двічі клацаємо лівою кнопкою миші у вікні дисперсійного аналізу для максимізації його розміру (рис.5.16).

Таблиця дисперсійного аналізу дозволяє оцінити статистичну значущість коефіцієнтів отриманої регресійної моделі. Коефіцієнти моделі, для яких *p*-рівень (*p*-value) менше 0,05, вважаються статистично значущими при довірчій ймовірності 95%. Як видно з наведених на рис. 5.16 даних, для нашого прикладу, статистично значущими є коефіцієнти при лінійних членах рівняння регресії, членах, які відповідають парній взаємодії і коефіцієнт при X_2^2 . При цьому коефіцієнти при X_1^2 , X_3^2 і X_4^2 є статистично незначущими і при розрахунках за отриманою моделі можуть не враховуватися.

Найбільш зручно і наочно значимість коефіцієнтів моделі можна

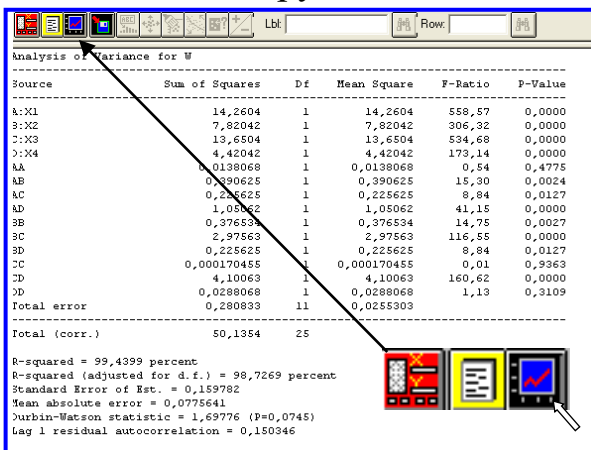


Рис.5.16 - Таблиця дисперсійного аналізу

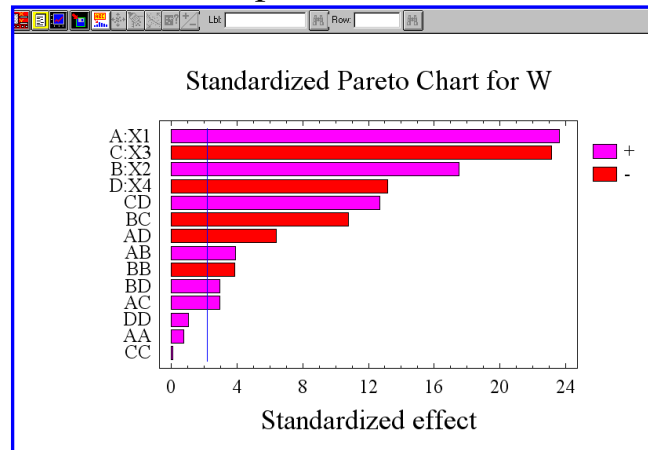


Рис.5.17-Парето-карта коефіцієнтів моделі

перевірити за допомогою Парето-карти. Для цього клацнемо кнопку графічних опцій (див. рис.5.16) для виклику відповідного вікна діалогу. Встановимо прапорець **Pareto Chart** (Парето-карта) і натиснемо кнопку **ОК** (рис.5.17). Горизонтальні стовпці, що перетинають вертикальну лінію, яка відповідає 95% довірчій ймовірності, свідчать про статистичну

значущість відповідних коефіцієнтів моделі. Парето-карта для нашого прикладу наочно підтверджує статистичну незначущість коефіцієнтів при X_1^2 , X_3^2 і X_4^2 , встановлену вище за допомогою таблиці дисперсійного аналізу (рис.5.16).

Парето-карта також дає уявлення про порівняльну значущість вхідних факторів для досліджуваного процесу. Збільшення довжини горизонтальних стовпців свідчить про збільшення впливу на процес відповідного фактора. Як видно з рис. 5.17, на досліджуваний технологічний процес найбільш істотно впливає чинник X_1 . Далі за значимістю фактори убувають в наступній послідовності: $X_3 \rightarrow X_2 \rightarrow X_4$.

Колонки, колір яких відзначений знаком плюс, відповідають факторам і їх парним взаємодіям, які сприяють зростанню цільової функції. І, навпаки, колонки, колір яких відзначений знаком мінус, відповідають факторам і їх парним взаємодіям, які сприяють зменшенню

значень цільової функції.

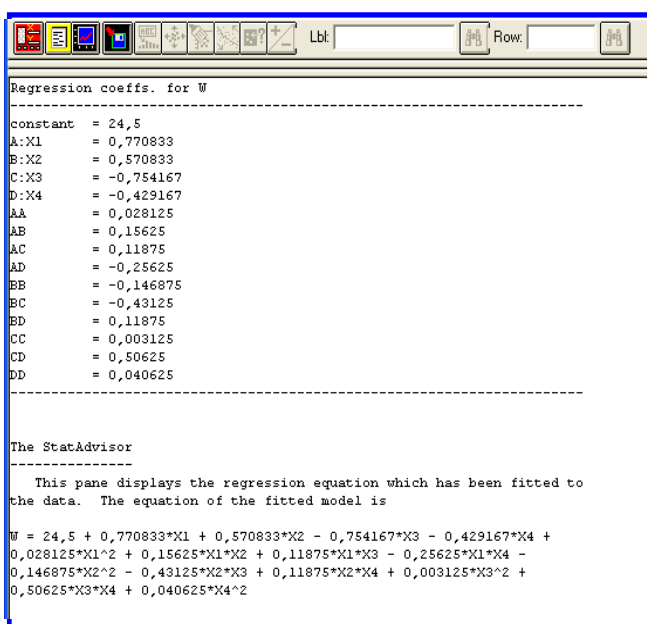


Рис.5.18 – Значення коефіцієнтів рівняння регресії.

Двічі клацнемо лівою кнопкою миші у вікні **Regression Coefficient** для максимізації його розміру (рис.5.18). У цьому вікні представлені значення коефіцієнтів рівняння регресії. У нижній частині цього ж вікна представлено саме рівняння регресії у вигляді полінома другого ступеня. Відповідно до даних, наведених на рис.5.18, рівняння регресії з урахуванням значущості коефіцієнтів в наведеному прикладу має вигляд:

$$\begin{aligned}
 W = & 24,5 + 0,770833X_1 + 0,570833 \cdot X_2 - 0,754167 \cdot X_3 - 0,429167 \cdot X_4 + \\
 & + 0,15625 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,11875 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,25625 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,146875 \cdot X_2^2 - \\
 & - 0,43125 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,11875 \cdot X_2 \cdot X_4 + 0,50625 \cdot X_3 \cdot X_4
 \end{aligned} \quad (5.4)$$

Адекватність отриманої моделі досліджуваному процесу підтверджується високим значенням (близько 100%) коефіцієнта детермінації $R^2 = 99,44\%$, а також малим значенням стандартної помилки оцінки $SE = 0,1598$ (рис.5.16).

Натиснемо на кнопки графічних опцій і у вікні **Graphical Options** (властивості графіка) виберемо опцію **Diagnostic Plots** (діагностичний графік). У новому графічному вікні, що з'явилося, двічі клацнемо лівою кнопкою миші для максимізації його розміру. У цьому ж вікні клацнемо правою кнопкою миші і в контекстному виберемо опцію **Pane Options**. У новому графічному вікні, що з'явилося **Diagnostic Plot Options** (властивості діагностичного графіка) відзначимо опцію **Observed vs Predicted** (відповідність між експериментальними і розрахунковими

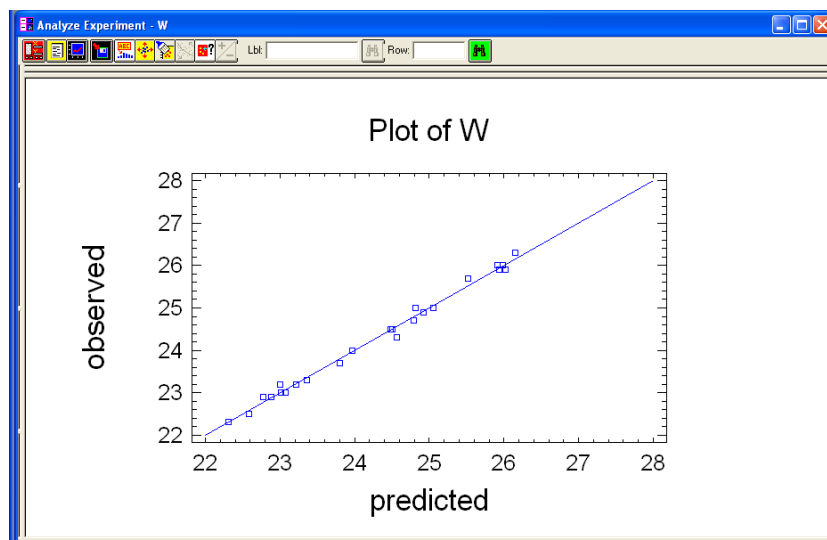


Рис.5.19 – Графік порівняння експериментальних (observed) і розрахункових (predicted) значень цільової функції.

даними) і натиснемо кнопку **ОК**. У вікні в графічній формі подано порівняння експериментальних (observed) та розрахункових (predicted) даних (рис.5.19).

Як видно, в більшості випадків різниця між цими даними невелика. Більшість експериментальних точок знаходиться поблизу прямої лінії.

Row	Observed Value	Fitted Value	Residual
1	24,5	24,4792	0,0208333
2	26,0	25,9833	0,0166667
3	25,9	25,9333	-0,0333333
4	28,0	28,0625	-0,0625
5	22,5	22,5833	-0,0833333
6	24,9	24,5625	-0,2625
7	22,3	22,3125	-0,0125
8	24,9	24,9167	-0,0166667
9	22,9	22,8833	0,0166667
10	23,3	23,3625	-0,0625
11	25,0	24,8125	0,1875
12	26,0	25,9167	0,0833333
13	23,0	23,0125	-0,0125
14	24,0	23,9667	0,0333333
15	23,2	23,2167	-0,0166667
16	24,7	24,7958	-0,0958333
17	23,0	23,0708	-0,0708333
18	26,3	26,1542	0,145833
19	22,9	22,7708	0,129167
20	25,0	25,0542	-0,0541667
21	25,9	26,0208	-0,120833
22	23,2	23,0042	0,195833
23	25,7	25,5208	0,179167
24	23,7	23,8042	-0,104167
25	24,5	24,5	0,0
26	24,5	24,5	0,0

Рис.5.20 – Таблиця порівняння експериментальних і розрахункових даних.

Повернемося в головне вікно двічі клацнувши лівою кнопкою миші. У колонці табличних опцій двічі клацнемо лівою кнопкою миші у вікні **Estimation Results for W** (оцінка результатів для функції відгуку **W**) для максимізації його розміру (див. Рис.5.20). У цьому вікні наведені експериментальні (**observed**) і розрахункові (**fitted**) значення цільової функції **W** в точках план-матриці експерименту. У четвертій колонці таблиці наведені «залишки» або «розходження» (**residual**), як різниця між експериментальними і розрахунковими (передба-

ченими) значеннями цільової функції. Малі абсолютні значення цих залишків є додатковим свідченням адекватності отриманої регресійної моделі досліджуваного об'єкту.

Повернемося у головне вікно двічі клацнувши лівою кнопкою миші. Натискаємо на кнопки графічних опцій і у вікні **Graphical Options** (властивості графіка) виберемо дві опції **Response Plots** (графіки функції відгуку) і натиснемо кнопку **ОК**. У правій колонці аналізу з'явиться два нові вікна. Двічі клацнемо лівою кнопкою миші у вікні **Estimated Response Surface** (оцінка поверхні відгуку) для його максимізації

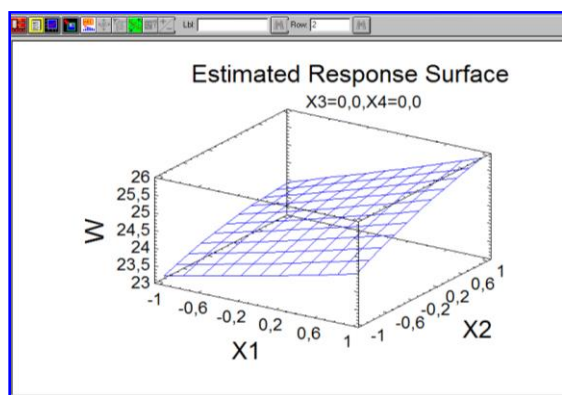


Рис.5.21 – Тримірний графік залежності $W = f(X_1, X_2)$.

(рис.5.21). У цьому вікні представлений тривимірний графік залежності цільової функції W від факторів X_1 і X_2 . При цьому, як видно, фактори X_3 і X_4 зафіксовані на нульовому рівні. Натиснемо в

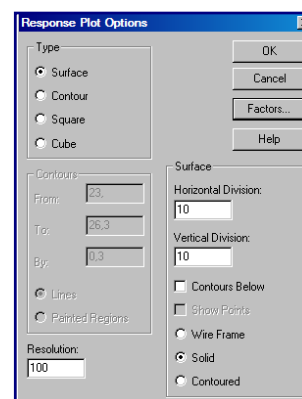


Рис.5.22- Контекстне меню **Response Plot Options**.

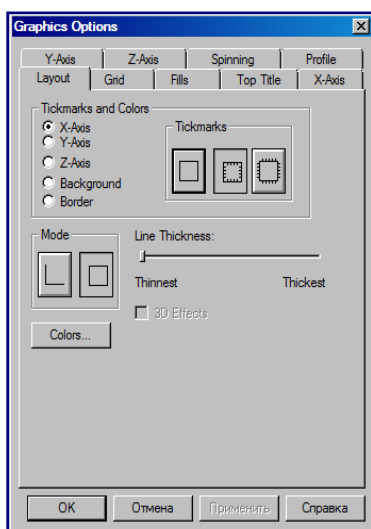


Рис.5.23 Вікно регулювання властивостей графіка.

межах вікна правою кнопкою миші. У контекстному меню виберемо опцію **Pane Options**. З'явиться вікно **Response Plot Options** (властивості графіка функції відгуку) (рис.5.22). В області цього вікна **Type** (тип графіка) встановимо опцію **Surface** (поверхня). В області вікна **Surface** встановимо число поділок горизонтальної та вертикальної шкали графіка на рівні 10 а також виберемо опцію **Solid**. Для якісного відображення графіка поверхні відгуку опцію **Resolution** (роздільна здатність) встановимо не нижче 100. Для збереження введених установок натиснемо кнопку **ОК**.

Повторно клацнемо в межах вікна правою кнопкою миші. У контекстному меню виберемо опцію **Graphics Options**. Закладки вікна **Graphics Options** (див. Рис.5.23) дозволяють 104н.104форматувати тривимірний



Рис. 5.24 – Регулювання положення графіка у тривимірному просторі.

графік – змінити характер забарвлення поверхні, змінити межі зміни значень вхідних параметрів, виконати розмітку осей і т.д. Для зміни положення графіка в тривимірному просторі натисніть зелену кнопку в рядку меню графічного вікна (див. рис.5.24). При цьому стають доступними жовті кнопки і повзуни зміни положення графіка в горизонтальній і вертикальній площині. Натискання кнопок призводить до безперервного обертання графіка навколо відповідної осі. Повторне натискання кнопки призводить до зупинки обертання. Повзуни призначені для дискретної зміни положення графіка.

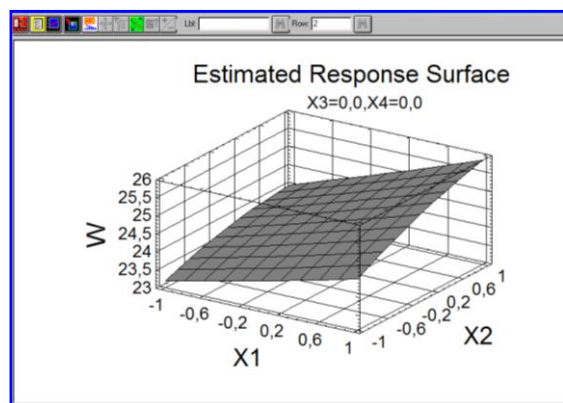


Рис.5.25 – Варіант форматування графіка поверхні відгуку.

На рис.5.25 показаний можливий варіант форматування тривимірного графіка поверхні відгуку. Для вибору іншої пари вхідних параметрів знов

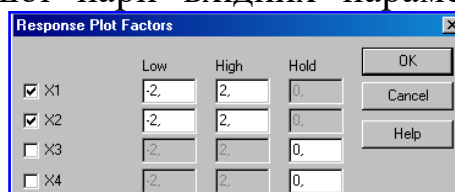


Рис.5.26 – Діалогове вікно **Response Plot Factors**.

клацніть в графічному вікні правою кнопкою миші, виберіть у контекстному меню опцію **Pane Options** і у вікні **Response Plot Options** (рис.5.22) виберіть опцію **Factors** (фактори). З'явиться діалогове вікно **Response Plot Factors** (фактори функції відгуку) (рис.5.26). Тут можна вибрати будь-яку пару вхідних параметрів, задати інтервали їх варіювання, а також фіксовані значення інших факторів.

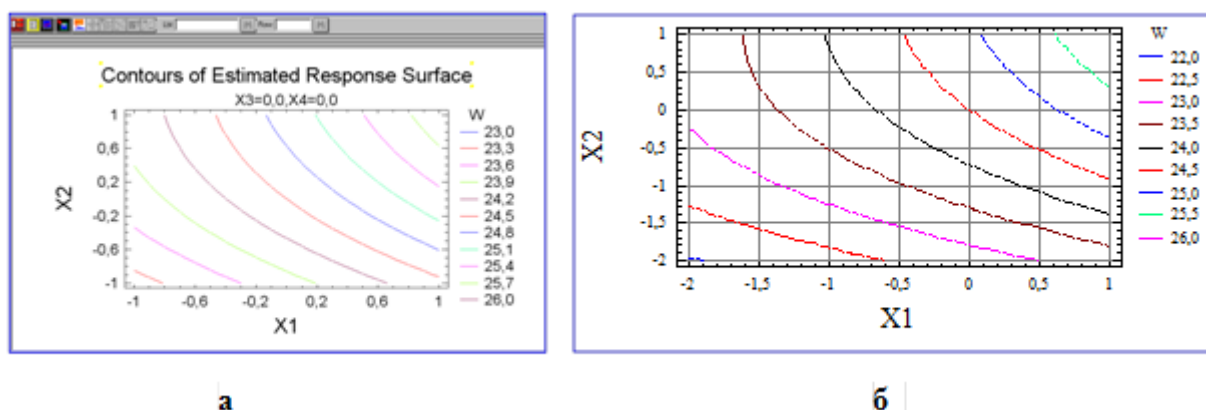


Рис. 5.27. Контурний графік поверхні відгуку:
а – первинний; б – відформатований

У головному меню аналізу **Analyze Experiment** двічі клацаємо у вікні **Contours of Estimated Response Surface** (оцінка контурного графіка

функції відгуку) для максимізації його розміру (рис.5.27, а). Показаний контурний графік являє собою контури проєкцій рівних значень функції відгуку на площину. Форматування контурного графіка здійснюється так само як і графіка поверхні відгуку. На рис.5.27, б наведено приклад відформатованого контурного графіка.

Будь-який з графіків програми **STATGRAPHICS** може бути скопійований в буфер обміну **Windows** і вставлений, наприклад, в документ **Microsoft Word**. Крім того, графіки можуть бути збережені в більшості відомих форматів – **wmf (windows metafiles); jpg (JPEG 24 bit color); tif (TIF color)** і 10бн.. Копіювання в буфер обміну або збереження у вигляді графічного файлу здійснюється за допомогою контекстного меню, що викликається при клацанні правою кнопкою миші у вікні графіка.

На рис.2.28 в текстовому редакторі **Microsoft Word** показано узагальнене вікно графічного аналізу отриманого рівняння регресії

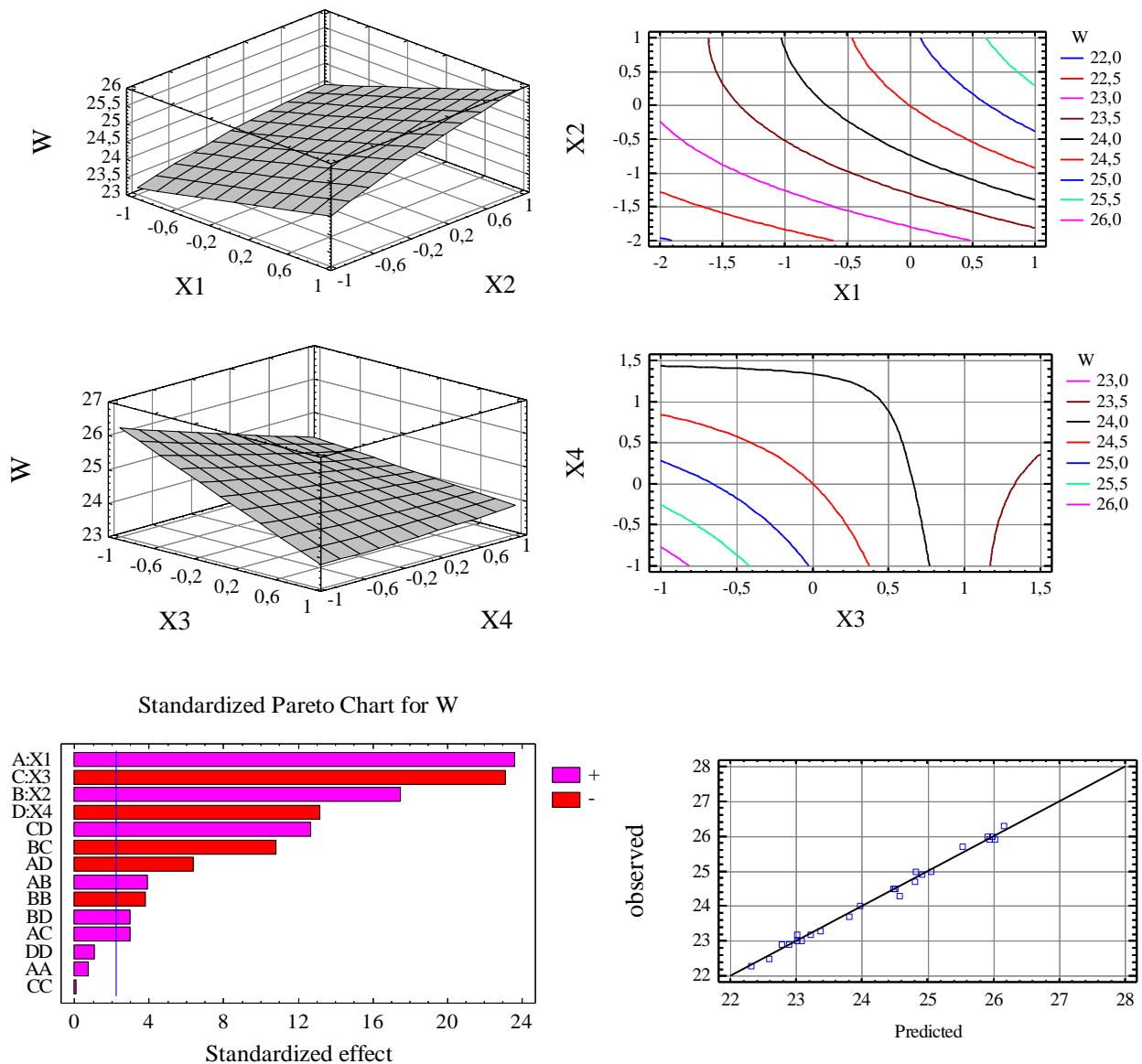


Рис. 5.28. Узагальнене вікно графічного аналізу отриманого рівняння регресії

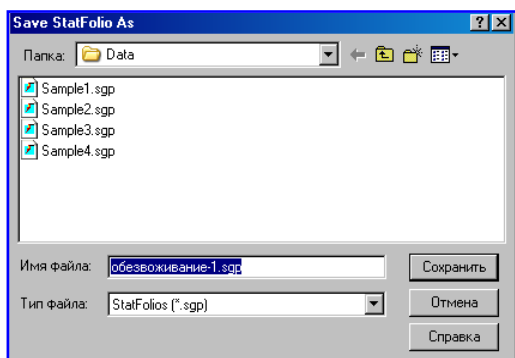


Рис.5.29 – Збереження результатів досліджень.

Для збереження результатів досліджень у вигляді файлу проекту виберемо пункти меню **File | Save As | Save Statfolio As**. У вікні (рис.5.29) задамося ім'ям файлу проекту (наприклад, **План-1.sgp**) і збережемо його в тій же папці, що й файл вихідних даних **План-1.sfx**.

Отже, на цьому етапі можна констатувати, що задача моделювання технічного об'єкта виконана. Адже, його поліноміальна модель одержана (рівняння 5.4) і його аналіз за допомогою програми STATGRAPHICS виконано в повному обсязі.

Але оптимізація досліджуваного технічного об'єкта не виконана. Про це свідчить конфігурація гіперповерхонь (рис. 5.21; 5.25; 5.28) і контурних кривих (рис. 5.27; 5.28).

Разом з тим, конфігурація контурних кривих для модельованого технічного об'єкта, імовірно, являє собою фрагменти еліпсів (правильних чи деформованих). Виходячи з цього припущення доцільно змістити факторний простір в бік очікуваних координат фокусів еліпсів і повторити планований експеримент.

Якщо у новому планованому експерименті зі скоригованим факторним простором контурні криві будуть мати характер замкнених кривих коло- чи еліпсоподібного виду (рис. 5.30), то координати їх центрів відповідають екстремумам (максимумам чи мінімумам), тобто фіксують оптимальні значення функції відгуку і режимних (чи конструктивних – в залежності від постановки мети і задач моделювання) параметрів.

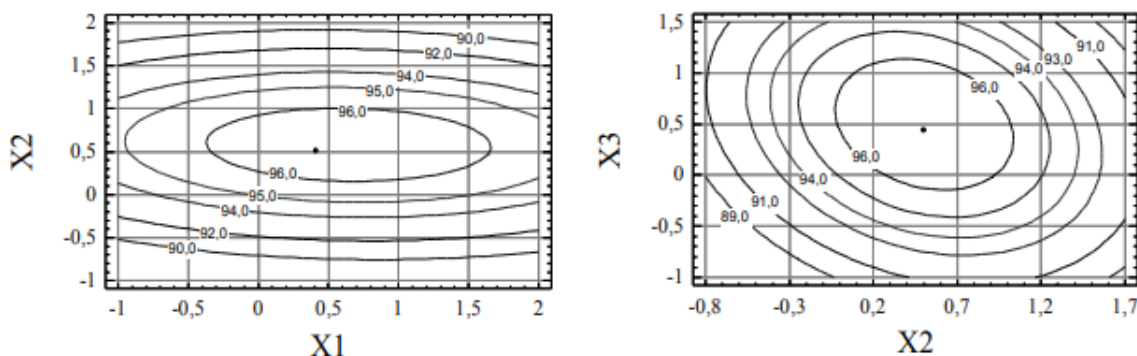


Рис. 5.30. Контурні криві гіперповерхонь у випадку коли первинно обраний або скоригований в процесі виконання планованого експерименту гіперпростір містить екстремуми цільової функції.

У цьому випадку мета оптимізації технічного об'єкта вважається досягнутою.

5.3. Оптимізація гідроелектричних агрегатів із застосуванням сплайн-функцій

Сплайн (англ. spline — планка, рейка) — функція, область визначення якої розбита на шматки, на кожному зі шматків функція є деяким поліномом (многочленом).

В задачах інтерполяції, інтерполяція сплайном краща, ніж інтерполяція многочленом, оскільки дає схожі результати навіть при менших степенях поліномів.

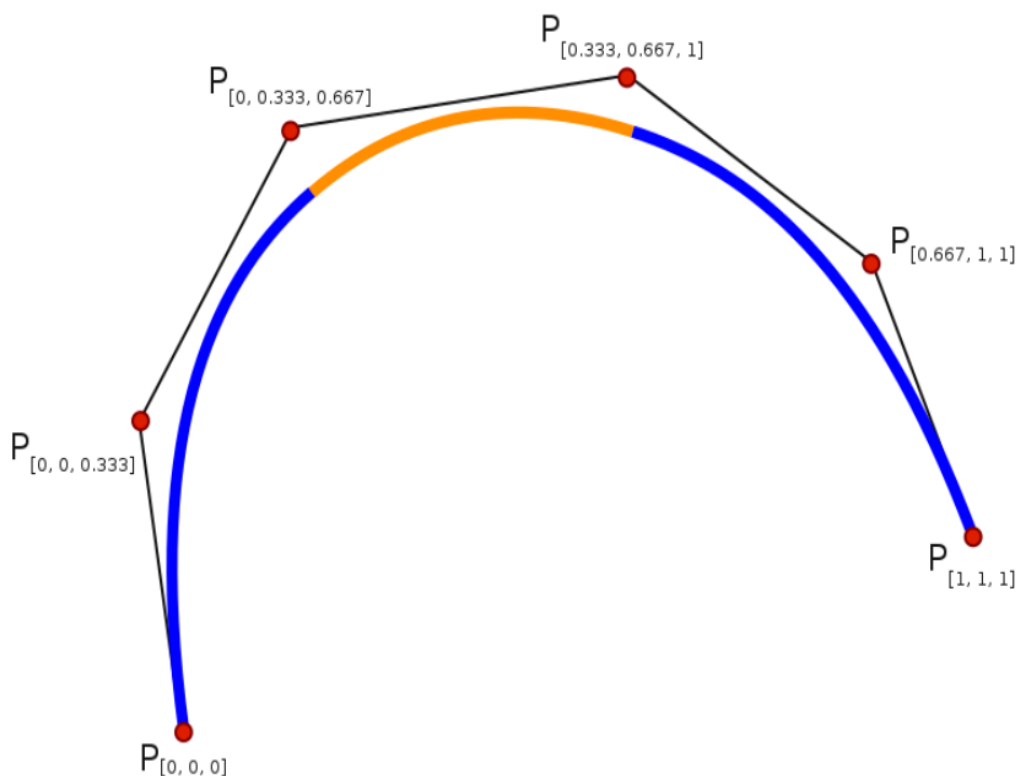


Рис. 5.31. Кубічний параметричний поліноміальний сплайн. Складається з трьох сегментів (виділені кольором), що описуються окремими кубічними поліномами.

Кубічний сплайн — гладка функція, область визначення якої розбита на скінченне число відрізків, на кожному з яких вона збігається з деяким кубічним многочленом.

Застосування сплайнів

Однак потенційні можливості сплайнів значно ширші ніж просто опис деяких кривих. В реальному світі велика кількість фізичних процесів за самою своєю природою є сплайнами. В механіці це деформація гнучкої

пластини чи стержня, зафіксованих в окремих точках; траєкторія руху тіла, якщо сила, що діє на нього змінюється ступінчато (траєкторія штучного космічного об'єкта з активними та інерційними відрізками руху, траєкторія руху літака при ступінчатій зміні тяги двигунів та зміні профілю крила тощо.). В термодинаміці це теплообмін в стрижні складеному з фрагментів з різною теплопередачею. В хімії — дифузія через шари різних речовин. В електриці — поширення електромагнітних полів через різнорідні середовища. Тобто сплайн в багатьох випадках є розв'язанням диференційних рівнянь, які описують фізичні процеси.

На рис 5.32 показано сплайн-функцію коефіцієнта корисної дії радіально-осьової турбіни (Гідроенергетика: курс лекцій. В.І. Будько та ін. КПІ. 2023).

Сплайн-функція визначає залежність ККД турбіни від зведених витрат і частот обертання.

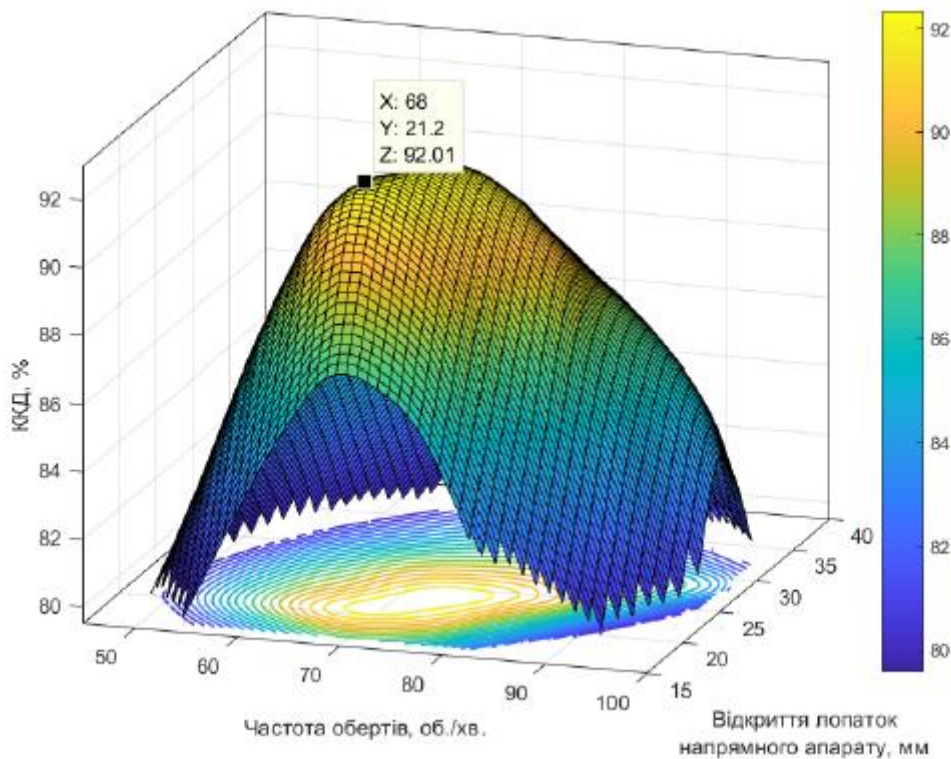


Рис 5.32. Сплайн-функція ККД радіально-осьової турбіни.

Проведення порівняльного аналізу властивостей різних типів турбін часто виконується шляхом представлення їх характеристик у відносних одиницях стосовно номінальних значень ($\eta/\eta_{\text{ном}}$, $Q/Q_{\text{ном}}$, $n/n_{\text{ном}}$, інші) — див. рис. 5.33.

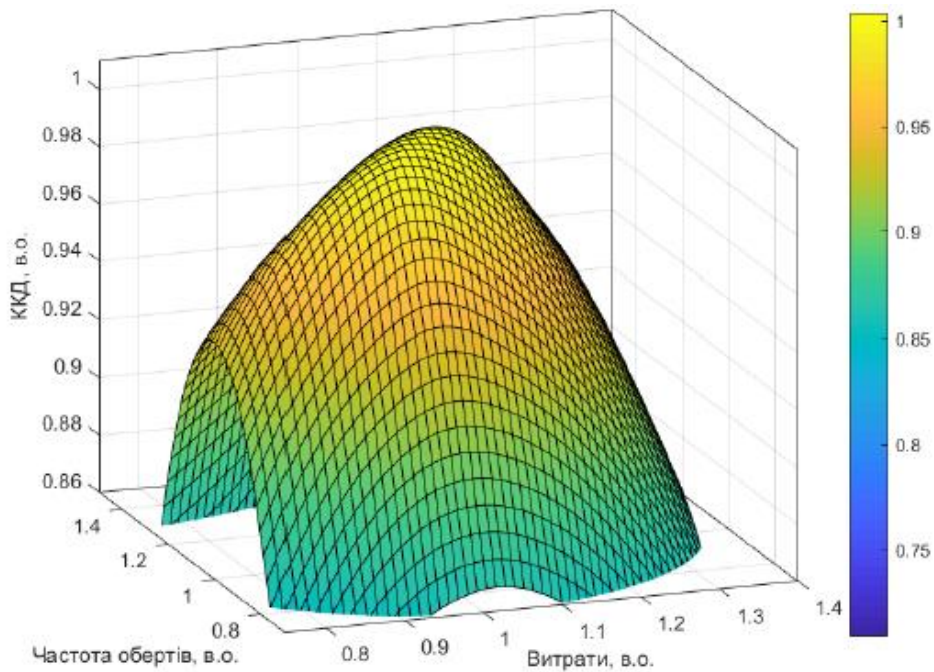


Рис. 5.33. Сплайн-апроксимація універсальної характеристики радіально-осьової турбіни у відносних одиницях

Для побудови лінійних характеристик на основі універсальної характеристики застосовується метод просторового перетину поверхонь (рис. 5.34).

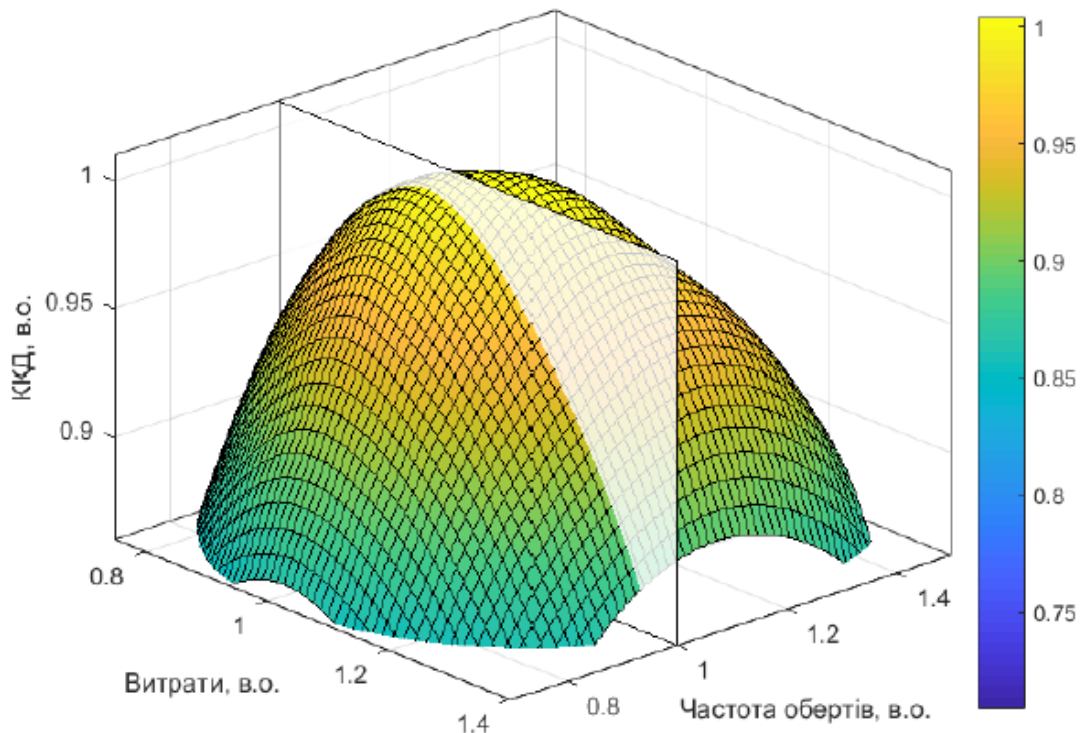


Рис. 5.34. Геометрична сплайн-інтерпретація системи рівнянь універсальної характеристики радіально-осьової турбіни за умови $n_i^1 = 1$.

Залежність, отримана в результаті перетину, показана на рис. 5.35.

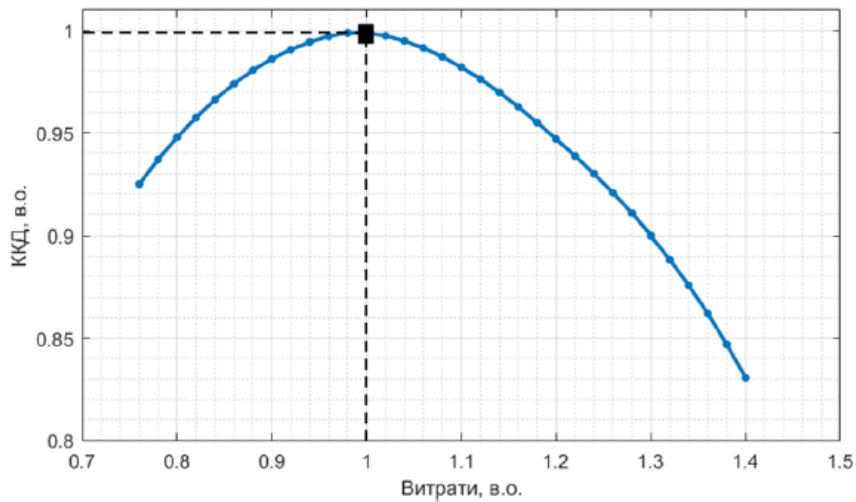


Рис. 5.35. Перетин двох просторових об'єктів $\eta = f_i(Q^1, n_i^1)$ за $n_i = 1$

Порівняльний аналіз однопараметричних залежностей можна виконати графічно, використовуючи рис. 5.36.

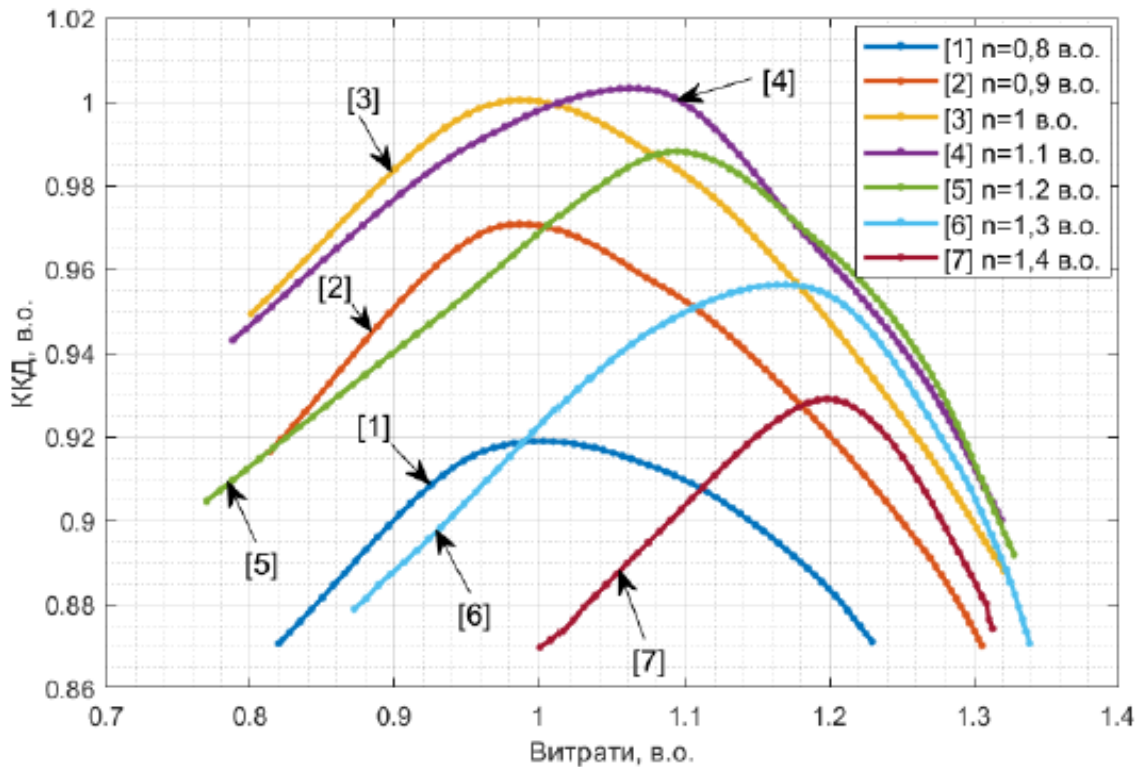


Рис. 5.36. Сімейство перетинів двох просторових об'єктів $\eta = f_i(Q^1, n_i^1)$ за $n_i^1 = 0,8, 0,9, \dots, 1,4$.

5.4. Оптимізація технічних об'єктів із застосуванням методу крутого сходження (метод Бокса — Вілсона)

Метод Бокса-Вілсона (англ. Box-Wilson method) — метод оптимізації об'єкту з використанням активного експерименту шляхом крутого сходження поверхнею відгуку (параметрів оптимізації) до оптимуму, суть якого полягає в наступному: рух у напрямі градієнта за наявності лінійного рівняння моделі здійснюється із центра експерименту послідовними кроками.

Припустимо, що на процес впливає тільки один фактор, тоді зміна параметра оптимізації y в залежності від фактора x може бути представлена графічно у вигляді кривої ab (рис. 5.37) і аналітично:

$$Y = f(X). \quad (5.5)$$

Така функція називається *функцією відгуку*, екстремум якої має координати x_{opt} і y_{opt} . При плануванні першої серії дослідів рівень фактора x_0 називається нульовим рівнем, Δx — інтервал варіювання, x_n — нижній рівень (кодується «-»), x_v — верхній рівень (кодується «+»). В результаті перших двох дослідів можна зробити висновок, що значення x необхідно збільшувати.

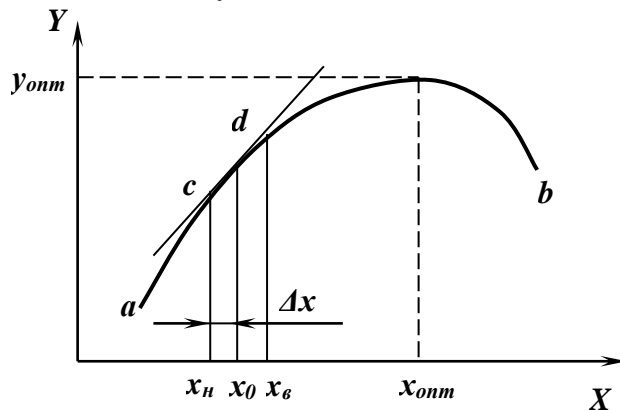


Рисунок 5.37. – Одномірна функція відгуку.

При двох факторах функція відгуку графічно може бути представлена як поверхня у тримірному просторі або рівнянням:

$$Y = f(X_1, X_2). \quad (5.6)$$

На рис. 5.38 нанесені криві рівного значення параметра оптимізації для двох змінних X_1 і X_2 .

При класичному методі спочатку дослідник фіксує змінну X_1 , рухається з точки O в напрямку змінної X_2 і визначає точку P , що відповідає екстремальному значенню параметра оптимізації. В точці P

фіксується змінна X_2 і починається рух у напрямку осі X_1 . Що дозволяє знайти точку Q . Знову фіксується X_1 і продовжується рух по X_2 і т.д. до досягнення оптимуму. Очевидно, що більш ефективним є план, за яким первісно визначається напрямок Q , а докладніше вивчення поверхні відгуку здійснюється в оптимальній області.

У випадку великого числа факторів графічне представлення функції неможливе, а загальний вигляд аналітичного рівняння, яке її описує:

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n). \quad (3.25)$$

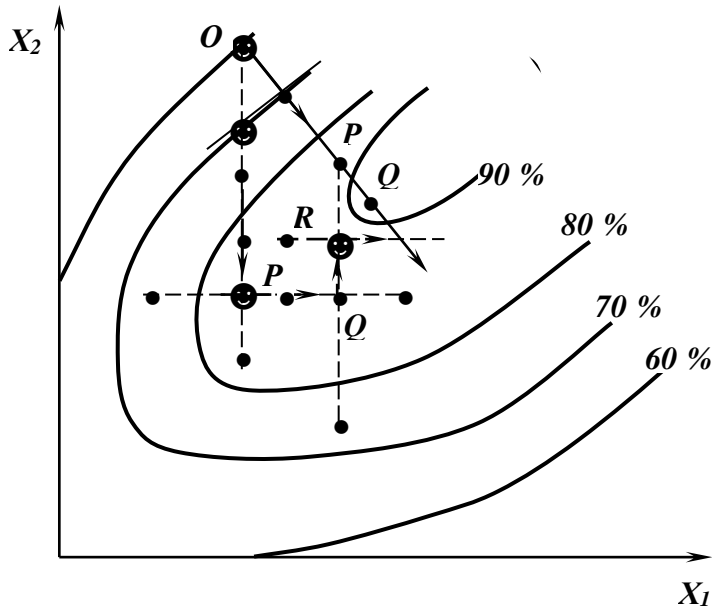


Рисунок 5.38 – Рух до максимуму поверхні відгуку методами однофакторного експерименту і крутого сходження.

Ефективність планування особливо відчутна при вивченні і моделюванні багатфакторних процесів.

Досліди повинні бути рандомізовані, тобто виконуватися у послідовності, яка встановлюється за допомогою таблиці випадкових чисел, або будь-якої процедури, що забезпечує випадковий характер проведення дослідів. Рандомізація дозволяє нівелювати систематичні (напр., періодичні) впливи факторів, що не контролюються.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

1. Назвіть суб'єктів наукової діяльності в Україні та коротко їх охарактеризуйте.
2. Розкрийте зміст понять «методологія» та «метод». Назвіть та наведіть коротку характеристику загальнонаукових методів, які використовуються на емпіричному та теоретичному рівнях дослідження.
3. Охарактеризуйте наукову проблему. Чи міститься вирішення проблеми в існуючому знанні?
4. Наведіть стисло характеристику об'єкта та предмета дослідження. Чи є правильним твердження, що об'єкт та предмет дослідження співвідносяться між собою як загальне та часткове?
5. Що таке програма дослідження? Які основні розділи вона має?
6. Що таке етап НДР і які основні етапи НДР ви знаєте? Коротко охарактеризуйте основні етапи НДР.
7. Що розуміють під інформаційним забезпеченням наукових досліджень? Яким чином проводять інформаційний пошук в бібліотеці?
8. У чому полягає сутність процесу побудови теоретичного знання? Надайте характеристику окремим стадіям теоретичного дослідження.
9. Дайте характеристику поняття «експеримент». Чим відрізняється експеримент від звичайного, щоденного, пасивного спостереження?
10. Які основні етапи включає традиційне експериментальне дослідження? Наведіть характеристику окремих етапів. Назвіть вимоги до проведення експерименту
11. Які координатні сітки використовують при графічному зображенні результатів експерименту? Доведіть доцільність використання нерівномірних функціональних координатних сіток.
12. Чим відрізняються емпіричні, аналітичні та апроксимуючі залежності? З яких етапів складається процес підбору емпіричних формул?
13. Які методичні прийоми викладання наукових матеріалів використовуються в науковій практиці? Який прийом набув найбільшого поширення?
14. Які основні композиційні елементи включає рукопис наукової праці? Назвіть основні рекомендації щодо підготовки наукової праці.
15. Що таке академічний етикет щодо тексту наукової роботи? Які особливості має науковий стиль?
16. На які структурні одиниці поділяється звіт з НДР? Охарактеризуйте їх.
17. Як правильно організувати колективне обговорення наукової проблеми?

18. Назвіть рівні впровадження результатів наукових досліджень. З яких стадій складається впровадження наукових досліджень у практику роботи підприємств? Дайте характеристику цим стадіям.
19. Що розуміють під ефектом наукових досліджень? Що розуміють під економічною ефективністю наукових досліджень?
20. Назвіть критерії ефективності праці окремих науковців та роботи науково-дослідної групи або організації.
21. Як здійснюється апробація і публікація результатів НДР?
22. Розкрийте сутність поняття «науковий колектив». У чому полягає відмінність наукового колективу від інших типів колективів?
23. Яким вимогам повинен відповідати науковий колектив, щоб претендувати на звання наукової школи?
24. Наведіть характеристику основних принципів організації роботи з людьми у науковому колективі.
25. Що таке конфлікт? Охарактеризуйте найбільш типові конфлікти у науковому колективі.
26. Дайте загальну характеристику способів і ресурсів оптимізації технічних об'єктів.
27. Розкрийте поняття: «Оптимізація технічних об'єктів із застосуванням планування експерименту».
28. Назовіть основні плани, які використовують при плануванні експерименту.
29. Опишіть алгоритм моделювання і оптимізації технічних об'єктів є використанням центральньо-композиційного ротатабельного плану.
30. Опишіть оптимізацію гідроелектричних агрегатів із застосуванням сплайн-функцій.
31. Оптимізація технічних об'єктів із застосуванням методу крутого сходження.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Арутюнов В. Х. Методологія соціально-економічного пізнання : навч. посібник / Арутюнов В. Х., Мішин В. М., Свінцицький В. М. – Київ : КНЕУ, 2005. – 353 с.
2. Баскаков А. Я. Методология научного исследования : учеб. Пособие / Баскаков А. Я., Туленков Н. В. – Киев : МАУП, 2004. – 216 с.
3. ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки Структура і правила оформлення.
4. Закон України Про наукову і науково-технічну діяльність Документ 848-VIII // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 2016. – № 3, ст. 25. – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19#Text>
5. Кодекс наукової етики (проект). – Київ : Українська федерація вчених; Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г. М. Доброва НАН України, 2005. – 8 с. – www.semynozhenko.net/ufv/files/kod_etiki.dok
6. Козьменко С. Н. Гамбургский счет : трилогия. – Кн. 1: Руководство по написанию и защите диссертаций / Козьменко С. Н. – Сумы : Университетская книга ; Деловые перспективы, 2007. – 352 с.
7. Комаров М. С. Основы научных исследований / М. С. Комаров. – Львов : Вища школа, Изд-во при Львов. ун-те, 1982. – 128 с.
8. Лудченко А. А. Основы научных исследований : учеб. пособие / Лудченко А. А., Лудченко Я. А., Примак Т. А. ; ред. А. А. Лудченко. – Киев : Знання, КОО, 2000. – 114 с.
9. Основи наукових досліджень. Організація самостійної та наукової роботи студента : навч. посібник / Я. Я. Чорненький, Н. В. Чорненька, С. Б. Рибак та ін. – Київ : ВД «Професіонал», 2006. – 208 с.
10. Основы научных исследований : учебник для техн. вузов / В. И. Крутов, И. М. Грушко, В. В. Попов и др. ; ред.: В. И. Крутов, В. В. Попов. – Москва : Высш. шк., 1989. – 400 с.
11. Рекомендація про статус науково-дослідницьких робітників / XVIII сесія Генеральної конференції Організації Об'єднаних Націй з питань освіти, науки і культури (ЮНЕСКО), 20.11.1974 р.
12. Типове положення з планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт : затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 20 липня 1996 р. № 830.
13. Шейко В. М. Організація та методика науково-дослідницької діяльності : підручник. – 2-ге вид., перероб. і доп. / Шейко В. М., Кушнарєнко Н. М. – Київ : Знання-Прес, 2002. – 295 с.
14. Данильян О. Г. Методологія наукових досліджень : підручник / О. Г. Данильян, О. П. Дзьобань. – Харків : Право, 2019. – 368 с.

15. Юринець В. Є. Методологія наукових досліджень : навч. посібник / В. Є. Юринець. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. – 178 с.
16. Лузан П. Г. Методологія та організація науково-педагогічних досліджень: підручник / Лузан П. Г., Сопівник І. В., Виговська С. В. – Київ : Міленіум, 2016. – 491 с.
17. Моркун В. С. Підготовка і захист дисертації на здобуття наукового ступеня у галузі технічних наук : інформ.-довідк. посіб. / В. С. Моркун, М. І. Ступнік, В. В. Тронь. – 110 с. –
<https://web.archive.org/web/20180417184314/http://knu.edu.ua/uploads/files/aspirantura/metod.pdf>
18. Карташов М. В. Імовірність, процеси, статистика / Карташов М. В. – Київ : ВПЦ Київський університет, 2007. – 504 с.
19. Гідроенергетика: курс лекцій: навч. посібник / уклад.: В. І. Будько, П. Ф. Васько, С. Т. Пазич / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 205 с.
20. Методологія наукових досліджень : підручник. / Білуха М. Т. – Київ : АБУ, 2002. – 480 с.
21. Методологія та організація наукових досліджень : конспект лекцій / уклад.: В. С. Білецький, О. А. Северин. – Полтава, 2014. – 113 с.
22. Задачі, методи та алгоритми оптимізації : навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. – 2-ге вид., перероб. / І. В. Бейко, П. М. Зінько, О. Г. Наконечний ; Київ. нац. ун-т ім. Тараса Шевченка. . – Київ : Київ. ун-т, 2012. – 799 с.
23. Любчак В. О. Комп'ютерна реалізація методів оптимізації : навч. посіб. для студ. та асп. фіз.-мат., інж. та екон. спец. / В. О. Любчак, Л. Г. Острівна ; Сумський держ. ун-т. — Суми : Видавництво Сумського держ. ун-ту, 2002. – 161 с.
24. Молодід О. К. Математичні методи оптимізації : навч. посібник / О. К. Молодід ; Нац. техн. ун-т України «Київ. політехн. ін-т». — Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – 204 с.
25. Григорків В. С. Оптимізаційні методи та моделі: підручник / В. С. Григорків. М. В. Григорків ; Чернів. нац. ун-т ім. Юрія Федьковича. – Чернівці : Рута, 2016. – 400 с.
26. Щепотьєв О. І. Теорія оптимізації : навч. посібник для студ. ВНЗ / О. І. Щепотьєв, А. В. Жильцов. – Київ : Компринт, 2017. – 241 с.

Навчальне видання

**МЕТОДОЛОГІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕХНІЧНИХ
ОБ'ЄКТІВ ТА ЇХ ОПТИМІЗАЦІЯ**

Навчальний посібник

Автор: Білецький Володимир Стефанович

Підписано до друку 12.09.2023 р. Формат 60x84 1/16.
Гарнітура Times New Roman. Папір офсетний. Ум.-друк. арк. 4,5.
Обл.-вид. арк. 4.
Тираж 100 прим.

Видавець:
ФОП Халіков Руслан Халікович,
Св. № ДК, № 5346 від 17.05.2017
e-mail: halikoffr@gmail.com