

631.171

М

**Міністерство освіти і науки України
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний інститут ім. Ю.М. Потебні ЗНУ**

В.Л. Коваленко

ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичних робіт**

**для студентів ЗНУ,
що навчаються за спеціальностями
галузі знань 14 "Електрична інженерія"
денної та заочної форми навчання**

**Запоріжжя
2023**

**Міністерство освіти і науки України ЗАПОРІЗЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний інститут ім. Ю.М. Потебні ЗНУ**

**ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання практичних робіт
для студентів ЗНУ,
що навчаються за спеціальностями
галузі знань 14 "Електрична інженерія"
денної та заочної форми навчання**

Рекомендовано до
видання на засіданні
кафедри ЕІКФС, протокол
№ 1 від 06.09.2023 р.

Запоріжжя
ЗНУ 2023

УДК 621.3.02
К

В.Л. Коваленко, д.т.н., доцент

Відповідальний за випуск: *зав. кафедри ЕІКФС*

Коваленко В.Л.

Основи наукових досліджень: Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів ЗНУ що навчаються за спеціальностями галузі знань 14 "Електрична інженерія" денної та заочної форми навчання / Коваленко В.Л. – Інженерний інститут ім. Ю.М. Потебні ЗНУ. – Запоріжжя: ЗНУ, 2023. – 30 с..

З М І С Т

<u>Заняття 1</u>	МЕТОДИКА ПОШУКУ ІНФОРМАЦІЇ	7
<u>Заняття 2</u>	СТРУКТУРА БЮЛЕТЕНЯ ВІНАХОДІВ. ФОРМУЛА ВІНАХОДУ	13
<u>Заняття 3</u>	СТРУКТУРА ТА СКЛАДАННЯ ЗАЯВКИ НА ВІНАХІД. СКЛАДАННЯ ФОРМУЛИ ВІНАХОДУ..	16
<u>Заняття 4</u>	СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ БАГАТОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ	20
<u>Заняття 5</u>	ПЕРЕВІРКА ЗНАЧИМОСТІ КОЕФІЦІЄНТІВ РЕГРЕСІЇ ...	23
<u>Заняття 6</u>	МАТЕМАТИЧНА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ	28

ЗАНЯТТЯ 1

Тема: МЕТОДИКА ПОШУКУ ІНФОРМАЦІЇ

Мета заняття: Ознайомити студентів з технікою роботи з інформаційними матеріалами бібліотеки, міжнародною системою класифікації винаходів і методам пошуку патентної інформацію.

Виконання роботи

Рушійна сила розвитку суспільства - це науково-технічний прогрес.

Науково-технічний прогрес являє собою взаємообумовлений процес розвитку науки і техніки, що дозволяє людині впливати на навколишнє середовище для одержання матеріальних і духовних благ.

Наука – це безупинно розвиваюча система знань про суспільні закони природи, суспільства і мислення, що створюється і перетворюється в безпосередню практичну силу суспільства в результаті спеціальної діяльності людей і установ.

Вибір теми, формування задач наукових досліджень

У науково – дослідницькій роботі розрізняють наукові напрямки, проблеми і теми.

Науковий напрямок – сфера наукових досліджень наукового колективу, присвячених рішенням яких-небудь великих фундаментальних теоретично-експериментальних задач у визначеній галузі науки.

Проблема – складна наукова задача, що охоплює значну область досліджень і має перспективне значення.

Тема – це наукова задача, що охоплює визначену область наукового дослідження.

Характерною рисою розвитку сучасної науки є бурхливий ріст нових наукових даних, одержуваних у результаті досліджень.

Щорічно у світі видаються мільйони книг, журналів і інших видань, що несуть науково-технічну інформацію, по різних напрямках народного господарства.

Задача інженерно-технічних працівників уміти користатися цією літературою, але саме головне - уміти знайти необхідну інформацію.

Люди, що вирішили присвятити свою діяльність науці, повинні крім цього серед безлічі проблем та тем знайти своє, так сказати, місце в науці.

Цим визначається тема наукової праці.

Пошук інформації

Після вибору і техніко-економічного обґрунтування теми роблять інформаційний пошук (сукупність операцій, спрямованих на відшукування літератури по розроблювальній темі).

Мета пошуку - всебічний аналіз інформації з теми, висвітлення стану питання.

Пошук включає два етапи: відшукування необхідної інформації і пророблення джерел.

Інформаційний пошук здійснюється за допомогою інформаційно-пошукової мови ІПМ. Він являє собою с е м а н т и ч н у (значеннєву) систему символів і правил їхнього сполучення. В інформаційно-пошуковій системі застосовують різні варіанти ІПМ.

В даний час найбільше поширення одержала універсальна десятична класифікація документів інформації (УДК). Така система використовується й у нашій бібліотеці.

Серед джерел інформації розрізняють два види джерел (рисунок 1).

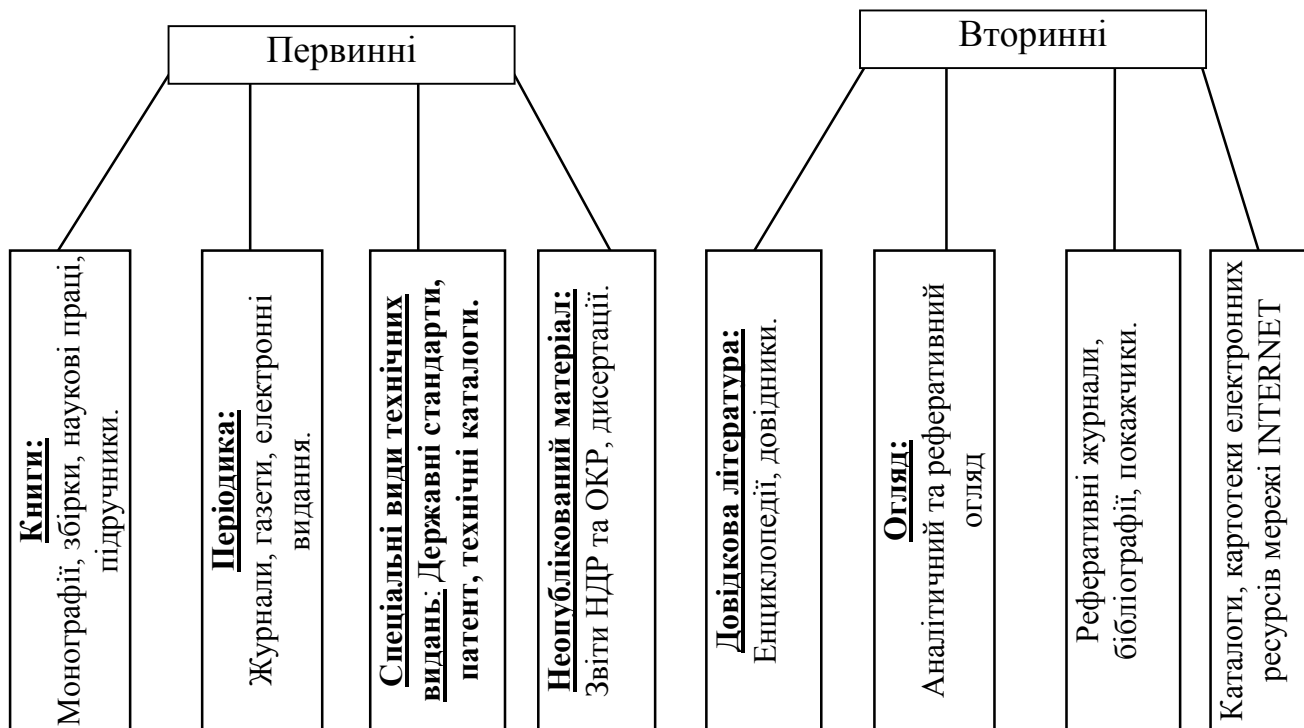


Рисунок 1 – Класифікація джерел інформації.

Основним допоміжним засобом у пошуку літератури служать каталоги і картотеки.

Головна функція каталогів і картотек - можливість швидкого одержання довідок про наявні в бібліотеці книгах, наукових працях і т.д.

Довідково-пошуковий апарат (ДПА) має структуру яка приведена на рисунку 2.

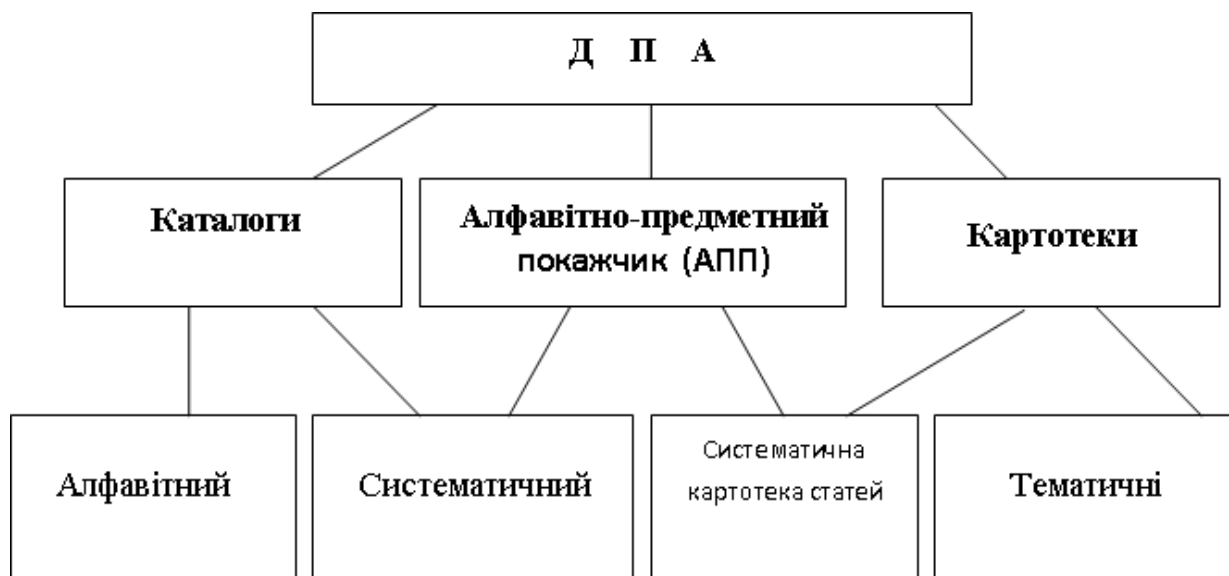


Рисунок 2 – Структура ДПА

Алфавітний каталог. У ньому витриманий загальний алфавітний порядок. Книги, що вписуються, розставлені за алфавітом прізвищ чи авторів за алфавітом заголовків, якщо авторів більше трьох. Якщо книга являє собою збірник самостійних статей інших авторів, то за алфавітом назв організації, що видає.

У бібліотеці задіяні чотири розділи з десяти. Систематичний каталог УДК

0 - загальний відділ

5 - Математика. Природничі науки.

6 - Прикладні науки. Медицина. Техніка.

91 - Географія.

У систематичному каталозі по цим відділам література розташована по профілі вузу.

Деякі приклади:

62 - Інженерна справа

621.3 - Електротехніка

63 - Сільське господарство. Лісове господарство. Полювання. Рибальство.

631.3.52 - Автоматизація й електрифікація сільського господарства.

Патентна інформація

Існує два охоронних документи на винаходи:

- патенти;
- авторські свідоцтва.

Патент надає право його власнику по особистому розсуді розпоряджатися своїм винаходом аж до продажу цього права. Зберігає за власником його право протягом 15...20 років, після чого предмет патенту вважається відкритим для загального користування. Авторське посвідчення лише засвідчує авторське право на винахід. Патенти, авторські свідоцтва країн колишнього союзу і друкувалися в спеціальних реферативних журналах (бюлетенях), на винахід – закордонних країн світу видавалися тільки патенти, що друкувалися у відповідних реферативних журналах.

Уся ця інформація друкувалася в бюлетенях відповідно до загальноприйнятої міжнародної класифікації винаходів МКВ.

В основі МКВ - лежить німецька система.

Відповідно до МКВ усі винаходи попадають в один з 8 (восьми) розділів, позначених латинськими заголовними буквами:

A - задоволення життєвих потреб людини

B - різні технологічні процеси

C - хімія, металургія

D - текстиль, папір

E - будівництво, гірська справа

F - механіка, висвітлення

G - фізика

H – електрика.

Кожен розділ має класи.

Наприклад:

A01 - Сільське господарство; лісове господарство; тваринництво...

A21 - Хлібопечення; борошняні вироби.

A22 - Скотобійна справа; переробка м'яса.

A23 - чи їжа харчові продукти; їхня обробка.

A44 - Галантерея; ювелірні вироби.

A61 - Медицина і ветеринарія, гігієна.

A63 - Спорт; гри; масові розваги.

Класи мають підкласи. Наприклад:

A01d; A010 ; A01b и т. Д.

A010 - обробка ґрунту в сільському і лісовому господарствах; деталі і принадлежности с/г машин і знарядь.

A01y - ґрунтообробні знаряддя;

A01d - збиральні машини ;

Підкласи мають свої групи:

A01/ має групи:

1/00 - ручні знаряддя;

3/00, 5/00, 9/00, 11/00 - плуги і т.д.

Група містить підгрупи. Наприклад:

група 21/00 - Борони

21/00 - борони з обертовими без приводними робочими органами.

21/02 - з робочими органами у виді зубів і т.д.

Відповідно до цим охоронний документ по боронах у виді зубів може бути записаний у МКВ в такий спосіб:

A01 у 21/02.

Тепер, знаючи яким чином патенти, авторські свідоцтва позначаються в бюлетенях, кожний з Вас (студентів) повинний знайти по одному винаходу з розділів A; Y; Z; F; G; H і записати короткий його опис до себе в зошит.

Контрольні питання

1. Види джерел інформації.
2. Довідково-пошуковий апарат.
3. Міжнародна система класифікації винаходів.

ЗАНЯТТЯ 2

Тема: СТРУКТУРА БЮЛЕТЕНЯ ВІНАХОДІВ. ФОРМУЛА ВІНАХОДУ.

Мета заняття: Навчити студентів користуватися матеріалами бюлетенів винаходів, знаходити за винаходом його аналог, прототип, ознайомити студентів із структурою формули винаходу.

Виконання роботи

Міжнародної класифікації винаходів (МКВ) охоплює всі області знань, об'єкти яких можуть підлягати захисту охоронними документами. МКВ розділена на вісьмох розділів.

Для визначення класу винаходу використовують алфавітно-предметний показник (АПП) до МКВ, у якому по ключовому слову можна визначити індекс розділу, клас і підклас.

Потім користаючись показником класів винаходів до МКВ, визначаємо точний клас до групи і підгрупи. Потім у збірнику БВ знаходимо даний винахід по систематичному показнику, що відповідає знайденому класу. Після чого в збірнику по цьому номері знаходимо аналог у який вибираємо прототип.

Перебування аналогів і прототипів по наявному винаходу:

Аналоги - відомі технічні рішення, призначені для виконання тієї ж задачі, що і досліджуване рішення, і, отже відповідає йому за призначенням.

Прототип - технічне рішення, що відповідає досліджуваному по призначенню і найближче по ознаках.

Завдання №1

Пропонується визначити клас винаходу по запропонованій тематиці. Користаючись бюлетенями, виявити не менш 3-х аналогів і вибрати з них прототип.

Складання формули винаходу

Призначення. У формулі винаходу приводиться характеристика винаходу, що виражає його сутність і служить для визначення обсягу правової охорони, що представляється патентом.

Структура. Формула винаходу може бути одноланковою чи багатоланковою і включати відповідно один чи кілька пунктів.

Формула винаходу викладається у виді однієї пропозиції.

Формула винаходу складається з двох частин - обмежувальної і відмітний.

В обмежувальній частині формули, до слів “яка відрізняється тим, що”, вказуються ознаки загальні прототипу і винаходу, що заявляється.

У відмітній частині формули вказуються ознаки відмінні від прототипу.

Завдання №2

1. Щуп з розподілом для виміру рівня рідини при роботі з летучими рідинами швидко висихає. Якщо на рівні розподілів у щупі просвердлити невеликі отвори, рідина, що потрапила в ці отвори, буде випаровуватись повільніше.

Формула винаходу

Щуп, який складається із пластини з розподілами, що відрізняється тим, що в пластині на рівні розподілів просвердлені отвори.

2. Гірлянди ялинкової мішури звичайно виготовляють із блискучих смуг з поперечними надрізами з однієї сторони. Мішуру можна зробити більш пухнатої, якщо виконати надрізи під кутом 45° до осі смуги.

Формула винаходу

Гірлянди ялинкової мішури, що складаються з блискучих смуг з надрізами з одного боку, відрізняються тим, що надрізи виконані під кутом 45°C до осі смуги.

3. Запропоновано ополоник з убудованими в ручках термометрами, які встановлені таким чином, що їх чутливий кінець сполучається з ємністю ополоника.

Формула винаходу

Ополоник, що складається з ручки з закріпленої на її кінці ємністю, відрізняється тим, що в ручці убудований термометр Установлений з можливістю повідомлення його чутливого кінця з ємністю.

Завдання №3

За індивідуальним завданням самостійно скласти формулу винаходу.

Контрольні питання

1. Знаходження винаходу відповідно до системи Міжнародної класифікації винаходів (МКВ).
2. Вибір аналогів і бюлетень винаходів (БВ).
3. Вибір прототипу по БВ.
4. Складання формули винаходу.

ЗАНЯТТЯ 3

**Тема: СТРУКТУРА ТА СКЛАДАННЯ ЗАЯВКИ НА ВІНАХІД.
СКЛАДАННЯ ФОРМУЛИ ВІНАХОДУ.**

**Мета заняття: Ознайомлення студентів із правилами складання
заявки на винахід. Навчити студентів складати формулу винаходу.**

Виконання роботи

Охоронним документом на винахід є патент. Патент діє з часу реєстрації винаходу в Державному реєстрі винаходів України, але не більш 20 років з дати надходження заявки в Держпатент України.

Для одержання патенту подається заявка.

Право подачі заявки має:

- автор винаходу, законний спадкоємець чи автора фізична особа, що одержали від чи автора його спадкоємця право на подачу заявки на договірній основі;
- роботодавець автора (за певних умов).

Заявка на винахід повинна містити:

- заява про видачу патенту з вказівкою автора (співавторів) винаходу і заявника, їхні місця проживання чи місцезнаходження і підстави для подачі заявки заявником, якщо автор (співавтори) і заявник різні;

- опис винаходу, що розкриває його з повнотою, достатньої для розуміння;
- формулу винаходу, що виражає його сутність і цілком засновану на описі;
- креслення й інші ілюстровані матеріали, якщо вони необхідні для розуміння сутності винаходу;

- реферат.

Заявка на винахід повинна містити документ, що підтверджує сплату мита у встановленому чи розмірі звільнення від сплати мита, або наявність основ для зменшення її розміру.

Заява про видачу охоронного документа подається українською мовою. Інші документи подаються на українській чи іншій мовах.

Опис винаходу.

Структура опису:

Область техніки, до якої відноситься винахід.

Рівень техніки.

Сутність винаходу й суттєві відмінності

Перелік фігур, креслень.

Відомості, що підтверджують можливість здійснення винаходу.

Зміст розділів опису

Область техніки - вказується область застосування винаходу .

Рівень техніки - приводяться зведення про аналог і прототип.

Аналог винаходу - це відоме до дати пріоритету засіб того ж призначення, сукупність ознак якого подібна із сукупністю істотних ознак винаходу.

Прототип - це аналог винаходу, найбільш близький до нього по сукупності ознак.

Сутність винаходу й суттєві відмінності

Виражається в сукупності істотних ознак, достатніх для досягнення забезпечуваного винаходом технічного результату.

Відомості, що розкривають сутність винаходу.

Тут докладно розкривається задача, на рішення якої спрямований винахід, що заявляється.

Розкриття задачі включає:

вказівка об'єкта, що піддається удосконаленню;

вказівки удосконалення, внесені в об'єкт;

зазначення технічного результату від здійснення винаходу.

По можливості варто вказати споживчі властивості об'єкта, зв'язані з технічним результатом.

Наприкінці - Підпис.

Формула винаходу.

Формула винаходу (Ф.В.) може бути двох видів:

- Одноланкова застосовується для характеристики одного винаходу сукупністю істотних ознак, що не має чи розвитку уточнення стосовно до окремих випадків його чи виконання використання.

- Багатоланкова застосовується для характеристики одного винаходу з розвитком та (чи) уточненням сукупності його істотних ознак стосовно до окремих випадків чи виконання використання чи винаходу для характеристики групи винаходів.

Складання ФВ.

Ф.В. викладається у виді логічного визначення винаходу сукупністю всіх його існуючих ознак.

Ф.В. викладається у виді однієї пропозиції.

Наприкінці - Підпис.

Ф.В. підписується заявником чи уповноваженою на це особою.

Креслення й інші матеріали.

- Представляються, коли необхідні для розуміння сутності винаходу (просторове положення елементів винаходу, взаємодія блоків, графіки).

- Узгоджуються з ФВ та описом.
- Нумерація позицій та пояснювальний текст відповідає послідовності

застосування та назвам у ФВ та опису.

У правому верхньому куті кожного листа графічних матеріалів указують назва винаходу. У правому нижньому куті - прізвище (прізвища) та ініціали автора (співавторів) винаходу.

Реферат.

Він являє собою скорочений виклад змісту опису винаходу, що включає назва винаходу, характеристику області техніки, до якої відноситься винахід, і/чи область його застосування.

Середній обсяг тексту реферату до 1000 друкованих знаків.

Контрольні питання

1. Структура та зміст заявки.
2. Призначення, структура та зміст опису винаходу.
3. Складання формули винаходу.
4. Креслення та інші матеріали.
5. Реферат.

ЗАНЯТТЯ 4

Тема: СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ БАГАТОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ.

Мета заняття: Ознайомлення та засвоєння студентами обробки результатів експерименту з користуванням законів статистики.

Виконання роботи

Після того, як складений план проведення багатофакторного експерименту, проводимо безпосередньо експеримент і зводимо первинні вихідні дані в таблицю 1.

Таблиця 1 - Частка вільного зерна до врожаю, %

№ повторностей	Номер дослідів							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	86,6	90,3	75,8	75,0	77,6	81,9	64,8	66,8
2	80,4	86,8	76,1	77,4	72,0	82,5	57,6	67,0
ср.	83,5	88,6	75,9	76,2	74,8	82,2	61,2	66,9

Наступним етапом йде побудова математичної моделі рівняння, що описує технологічний процес виділення вільного зерна з обчесаної купи.

Математична модель рівняння регресії типу 3^2 у загальному виді для нашого експерименту з трьома факторами X_1, X_2, X_3 .

$$y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + b_{23} \cdot X_2 \cdot X_3 + b_{123} \cdot X_1 \cdot X_2 \cdot X_3,$$

де b_0 - вільний член, рівний відклику при усіх $X=0$;

b_1, b_2, b_3 - коефіцієнти регресії відповідних факторів, які вказують вплив того чи іншого фактора на об'єкт, котрий досліджується ;

$x_1; x_2; x_3$ - значення факторів, знак $+$ характеризує вплив даного фактора на параметр оптимізації.

Після складання рівняння коефіцієнти регресії за формулами:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y_u \cdot x_{0i}, \quad b_u = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N y_u \cdot x_{ui}$$

де N – кількість незалежних дослідів;

y_u – середнє значення результатів двох повторностей за кожним дослідом таблиці 2.

Приклад:

$$b_0 = \frac{609,16}{8} = +76,145, \quad b_1 = \frac{-18,4}{8} = -2,3$$

$$b_2 = \frac{49,0}{8} = +6,13 \quad b_3 = \frac{39,3}{8} = +4,91$$

$$b_{12} = \frac{-6,6}{8} = -0,825, \quad b_{13} = \frac{7,6}{8} = +0,95$$

$$b_{22} = \frac{-9,0}{8} = -1,12 \quad b_{23} = \frac{-3,1}{8} = -0,388$$

За критерієм Кохрена перевіряємо відтворюваність дослідів.

$$G_p = \frac{S^2 \cdot u_{\max}}{\sum_{m=1}^N S_u^2} \leq G_T(0,05; f_u; f_n)$$

де $S^2 \cdot u_{\max}$ - максимальне значення строкової дисперсії з N дослідів.

Дисперсія характеризується розсіюванням результатів дослідів.

$$S_u^2 = \frac{\sum_{m=1}^N (y_{ui} - \bar{y}_{ui})}{m-1} = \frac{(y_{u1} - \bar{y}_u)^2 + (y_{u2} - \bar{y}_u)^2}{m-1}$$

де m – кількість однакових дослідів;

n – кількість повторюваностей кожного досліду;

0,05 - 5% -й рівень значимості;

f_n – кількість незалежних оцінок дослідів;

$f_u = m-1$ – кількість ступенів свободи.

Якщо $G_p \leq G_T$ – досліді вважаються відтворюваними.

Приклад:

$$G_p = \frac{25,92}{76,2} = 0,34, \text{ отже } G_p \leq G_T(0,05; f_n; f_u)$$

$$S^2 \cdot u_{\max} = 25,92$$

$$\sum_{m=1}^N S_u^2 = 76,2$$

$$G_T = 0,68$$

Отже, дисперсії всіх досвідів однорідні і можна обчислити похибку дослідів.

Таблиця 2 - Матриця планування та результати багатofакторного експерименту типу 3^2

№ п/п	X_0	X_1	X_2	X_3	$X_{1 \cdot}$ X_2	$X_{1 \cdot}$ X_3	$X_{2 \cdot}$ X_3	$X_{1 \cdot}$ $X_{2 \cdot}$ X_3	Вектор відклику					
									y_{u1}	y_{u2}	$\bar{y}_u$	S_u^2	$\hat{y}_u$	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
1	+	+	+	+	+	+	+	+	86,6	80,4	83,5	19,22	84,86	1,9321
2	+	-	+	+	-	-	+	-	90,3	86,8	88,6	12,25	88,49	0,0121
3	+	+	-	+	-	+	-	-	75,8	76,1	75,9	0,045	72,63	10,6929
4	+	-	-	+	+	-	-	+	75,0	77,4	76,2	2,88	77,23	1,0609
5	+	+	+	-	+	-	-	-	77,6	72,0	74,8	15,68	75,07	0,0729

№ п/п	X_0	X_1	X_2	X_3	$X_1 \cdot X_2$	$X_1 \cdot X_3$	$X_2 \cdot X_3$	$X_1 \cdot X_2 \cdot X_3$	Вектор відклику					
									y_{u1}	y_{u2}	$\bar{y}_u$	S_u^2	$\hat{y}_u$	$(y_i - \hat{y}_i)^2$
6	+	-	+	-	-	+	-	+	81,9	82,5	82,2	0,18	79,67	6,4009
7	+	+	-	-	-	-	+	+	64,8	57,6	61,2	25,92	62,82	2,5921
8	+	-	-	-	+	+	+	-	66,8	67,0	66,9	0,02	67,41	0,3721
Σ												76,2	608,18	23,136

Контрольні питання

1. Обробка первинних вихідних даних.
2. Розрахунок коефіцієнтів регресії.
3. Перевірка відтворюваності дослідів.

ЗАНЯТТЯ 5

Тема: ПЕРЕВІРКА ЗНАЧИМОСТІ КОЕФІЦІЄНТІВ РЕГРЕСІЇ.

Мета заняття: Навчити студентів виконувати математичну обробку результатів експерименту.

Виконання роботи

Після обчислення коефіцієнтів регресії математичної моделі рівняння, перевіряється їхня значимість .

Оцінка значимості коефіцієнтів виконується за допомогою критерію Ст'юдента.

Коефіцієнт вважається значимим, якщо розрахункове значення критерію Ст'юдента чи більше дорівнює табличному значенню.

$$t_{\text{розрах.}} \geq t_{\text{табл.}}$$

Розрахункове значення визначається за формулою:

$$t_{\text{розрах}} = \frac{|b_i|}{S_{bi}}$$

де b_i – розраховане значення коефіцієнту регресії, прийняте за модулем;

S_{bi} – квадратична похибка коефіцієнту регресії.

$$S_{bi} = \sqrt{\frac{S_a^2}{N \cdot m}}$$

де S_a^2 - середнє значення по строковій дисперсії

$$S_a^2 = \sum \frac{S_u^2}{N}$$

де N – кількість дослідів;

m - кількість повторностей дослідів.

Таким чином:

$$S_a^2 = \frac{76,2}{8} = 9,52;$$

$$S_{bi} = \sqrt{\frac{9,52}{8 \cdot 2}} = 0,77.$$

$$t_{b0} = \frac{76,145}{0,77} = 98,89,$$

$$t_{b1} = \frac{2,3}{0,77} = 2,99,$$

$$t_{b2} = \frac{6,13}{0,77} = 7,961,$$

$$t_{b1} = \frac{4,91}{0,77} = 6,37,$$

$$t_{b12} = \frac{0,825}{0,77} = 1,67,$$

$$t_{b13} = \frac{0,95}{0,77} = 1,23,$$

$$t_{b22} = \frac{1,12}{0,77} = 1,455,$$

$$t_{b23} = \frac{0,275}{0,77} = 0,357,$$

при $t_{\text{розрах}} \geq t_{\text{табл}}$. Значущі коефіцієнти b_0 ; b_1 ; b_2 ; b_3 .

У даному випадку рівняння, котре описує даний критерій оптимізації, у кінцевому варіанті матиме вигляд:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3$$

або

$$\hat{y} = 76,145 - 2,3 \cdot x_1 + 6,13 \cdot x_2 + 4,91 \cdot x_3.$$

Отримане рівняння перевіряємо на адекватність.

Рівняння буде вважатися адекватним, якщо критерій $F_{\text{розрах}}$ (критерій Фішера) менше за $F_{\text{табл}}$. $F_{\text{табл}}$ беремо з [1], і приймаємо $F_{\text{табл}} = 3,8$.

$F_{\text{табл}}$ обираємо в залежності від числа ступенів свободи $f_1 = N = 8$ та $f_2 = N - 1$, де 1 - кількість значущих коефіцієнтів.

Отже: $f_1 = 8$; $f_2 = 8 - 4 = 4$;

Розрахункове значення:

$$F_{\text{розрах}} = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_{\text{а}}^2},$$

$$S_{\text{а}}^2 = \frac{\sum S_{\text{u}}^2}{N},$$

$$S_{\text{а}}^2 = \frac{76,2}{8} = 9,529$$

Середнє значення по строковій дисперсії див. вище.

Дисперсія адекватності:

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{m}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (\bar{y} - \hat{y})^2,$$

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{2}{8-4} \cdot 23,136 = 11,568$$

тоді

$$F_{\text{розрах}} = \frac{11,568}{9,529} = 1,214,$$

а відповідно $F_{\text{розрах}} \leq F_{\text{табл}}$. Значення рівняння адекватно.

Відповідно до методики планування і проведення багатofакторного експерименту ми можемо на цьому етапі закінчити експерименти, винести рекомендації з використання результатів експерименту.

Контрольні питання

1. Визначення значимості коефіцієнтів регресії за допомогою критерію Ст'юдента.
2. Визначення адекватності рівняння за допомогою критерію Фішера.
3. Висновок.

ЗАНЯТТЯ 6

Тема: МАТЕМАТИЧНА ОБРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ.

Мета заняття: Ознайомлення з методами математичної обробки експериментальних даних.

Теоретичні відомості

В роботі в якості характеристики експериментальних даних використовуються два типи показників: які характеризують вибірку та відповідність експериментальних даних закону нормального розподілення.

До першого типу можна віднести:

- Середнє арифметичне – вказує центр розподілу, близько якого групуються результати окремих вимірювань не дивлячись на те, що існують різні варіанти розрахунків середніх значень (середнє арифметичне, середнє геометричне, середнє логарифмічне, середнє гармонійне і т.д.), частіше за все, якщо це не зумовлено додатковими вимогами вимірювань або властивостями об'єкту, використовується середнє арифметичне. Крім того, це зумовлено, що на відміну від більшості альтернативних середніх, середнє арифметичне, при збільшенні кількості спостережень завжди наближається до невідомого значення математичного очікування, незалежно від функції розподілу випадкової величини.
- Дисперсія – міра відхилення значень від середнього. Оскільки відхилення у більшу (додатні) та меншу (від'ємну) сторону від середнього можуть бути рівномірними, то їх арифметична сума може бути рівною нулю, незалежно від розмаху відхилень. Щоб виключити таку ситуацію використовують квадратні відхилення.

- Стандартне відхилення (середнє квадратичне) – отримують як корінь квадратний від значення дисперсії. Даний показник частіше ніж дисперсію використовують на практиці, тому що, для прикладу, у випадку використання дисперсії для приведення розмаху довжини, мірою розмаху опиниться площа. Це один з тих випадків коли придатний для розрахунків математичний прийом непридатний для логічного сприйняття результатів.

До другого типу відносимо:

- Асиметрія – виступає мірою скоса кривої розподілення. Ідеальний розподіл значень, я кого рівноймовірні як додатні, так і аналогічні від’ємні відхилення від середнього, буде мати симетричну криву ймовірності. Показник асиметрії буде рівний нулю ($A=0$).
- Екссес – міра гостроти вершини максимальної ймовірності.

Визначення якості керування

В лабораторній роботі висновок о якості керування надається при порівнянні експериментальних даних із законом нормального розподілу.

Для перевірки відповідності експериментальних даних нормальному розподілу використовуємо χ^2 -квдрат (χ^2)критерій.

Оскільки емпіричний розподіл не завжди повністю відповідає нормальному розподілу, часто потрібно з’ясувати, сильно чи слабо розходяться емпіричні і теоретичні ряди. З цією метою розраховується χ^2 .

Величина χ^2 визначається за відомою формулою:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(n_{\phi} - n_{\tau})^2}{n_{\tau}},$$

де n_{ϕ} , n_{τ} – відповідно, частоти емпіричного і теоретичного ряду.

Як бачимо, критерій χ^2 -квдрат являє собою суму відношень між квадратами різниць емпіричних і теоретичних частот до теоретичних частот.

Якщо при вибраному рівні ймовірності обчислені значення χ^2 перевищують табличні, емпіричний розподіл не відповідає нормальному.

Виконання роботи

Для того, щоб при заданому рівні значимості перевірити гіпотезу при нормальний розподіл генеральної сукупності, необхідно виконати обчислювальну роботу за такими етапами:

- Представити у вигляді інтервального ряду.
- Розрахувати вибіркове середнє і вибіркове середнє квадратичного відхилення.
- Обчислення $t = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$ та $f(t) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \cdot \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ (інтеграл ймовірності - додаток А).
- $p_i = f(t_i) - f(t_{i-1})$, при обчисленні ймовірності p_1 враховано, що $f(-\infty) = 0,5$
- останні стовпці таблиці пояснення не потребують.

Результати розрахунків виконати у табличній формі. Для цього необхідно:

- скласти розрахункову таблицю, за якою знайти спостережуване значення критерію:

інтервал	Частота, m	Нормоване відхилення t	Значення f(t)	p_i	$m_i - n \cdot p_i$	$\frac{(m_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i}$
...						
...						
Всього	n=	-	-	(повинно $p_i = 1$)		$X^2 =$

- за таблицею стандартних значень X^2 (додаток В), при заданому рівні значимості $\alpha = 0,05$ і числі степенів вільності $v = l - 3$ (l – кількість інтервалів) знайти критичну точку $X^2_{(T)}(\alpha, v)$ правосторонньої критичної області.

Якщо $X^2_p < X^2_{T^2}$, то гіпотеза про нормальність розподілу генеральної сукупності не відхиляється.

Зміст звіту.

Теоретичні відомості.

Статистичні характеристики звичайного режиму управління МТА та “Азимут” за даними.

Перевірка на відповідність нормальному закону розподілення експериментальних даних отриманих при моделюванні управління МТА для всіх режимів керування.

Додаток А

Інтеграл ймовірності, $f(-t)=-f(t)$

t	Соті t									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,0000	0040	0080	0120	0160	0199	0239	0279	0319	0359
0,1	0398	0438	0478	0517	0557	0596	0636	0675	0714	0753
0,2	0793	0832	0871	0910	0948	0987	1026	1064	1103	1141
0,3	1179	1217	1255	1293	1331	1368	1406	1443	1480	1517
0,4	1554	1591	1628	1664	1700	1736	1772	1808	1844	1879
0,5	1915	1950	1985	2019	2054	2088	2123	2157	2190	2224
0,6	2257	2291	2324	2357	2389	2422	2454	2486	2517	2549
0,7	2580	2611	2642	2673	2703	2734	2764	2794	2823	2852
0,8	2881	2910	2939	2967	2995	3023	3051	3078	3106	3133
0,9	3159	3186	3212	3238	3264	3289	3315	3340	3365	3389
1,0	3413	3437	3461	3485	3508	3531	3554	3577	3599	3621
1,1	3643	3665	3686	3708	3729	3749	3770	3790	3810	3830
1,2	3849	3869	3888	3907	3925	3944	3962	3980	3997	4015
1,3	4032	4049	4066	4082	4099	4115	4131	4147	4162	4177
1,4	4192	4207	4222	4236	4251	4265	4279	4292	4306	4319
1,5	4332	4345	4357	4370	4382	4394	4406	4418	4429	4441
1,6	4452	4463	4474	4484	4495	4505	4515	4525	4535	4545
1,7	4554	4564	4573	4582	4591	4599	4608	4616	4625	4633
1,8	4641	4649	4656	4664	4671	4678	4686	4693	4699	4706
1,9	4713	4719	4726	4732	4738	4744	4750	4756	4761	4767
2,0	4772	4778	4783	4788	4793	4798	4803	4808	4812	4817
2,1	4821	4826	4830	4834	4838	4842	4846	4850	4854	4857
2,2	4861	4864	4868	4871	4875	4878	4881	4884	4887	4890
2,3	4893	4896	4898	4901	4904	4906	4909	4911	4913	4916
2,4	4918	4920	4922	4925	4927	4929	4931	4932	4934	4936

t	f(t)	t	f(t)	t	f(t)
2,5	0,49379	3,4	0,49966	4,3	0,499991
2,6	0,49534	3,5	0,499767	4,4	0,499995
2,7	0,49563	3,6	0,499841	4,5	0,4999966
2,8	0,49744	3,7	0,499892	4,6	0,4999979
2,9	0,49813	3,8	0,499927	4,7	0,4999987
3,0	0,49865	3,9	0,499952	4,8	0,4999992
3,1	0,49903	4	0,499968	4,9	0,4999995
3,2	0,49931	4,1	0,499979	5	0,4999997
3,3	0,49952	4,2	0,499987		

χ^2 -критерій

$\frac{P}{v}$	0,80	0,9	0,95	0,98	0,99	0,995	0,998	0,999
4i	5,99	7,78	9,49	11,67	13,28	14,9	16,9	18,5
5'	7,29	9,24	11,07	13,39	15,09	16,3	18,9	20,5
6	8,56	10,64	12,59	15,03	16,8	18,6	20,7	22,5
7	9,80	12,02	14,07	16,6	18,5	20,3	22,6	24,3
8	11,03	13,36	15,51	18,2	20,1	21,9	24,3	26,1
9	12,24	14,68	16,9	19,7	21,7	23,6	26,1	27,9
10	13,44	15,99	18,3	21,2	23,2	25,2	27,7	29,6
11	14,63	17,3	19,7	22,6	24,7	26,8	29,4	31,3
12	15,8	18,5	21,0	24,1	26,2	28,3	31,0	32,9
13	17,0	19,8	22,4	25,5	27,7	29,8	32,5	34,5
14	18,2	21,1	23,7	26,9	29,1	31,3	34,0	36,1
15	19,3	22,3	25,0	28,3	30,6	32,7	35,6,	37,7
16	20,5	23,5	26,3	29,6	32,0	34,2	37,1	39,3
17	21,6	24,8	27,6	31,0	33,4	35,7	38,6	40,8
18	22,8	26,0	28,9	32,3	34,8	37,2	40,1	42,3*
19	23,9	27,2	30,1	33,7	36,2	38,6	41,6	43,8
20	25,0	28,4	31,4	35,0	37,6	40,0	43,1	45,3
22	27,3	30,8	33,9	37,7	40,3	42,7	45,9	48,3
24	29,6	33,2	36,4	40,3	43,0	45,5	48,7	51,2
26	31,8	35,6	38,9	42,9	45,6	48,2	51,5	54,1
28	34,0	37,9	41,3	45,4	48,3	51,0	54,3	56,9
30	36,3	40,3	43,8	48,0	50,9	53,7	57,1	59,7