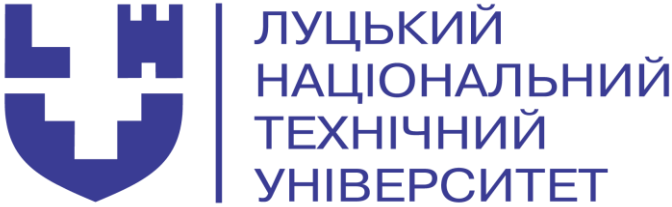
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ОСНОВИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Методичні вказівки до виконання практичних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Експертиза харчових продуктів та
продовольчої сировини»
галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво
спеціальності G13 Харчові технології
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2026

УДК 655.28.022.14
Ос 72

До друку

Голова вченої ради факультету митної справи,
матеріалів, технологій та гостинності ЛНТУ _____ В. В. Ткачук

Затверджено вченою радою факультету митної справи, матеріалів, технологій та гостинності ЛНТУ, протокол № __ від _____ 2026 року

Електронна копія друкованого видання передана для внесення
в репозиторій ЛНТУ
Директор бібліотеки _____ Н. П. Поліщук

Рекомендовано до видання на засіданні кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ, протокол № __ від _____ 2026 року

Завідувач кафедри ХТХ ___ _____ І. М. Дударєв

Укладач:_____ І. М. Дударєв, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

Рецензент:_____ С. Г. Панасюк, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

Відповідальний за випуск:_____І. М. Дударєв, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри харчових технологій та хімії ЛНТУ

Ос 72 **Основи наукових досліджень** [Текст] : методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Експертиза харчових продуктів та продовольчої сировини» галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G13 Харчові технології денної та заочної форм навчання / уклад. І. М. Дударєв. Луцьк : ЛНТУ, 2026. 90 с.

Методичне видання складене для надання методичної допомоги здобувачам вищої освіти під час виконання практичних робіт з дисципліни «Основи наукових досліджень».

© І. М. Дударєв, 2026

ЗМІСТ

Вступ……4
Практична робота №1……..……..……..……...5
Практична робота №2……..……..……17
Практична робота №3……..……..27
Практична робота №4……..……..38
Практична робота №5……..……..44
Практична робота №6……..……..48
Практична робота №7……..……..54
Список використаних джерел……..62
Додатки……..63

ВСТУП

Як показує досвід, широкий вибір форм організації науково-дослідної роботи студентів має велике значення для створення у вищому навчальному закладі атмосфери творчості, а залучення студентів до наукових досліджень сприяє активізації їх розумової діяльності, самовдосконаленню і самореалізації. Вивчення курсу «Основи наукових досліджень», методології наукової праці дає можливість студентам впевнено долучатися до виконання простих форм дослідження – від підготовки виступу на семінарському занятті, рефератів із конкретної дисципліни до виконання курсових (дипломних) робіт та наукових статей, публікацій. Елементи наукового пошуку, які містяться в студентських наукових роботах з обраного напряму дослідження, мають знайти своє відбиття і продовження в дипломній чи магістерській роботах.

Курс «Основи наукових досліджень» допомагає здобувачам вищої освіти розкрити можливості їх участі в науково-дослідній роботі як найбільш активній і творчій формі одержання знань.

Головна мета курсу – це залучення здобувачів вищої освіти до науково-дослідної роботи, ознайомлення їх зі стратегією та тактикою проведення досліджень, надання їм певних знань щодо методології, методики та інструментарію дослідження.

Під час укладання методичних вказівок використано напрацювання, що є в навчально-методичній літературі та інших джерелах, що представлені у списку використаних джерел.

У методичних вказівках, що пропонуються, представлено теоретичні відомості та приклади виконання завдань, зокрема із використанням системи комп'ютерної математики MathCAD, а також представлені необхідні довідкові матеріали, що використовуються під час виконання розрахунків, рекомендована література та завдання для виконання практичних робіт з цієї дисципліни.

Практична робота № 1
Основи роботи з системою комп'ютерної математики MathCAD

Теоретичні відомості

MathCAD – це популярна система комп'ютерної математики, що призначена для автоматизації розв'язування математичних задач у різних галузях науки і техніки. Назва системи походить від двох слів – MATHematics (математика) та CAD (Computer Aided Design) – система автоматичного проєктування (САПР). Відмінною рисою усіх версій MathCAD від інших програмних продуктів є документи, які об'єднують опис математичного алгоритму розв'язування задачі з текстовими коментарями та результатами обчислень, що задані у формі символів, чисел, таблиць чи графіків. Унікальною властивістю MathCAD є можливість опису математичних алгоритмів у звичайній математичній формі із застосуванням загальноприйнятих символів для математичних знаків.

Вікно для роботи з документами MathCAD має вигляд, що зображений на рис. 1.1, і з'являється після завантаження пакета разом із новим документом. Як і будь-яке вікно прикладної програми, воно має низку елементів:

- головне (верхнє) меню;
- панелі (toolbars) Standard (Стандартна) та Formatting (Форматування);
- панель сімейства Math (Математичні);
- контекстне меню;
- рядок стану (Status Bar);
- робоча область (Worksheet);
- діалогові вікна.

Більшість елементів панелей MathCAD є аналогічними до панелей інших програм, тому додаткових пояснень вони не потребують. Розглянемо більш детально одну з основних панелей MathCAD – панель Math (Математичні):

- **Calculator (Калькулятор)** – на цій панелі розташовані арифметичні оператори, цифри від 0 до 9, деякі найбільш розповсюджені функції та математичні константи, а також оператори виводу;

- **Graph (Графічні)** – за допомогою цієї панелі можна викликати заготовки для побудови графіків та поверхонь;

- **Matrix (Матричні)** – на цій панелі розташовані оператори створення матриць та дій над ними, а також оператори матричних індексів та стовпчиків; також тут розташовані оператори для роботи з векторами;

- **Evaluation (Вираз)** – на цій панелі можна знайти посилання на всі оператори вводу та виводу MathCAD, а також заготовки для створення операторів користувачів;

- **Calculus (Обчислювальні)** – на цій панелі розташовані оператори, що використовуються для розв'язування задач математичного аналізу: визначеного та невизначеного інтегралів, похідних, границь, сум та добутків; крім того, звідси задається символ нескінченності;

- **Boolean (Булеві)** – із цієї панелі задаються логічні оператори;
- **Programming (Програмування)** – панель містить оператори мови програмування MathCAD;
- **Greek (Грецькі)** – на цій панелі розташовані літери грецького алфавіту;
- **Symbolic (Символьні)** – панель призначена для проведення аналітичних перетворень.

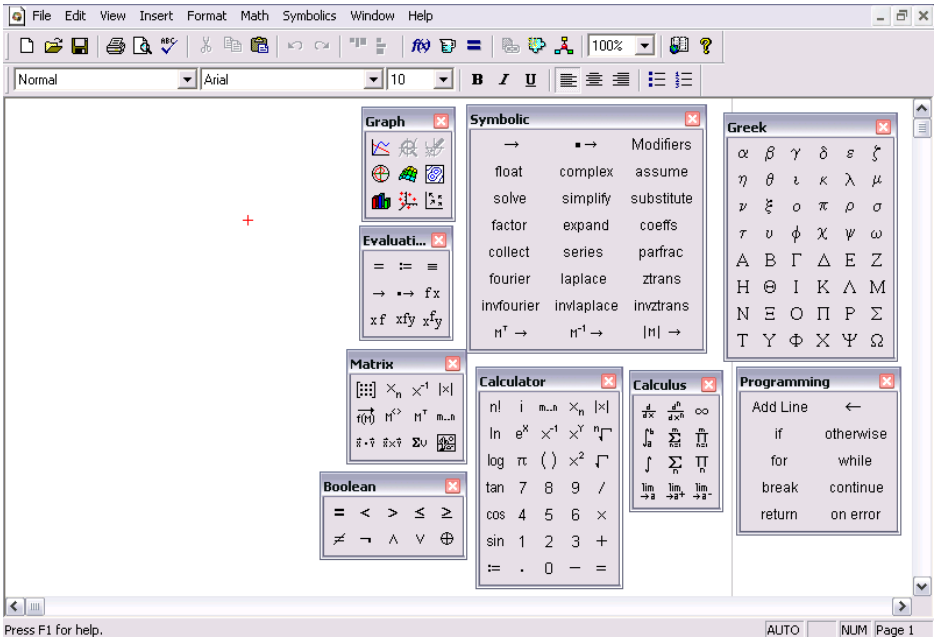


Рисунок 1.1 – Вікно програми MathCAD з відкритими елементами панелі Math

Як було зазначено, в документі MathCAD можна розташовувати блоки трьох основних типів: математичні вирази, текстові фрагменти та графічні області. **Розташування нетекстових блоків у документі має принципове значення – зліва направо і зверху вниз.**

Математичні вирази – до основних елементів математичних виразів MathCAD відносяться типи даних, оператори, функції і керуючі структури.

Оператори – елементи MathCAD, за допомогою яких можна створювати математичні вирази. До них, наприклад, відносяться символи арифметичних операцій, знаки обчислення сум, добутків, похідної та інтегралу тощо. Оператор визначає:

1. Дію, яка має бути виконана за наявності тих чи інших значень операндів.

2. Скільки, де і які операнди повинні бути введені в оператор. **Операнд** – число або вираз, на яке діє оператор. Наприклад, у виразі 5!+3 число 3 і вираз 5! – операнди оператора + (плюс), а число 5 операнд оператора факторіал (!). Після вказування операндів оператори стають блоками, які виконуються в документі.

Типи даних – до типів даних відносяться числові константи, звичайні і символьні змінні, масиви (вектори і матриці), а також дані файлового типу.

Константами називають найменовані об'єкти, що містять деяке значення, яке не може бути зміненим. **Змінними** є найменовані об'єкти, що мають деяке значення, яке може змінюватись під час виконання програми. Тип змінної визначається її значенням. Змінні можуть бути числовими, стрічковими, символьними тощо. Імена констант, змінних і інших об'єктів називають ідентифікаторами. Ідентифікатори в MathCAD – це набір латинських та грецьких літер, а також цифри.

У системі MathCAD існує невелика група особливих об'єктів, які не можна віднести ні до класу констант, ні до класу змінних, значення яких визначені відразу після запуску програми. Їх правильно вважати системними змінними, що мають встановлені системою початкові значення.

Звичайні змінні відрізняються від системних тим, що вони повинні бути попередньо визначені користувачем, тобто їм необхідно хоча б один раз присвоїти значення. В якості оператора присвоювання використовується знак (:=), тоді як знак (=) відведений для виведення значення константи або ж змінної.

Якщо змінній присвоюється початкове значення за допомогою оператора :=, що виконується шляхом натискування комбінації клавіш "Shift" + ":" (двокрапка) на клавіатурі, то таке присвоєння називається локальним. До цього присвоєння змінна невизначена і її не можна використовувати. Однак за допомогою знаку (≡) (клавіша ~ на клавіатурі) можна забезпечити глобальне присвоєння. MathCAD прочитує весь документ двічі зліва направо і зверху вниз. При першому проходженні виконуються всі дії, які прописані глобальним оператором присвоєння (≡), а при другому – виконуються дії, що прописані локальним оператором присвоєння (:=), та відображаються всі необхідні результати обчислень (=).

Існують також "жирний" знак рівності (=) (комбінація клавіш "Ctrl" + "="), який використовується, наприклад, як оператор наближеної рівності при розв'язуванні систем рівнянь і символьний знак рівності (→).

Дискретні аргументи – особливий клас змінних, який в пакеті MathCAD часто замінює керуючі структури, що називаються циклами (однак повноцінною така заміна не є). Ці змінні мають низку фіксованих значень або цілочислових (1 спосіб), або у вигляді чисел із певним кроком, що змінюються від початкового значення до кінцевого (2 спосіб).

1. Name:=Nbegih..Nend,

де Name – ім'я змінної; Nbegin – її початкове значення; Nend – кінцеве значення; .. – символ, що вказує на зміну змінної в заданих межах (вводиться клавішею ;). Якщо Nbegin < Nend, то крок змінної буде рівним +1, інакше – -1.

2. Name:=Nbegin,(Nbegin+Step)..Nend,

де Step – заданий крок зміни змінної (він повинен бути додатнім, якщо Nbegin < Nend, або від'ємним – у протилежному випадку).

Дискретні аргументи значно розширюють можливості MathCAD, дозволяючи виконувати багатократні обчислення або цикли з обчисленнями, що повторюються, формувати вектори і матриці.

Масив – це сукупність кінцевого числа числових або символьних елементів, впорядкованих деяким чином із визначеними адресами. У пакеті MathCAD використовуються масиви двох найбільш поширених типів: одномірні (вектори); двомірні (матриці).

Порядковий номер елемента, який є його адресою, називають індексом. Індекси можуть мати лише цілочислові значення. Вони можуть починатися з нуля або одиниці у відповідності зі значенням системної змінної ORIGIN.

Функція – це вираз, відповідно до якого проводиться деяке обчислення з аргументами і визначається його числове значення. Варто наголосити на різниці між аргументами і параметрами функції. Змінні, які вказані в дужках після імені функції, є її аргументами і заміняються при обчисленні функції значеннями із дужок. Змінні в правій частині функції, не вказані в дужках в лівій частині, є параметрами і повинні задаватися до визначення функції. Головною особливістю функції є повернення значення, тобто функція у відповідь на звертання до неї за ім'ям із вказуванням її аргументів повинна повернути значення. Функції в пакеті MathCAD можуть бути внутрішні, тобто завчасно введені розробниками, і встановлені користувачем.

Текстові фрагменти – це текст, який користувач хотів би бачити у своєму документі. Існує два види текстових фрагментів:

- текстова область призначена для невеликих частин тексту – підписів, коментарів тощо, яка вставляється за допомогою комбінації клавіш "Shift" + """ (подвійні лапки);

- текстовий абзац застосовується у тому випадку, якщо необхідно працювати з абзацами або сторінками, він вставляється за допомогою комбінації клавіш "Shift" + "Enter".

Графічні області поділяються на три основних типи – двовимірні графіки, тривимірні графіки та імпортовані графічні області. Двовимірні та тривимірні графіки будуються в MathCAD на основі оброблених даних.

Для створення декартового графіка необхідно:

- встановити курсор у порожньому місці робочого документа;

- вибрати команду Вставка → График → Точка X-Y, або натиснути комбінацію клавіш "Sift" + "@", або натиснути відповідну піктограму на панелі Graph;

- з'явиться шаблон декартового графіка;

- введіть в середній мітці під віссю X першу незалежну змінну, через кому – другу і так до 10, наприклад, x1, x2,...;

- введіть в середній мітці зліва від вертикальної осі Y першу функцію, через кому – другу і т.д., наприклад, y1(x1), y2(x2),..., або ж відповідні вирази;

- натисніть за межами області графіка, щоб закінчити його побудову.

Під час розв'язування деяких задач виникає необхідність в графічних формах представлення даних, зокрема у вигляді кривих, діаграм, гістограм, поверхонь, векторних полів. MathCAD забезпечує широкі можливості в області візуалізації даних. Всі основні типи графіків та інструменти роботи з ними розташовані на панелі Graph (Графічні) сімейства Math (Математичні). На цій панелі розташовані посилання на основні типи графіків:

- графік кривої у двомірній декартовій системі координат (X-Y Plot);
- графік кривої у полярній системі координат (Polar Plot);
- поверхня (Surface);
- контурний графік (Contour Plot);
- тримірна діаграма у вигляді стовпців (3D Bar Plot);
- точковий тримірний графік (3D Scatter Plot);
- векторне поле (Vector Field).

Спосіб побудови двомірного графіка в декартовій системі координат подано вище. Тому більш детально зупинимося на форматуванні графіків. Форматування графіка відбувається за допомогою закладки X-Y Axes (осі X та Y) діалогового вікна Formatting Currently Selected X-Y Plot (Форматування виділеної декартової площини). Відкрити це вікно можна наступними способами:

- виконавши подвійне натискання лівою клавішею мишки в області графіка;
- виконавши команду Format/Graph/X-Y Plot (Формат/Графік/X-Y-залежність);
- використавши пункт Format контекстного меню графіка.

Для налаштування виду осей на першій закладці X-Y Axes є два ідентичних списки параметрів:

- Log Scale (Логарифмічна шкала) – при виборі цього параметра координати по осі, що форматується, будуть прологарифмовані (за десятковим логарифмом);
- Grid Lines (Лінії сітки) – при активізації цього параметра буде візуалізована сітка;
- Numbered (Нумеровані) – параметр відповідає за відображення нумерації шкали; величина поділки шкали визначається параметром Number of Grid, який за замовчуванням системою задається автоматично;
- Autoscale (Автошкала) – вибір діапазону зміни осі відбувається автоматично;
- Show Markers (Показати маркери) – команда дозволяє виділити за допомогою спеціальних підписаних ліній по дві важливі точки (корні, екстремум) на кожній із осей. Для цього необхідно поставити у вікно параметра галочку. Поряд із віссю, що форматується, з'являться два чорних маркери, в які необхідно ввести відповідні координати точок, що виділяються.
- Auto Grid (Автоматична сітка) – параметр відповідає за автоматичний вибір числа поділок осі.

Нижче списку параметрів меню містить чотири пункти:

- Boxed (Прямокутні) – осі перетинаються в найменших точках діапазону;

- Crossed (Перетин) – осі перетинаються в точці (0,0);

- None (Ні) – графік будується без осей;

- Equal Scales (Рівні шкали) – розбиття осей відбувається в рівних масштабах.

За допомогою другої закладки Traces (Рядки даних) можна провести налаштування виду кривої. Головним елементом закладки є список, що містить рядки, кожен з яких відповідає за відображення одного рядка даних. Над рядками подано шість пунктів налаштувань:

- Legend Label (Легенда) – задається ім'я параметра;

- Symbol (Символ) – задається символ, яким відображаються вузлові точки графіка (у вигляді літери "x", знака "+", квадрата, ромба, кола); за замовчуванням точки не візуалізуються, що відповідає пункту None (Ні) списку Symbol (Символ);

- Line (Лінія) – задається вид лінії, якою буде зображена залежність (Solid (суцільна лінія), Dot (пунктирна лінія), Dash (штрихова лінія), Dadot (штрих-пунктирна лінія));

- Color (Колір) – задається колір лінії та точок;

- Type (Тип) – параметр визначає тип представлення рядка даних (Lines (лінія), Points (точки), Bar (стовпці), Solidbar (суцільні стовпці), Step (крок), Stem (стержень), Error (погрішність), Draw (крива промальовується між вузловими точками));

- Weight (Товщина) – параметр визначає товщину лінії та символів точки.

На цій закладці є ще один параметр – Hide Arguments (Сховати аргументи).

Для того, щоб зробити заголовок графіка, необхідно відкрити закладку Labels (Помітка), яка містить спеціальне віконечко Title (Заголовок), де ввести назву графіка. Визначити розташування заголовку відносно вікна кривої можна за допомогою параметрів Above (Вище) та Below (Нижче). Для того, щоб візуалізувати назву, необхідно поставити галочку у віконечку Show Title (Показати заголовок). В меню Axis Labels (Назва осей) задаються підписи осей.

За допомогою останньої закладки Defaults (За замовчуванням) можна внести зміни у вигляд графіку:

- кнопка Change to Defaults (Змінити як за замовчуванням), при натисканні якої повертаємося до виду графіка, що прийнятий в системі за замовчуванням;

- віконце Use for Defaults (Використовувати як за замовчуванням), якщо поставити галочку, то налаштування графіка будуть прийняті системою як налаштування за замовчуванням для усього документа.

Для збільшення фрагменту графіка необхідно:

- виділити графік та вибрати за допомогою правої кнопки миші панель інструментів Zoom;

- виділити за допомогою миші фрагмент кривої на графіку, що необхідно збільшити, у штрихований прямокутник;

- коли зона збільшення виділена, натиснути кнопку Zoom, при цьому виділений фрагмент займе усю область кривої.

Повернутися до попереднього вигляду графіка можна за допомогою команди Unzoom панелі Zoom.

За допомогою інструмента Trace (Трасировка) панелі Graph можна визначити координати точки на кривій, для цього необхідно виконати наступне:

- виділити графік та вибрати за допомогою правої кнопки миші панель інструментів Trace;
- у результаті на графіку з'явиться "давач" у вигляді штрихованих прямих, що перетинаються, координати точки перетину цих прямих відображаються на панелі інструмента у вигляді координат X- та Y-Value;
- переміщувати "давач" графіком можна, змінюючи положення курсора;
- коли буде знайдена необхідна точка, натиснути кнопку Copy X/Y, при цьому її значення буде скопійоване в буфер.

Для форматування 3D-графіків існує спеціальна панель 3D-Plot Format (Форматування 3D-графіків). Розглянемо найбільш важливі закладки цієї панелі.

За допомогою закладки General можна змінювати кут розташування зображення та змінити масштаб графіка. Крім того, в меню Axes Style (Стиль осей) можна змінити тип відображення координат: Perimeter (Периметр) – взаємне положення осей непостійне, тобто змінюється точка їх перетину; Corner (Кут) – осі перетинаються в точках найменших значень шкал; None (Ні) – графік зображується без осей; Equal Scales (Рівні шкали) – осі відображаються в однаковому масштабі. В меню цієї закладки Display As (Зобразити як) вибирається тип графіка, яким має бути задана поверхня: поверхня (Surface); контурний графік (Contour Plot); точковий графік (Scatter Plot); векторне поле (Vector Field); тримірна діаграма у вигляді стовпців (Bar Plot); кусковий графік (Patch Plot).

Закладка Axes (Осі) – містить опції, за допомогою яких задається вигляд системи координат, що аналогічні 2D-графікам.

Закладка Special (Спеціальні) – призначена для налаштування спеціальних графіків та містить опції: Fill (Залити) – заливка графіка кольорами вибраної палітри; Draw Lines (Рисувати лінії) – параметр відповідає за відображення на графіку ліній рівня; Auto Contours (Автоконтур) – визначає число ліній рівня автоматично; Numbered (Пронумеровані) – дозволяє візуалізувати нумерацію ліній рівня графіка.

Закладка Appearance (Вид) – містить опції художнього оформлення поверхні: Fill Surface (Залити поверхню) – зафарбовує кожну комірку сітки; Fill Contours (Залити контури) – поверхня буде залита рівнями, причому кожен рівень іншим кольором; No Fill (Без заливки) – звичайний каркас тримірних графіків; Solid Color (Постійний колір) – поверхня заливається одним вибраним кольором; Wireframe (Каркас) – на графіку зображується утворююча сітка; Contour Lines (Лінії контуру) – на графіку візуалізуються лінії рівня; No Lines (Без ліній) – графік зображується без допоміжної сітки; Hide Lines (Сховати лінії) – у цьому випадку каркас заливається білим кольором, роблячи поверхню невидимою.

Закладка Title (Заголовок) – призначена для запису заголовку графіка, який можна розташувати вище (Above) чи нижче (Bellow) поверхні або зовсім сховати (Hide).

Для побудови тримірного графіка необхідно:

- визначити функцію z(x,y) двох змінних x та y;
- використовуючи відповідну закладку вибрати шаблон тримірного графіка;
- на місці введення під шаблоном ввести ім'я функції – z;
- натиснути лівою кнопкою миші за межами графіка.

MathCAD дозволяє на одному графіку побудувати декілька поверхонь. Для цього необхідно визначити ці функції (задати) двох змінних та ввести через кому ім'я цих функцій в місці введення на шаблоні графіка.

Для побудови тримірних графіків в MathCAD використовують функції:

- CreateMesh(F,x0,x1,y0,y1,xgrid,ygrid) (Створити сітку) створює сітку на поверхні, що визначається функцією F, початковим значенням першої змінної x0, кінцевим значенням першої змінної x1, початковим значенням другої змінної y0, кінцевим значенням другої змінної y1, числом лінії сітки по першій xgrid та другій ygrid змінних;
- CreateSpace (Створити просторові), яка записується наступним чином CreateSpace(F,t0,t1,tgrid,fmap) та створює в просторі різного роду лінії, що визначаються функцією F, початковим t0 та кінцевим t1 значенням параметра, числом розбиття проміжку параметра та картою відображення fmap.

Порядок виконання практичної роботи

Завдання 1. Провести найпростіші обчислення за допомогою MathCAD.

Завдання 2. Провести обчислення виразів і функцій за допомогою MathCAD.

Завдання 3. Задати та вивести на екран дискретні змінні та вектор V.

Завдання 4. Створити матриці з елементами-змінними та з елементами-функціями. Провести дії над матрицями: додавання, віднімання, множення.

Завдання 5. Для заданої функції f(x) побудувати графік, обчислити корені функції (значення x, при яких f(x) = 0), знайти значення похідної від функції f(x) в точці x = 0, обчислити визначений інтеграл з підінтегральною функцією f(x) та межами від a до b. Завдання виконується відповідно до варіанта (додаток 1) згідно із прикладом на рис. 1.4.

Завдання 6. Побудувати графік із двома заданими функціями (додаток 2) у декартовій системі координат. Зробити форматування графіка (провести масштабування, змінити колір та товщину ліній), визначити за графіком координати точки перетину двох функцій.

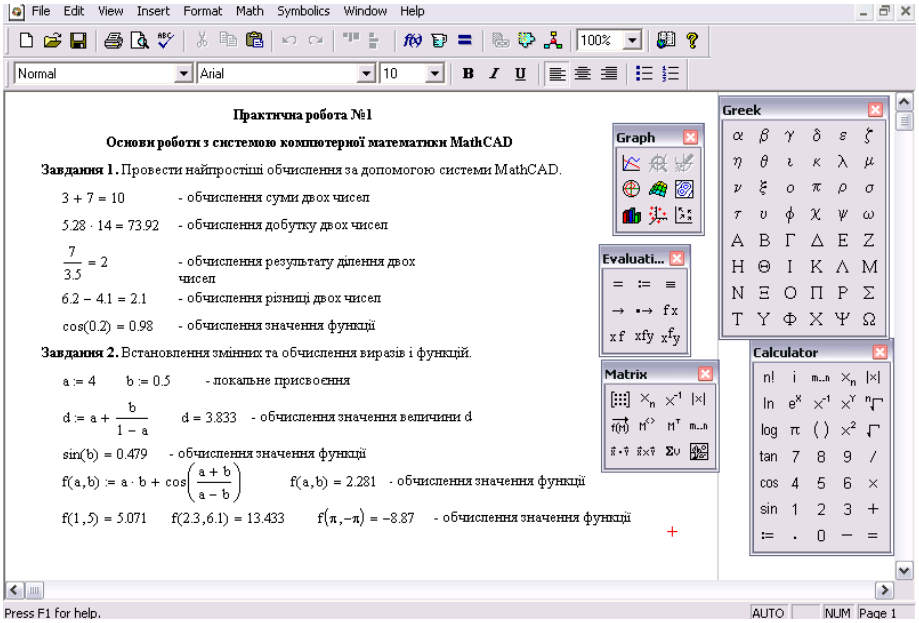


Рисунок 1.2 – Приклад виконання завдань 1 та 2

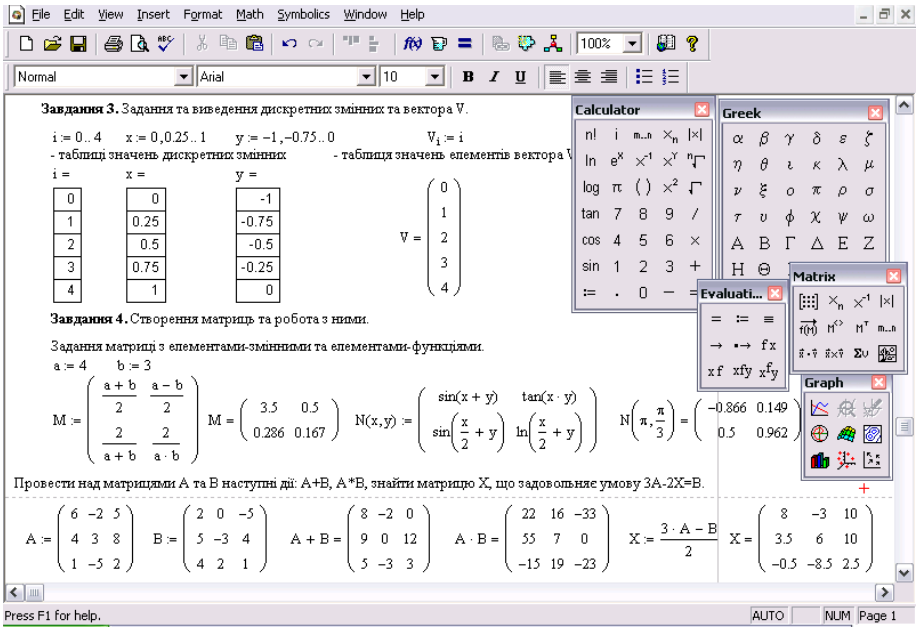


Рисунок 1.3 – Приклад виконання завдань 3 та 4

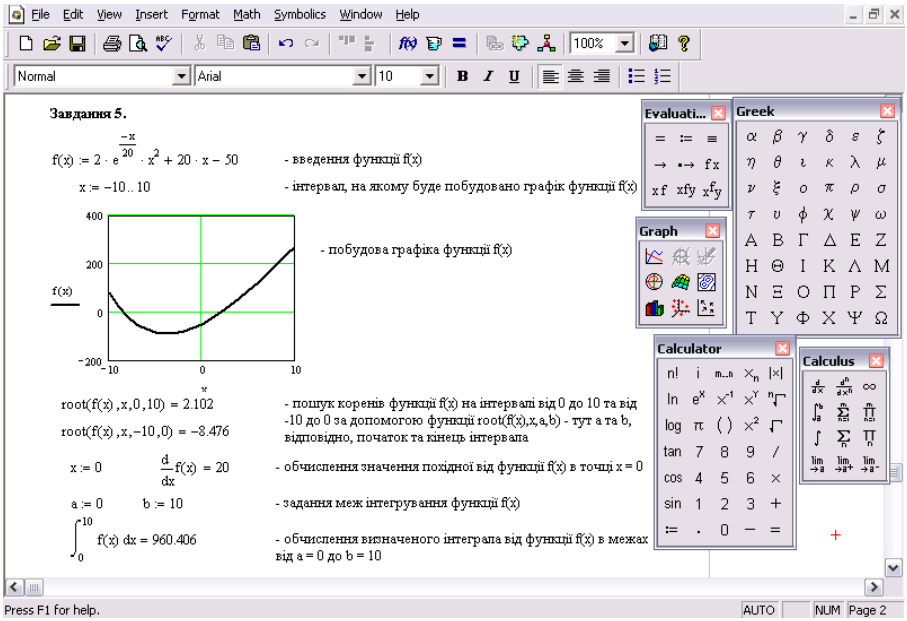


Рисунок 1.4 – Приклад виконання завдання 5

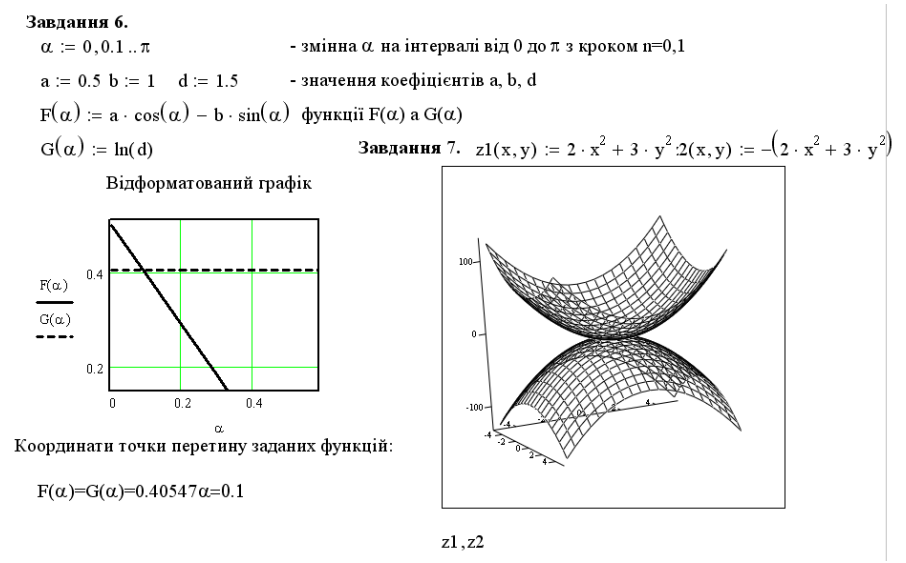


Рисунок 1.5 – Приклад виконання завдань 6 та 7

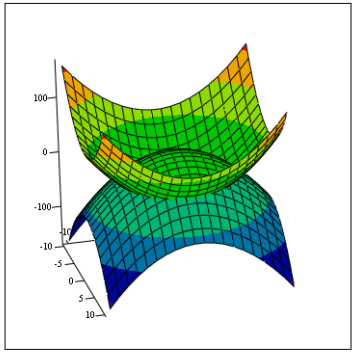
Завдання 8.

$x1 := -10..10 \quad x2 := -10..10$ - межі побудови графіка

$y1(x1, x2) := x1^2 + x2^2 - 40 \quad y2(x1, x2) := -\left(x1^2 + x2^2\right) + 40$ функції, що задають поверхні

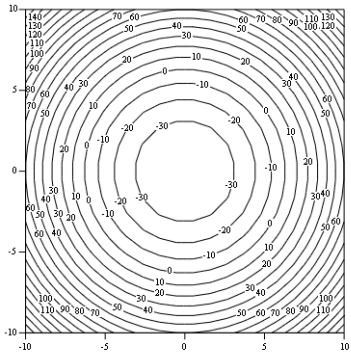
$M1 := \text{CreateMesh}(y1, -10, 10, -10, 10) \quad M2 := \text{CreateMesh}(y2, -10, 10, -10, 10)$

Графік двох параболічних поверхонь, що перетинаються



M1, M2

Контурний графік



M1

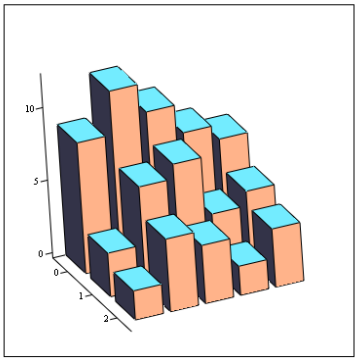
Рисунок 1.6 – Приклад виконання завдання 8

Завдання 9.

Візуалізація матриці:

$$M := \begin{pmatrix} 9 & 12 & 10 & 8 & 7 \\ 3 & 7 & 8 & 4 & 5 \\ 2 & 5 & 4 & 2 & 4 \end{pmatrix}$$ - матриця даних

Графік типу 3D Bar Plot



M

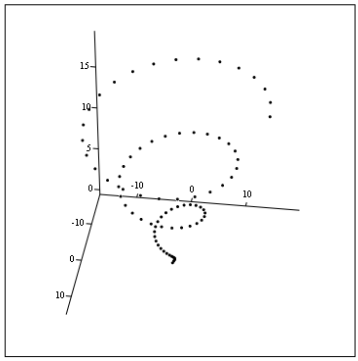
Завдання 10.

Візуалізація спіралі:

$$F(t) := \begin{pmatrix} \sin(t) \cdot t \\ \cos(t) \cdot t \\ t \end{pmatrix}$$ - система рівнянь

$K := \text{CreateSpace}(F, 0, 6 \cdot \pi, 80)$

Графік типу 3D Scatter Plot



K

Рисунок 1.7 – Приклад виконання завдань 9 та 10

Завдання 7. Побудувати графік двох об’ємних парабол, що дотикаються вершинами за залежностями наведеними в додатку 2.

Завдання 8. Побудувати графік двох параболічних поверхонь, що перетинаються, за допомогою функції CreateMesh. Залежності, що задають поверхні наведені в додатку 2. Побудувати контурний графік (Contour Plot) однієї з поверхонь.

Завдання 9. Побудувати графік типу 3D Bar Plot для візуалізації даних матриці (додаток 2).

Завдання 10. Побудувати графік типу 3D Scatter Plot для візуалізації спіралі за допомогою функції CreateSpace (додаток 2).

Завдання 1–10 виконуються відповідно до прикладів, що подані на рис. 1.1–1.7.

Контрольні запитання

1. Для чого призначений MathCAD?
2. Яким чином записуються текстові фрагменти у документі MathCAD?
3. Як створити декартовий графік в документі MathCAD?
4. Які основні елементи математичних виразів MathCAD та як вони записуються?
5. Які основні типи графіків у MathCAD?
6. Яка послідовність дій для побудови 3D-графіка?
7. Як побудувати 3D-графік за допомогою функції CreateMesh?
8. Як побудувати 3D-графік за допомогою функції CreateSpace?
9. Яким чином провести форматування 2D-графіка та 3D-графіка?
10. Які основні три типи блоків, що можна розташовувати у документі MathCAD?

Практична робота № 2
Апроксимація та згладжування експериментальних даних

Теоретичні відомості

Функція – це закон f, згідно якого кожному елементу x (аргументу) з однієї числової множини відповідає визначений елемент y (функція) із другої числової множини, тобто можна записати y = f(x). Способи задавання функції: аналітичний – встановлення зв'язку між аргументом і функцією за допомогою формул; табличний – відповідність між елементами множин задається у формі таблиці, де вказуються дискретні значення аргументу і відповідні їх значення функції; графічний – функція задається за допомогою графіка функції, де значення на осі абсцис відповідають значенням аргументу x, а значення на осі ординат значенням самої функції y.

Апроксимація – наближене вираження одних математичних об'єктів іншими, близькими за значенням, але простішими, наприклад, кривих ліній – ламаними, неперервних функцій – многочленами. При обробленні табличних даних під апроксимацією розуміють знаходження аналітичної залежності, яка наближається до цих табличних даних, не обов'язково проходить через всі точки, але описує тенденцію зміни цих параметрів.

Інтерполяція – наближене або точне знаходження невідомих проміжних значень деякої величини за дискретним набором її відомих значень, тобто відновлення (точне або наближене) функції за її кількома відомими значеннями.

Екстраполяція – тип апроксимації за якого функція апроксимується поза заданим інтервалом, тобто наближене знаходження за рядом даних значень функції інших її значень, що містяться поза цим рядом.

Регресія – така залежність середнього значення будь-якої величини від деякої іншої величини чи від кількох величин, що одному і тому самому значенню незалежної змінної x можуть відповідати, залежно від випадку, різні значення величини y.

Більшість експериментальних даних отримують у вигляді масиву, що містить пари чисел (x_i,y_i), тобто вони задаються табличним способом. Таку функціональну залежність необхідно, як правило, представити в аналітичній формі, тобто підібрати емпіричну функцію, яка наближено відображає поведінку заданої у вигляді таблиці функції. Емпірична функція залежно від характеру експериментальних даних може бути: лінійна, поліноміальна, логарифмічна, степенева, експоненціальна. Таким чином, необхідно апроксимувати дискретну залежність $y(x_i)$ (табличні дані) неперервною функцією f(x), причому функція f(x) може відповідати різним вимогам:

- f(x) має проходити через точки (x_i,y_i) – у цьому випадку здійснюється інтерполяція даних функцією f(x) між внутрішніми точками x_i або екстраполяція за межами інтервалу даних, що містить усі x_i;

- f(x) має певним чином наближуватися до $y(x_i)$, але не обов'язково проходити через точки (x_i,y_i) – це постановка задачі регресії, яку у багатьох випадках можна називати згладжуванням даних.

Таким чином, задача регресії полягає в тому, щоб отримати параметри функції такими, щоб функція наближувала початкові точки (задані векторами VX та VY) із найменшим середньоквадратичним відхиленням. У цьому випадку застосовують регресію методом найменших квадратів.

Найбільш поширена лінійна регресія, коли функція y(x) описує відрізок прямої та має вигляд:

$$y(x)=a+b\cdot x\ . \tag{2.1}$$

До лінійної регресії можна звести багато видів нелінійної регресії при залежностях виду y(x).

Математична постановка задачі регресії полягає в наступному. Нехай є точно визначені значення x_i та відповідні їм неточні значення y_i. Допустимо, що існує деяка залежність $f(x,a_0,a_1,...,a_k)$, яка може розглядатися як наближення до залежності y(x), точки якої представлені як $y_i(x_i)$. Тоді можна записати:

$$y_i=f(x_i,a_0,a_1,...,a_k)+\xi_i\ , \tag{2.2}$$

де ξ_i – незалежні випадкові величини з нормальним законом розподілу, що визначають похибку значень y_i.

Як правило, величину ξ_i вважають наслідком помилок експерименту. Задача регресії полягає в тому, щоб знайти параметри a_0, a_1,…, a_k такими, за яких представлення y(x) функцією f(x) мало б найменшу середньоквадратичну похибку. Для цього необхідно мінімізувати функцію:

$$F(a_0,a_1,...a_k)=\sum(f(x_i,a_0,a_1,...,a_k)-y_i)^2\ . \tag{2.3}$$

Таким чином, для лінійної регресії, коли $f(x)=a_0+a_1\cdot x$ (позначивши $a_0=a$, $a_1=b$), необхідно мінімізувати наступний вираз:

$$F(a_0,a_1)=\sum(a_0+a_1\cdot x_i-y_i)^2\ . \tag{2.4}$$

Якщо прирівняти $\frac{\partial F}{\partial a_0}$ та $\frac{\partial F}{\partial a_1}$ до нуля, тоді знайдемо a_0 та a_1:

$$a_0=\frac{\sum_{i=1}^{n}y_i\sum_{i=1}^{n}x_i^2-\sum_{i=1}^{n}x_i\sum_{i=1}^{n}x_iy_i}{n\sum_{i=1}^{n}x_i^2-(\sum_{i=1}^{n}x_i)^2},\quad a_1=\frac{n\sum_{i=1}^{n}x_iy_i-\sum_{i=1}^{n}x_i\sum_{i=1}^{n}y_i}{n\sum_{i=1}^{n}x_i^2-(\sum_{i=1}^{n}x_i)^2}. \tag{2.5}$$

Аналогічним чином можна отримати вирази для інших видів регресії: поліноміальної, експоненціальної, логарифмічної тощо. Для випадку лінійної регресії система MathCAD має функції:

corr(VX,VY) – повертає скаляр – коефіцієнт кореляції Пірсона;

intercept(VX,VY) – для векторів VX та VY повертає параметр a лінійної регресії $y(x)=a+b\cdot x$;

slope(VX,VY) – для векторів VX та VY повертає параметр b (кутовий коефіцієнт ліній регресії) лінійної регресії $y(x)=a+b\cdot x$.

На рис. 2.1 представлено приклад застосування лінійної регресії для даних, що представлені значеннями елементів у векторах VX та VY. Як видно на рис. 2.1, лінія регресії проходить між початковими точками із максимальним середньоквадратичним наближенням до них. Чим ближчий коефіцієнт кореляції до одиниці, тим точніше залежність наближується до лінійної.

Під нелінійною регресією розуміють знаходження вектора P параметрів довільної функції $F(x,k_1,k_2,...k_n)$, за яких забезпечується мінімальна середньоквадратична похибка наближення початкових точок. Для застосування нелінійної регресії у системі MathCAD використовується функція:

genfit(VX,VY,VS,F) – повертає вектор, що містить параметри, які найкраще наближують функцію задану в векторі F до початкових даних у векторах VX та VY; вектори VX та VY мають бути однакового розміру; VS – вектор з n елементів, що містить наближені значення для n параметрів.

Вектор F має бути вектором із символьними елементами, крім того, вони мають містити аналітичні вирази для функції та її похідних за усіма параметрами. Вектор VS має містити початкові значення елементів вектора P, які необхідні для розв'язування системи нелінійних рівнянь регресії ітераційним методом.

На рис. 2.2 представлено приклад виконання нелінійної регресії за допомогою нелінійної функції $F(x,c,d)=c\cdot e^{-dx}+cd$ (тут $c=k_1$ та $d=k_2$). Під час розв'язування цієї задачі необхідно обчислити значення похідних за змінними c та d. Після цього необхідно застосувати функцію genfit.

Як уже зазначалося, апроксимація передбачає заміну початкової залежності будь-якою достатньо простою функцією чи функцією, яка легко обчислюється. Система MathCAD дозволяє здійснювати апроксимацію двома типами функцій: кусково-лінійною та сплайновою. Апроксимація шляхом застосування кусково-лінійної інтерполяції передбачає обчислення додаткових точок за лінійною залежністю. Графічно це означає з'єднання вузлових точок відрізками прямих, для цього використовується функція linterp(VX,VY,x).

linterp(VX,VY,x) – функція повертає значення в точці x, що обчислене під час лінійної інтерполяції даних з точками, координати яких знаходяться в векторах VX та VY.

За невеликої кількості вузлових точок (менше 10) лінійна інтерполяція є досить грубою. Кращі результати апроксимації забезпечує сплайнова інтерполяція, під час якої вихідна функція замінюється відрізками кубічних поліномів, що проходять через три суміжні вузлові точки. Тріади точок переміщуються віссю абсцис, що створює набір поліномів. Коефіцієнти поліномів розраховуються таким чином, щоб неперервною була перша та друга похідні. Лінія, яку описує сплайн-функція, за формою нагадує гнучку лінійку, що

закріплена у вузлових точках. Виведення рівнянь для окремих відрізків сплайнової функції не передбачено, тому повноцінна апроксимація ускладнена.

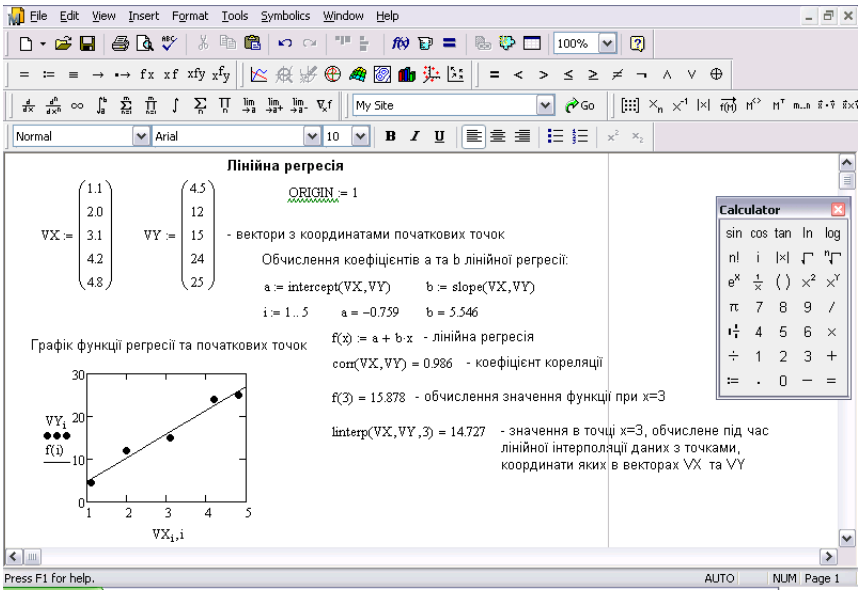


Рисунок 2.1 – Лінійна регресія

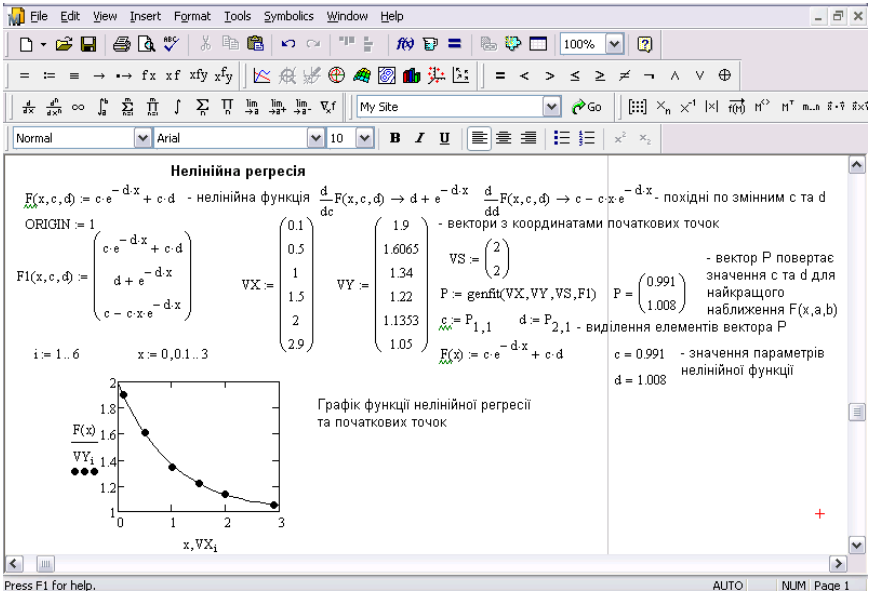


Рисунок 2.2 – Нелінійна регресія

Для проведення сплайнової інтерполяції та екстраполяції MathCAD пропонує чотири функції:

cspline(VX,VY) – повертає вектор VS других похідних з продовженням по кубічному поліному;

pspline(VX,VY) – повертає вектор VS других похідних з продовженням по параболічній кривій;

lspline(VX,VY) – повертає вектор VS других похідних з лінійним продовженням;

interp(VS,VX,VY,x) – повертає значення y(x) для заданих векторів VS, VX, VY та заданого значення x.

Таким чином, сплайн-інтерполяція відбувається у два етапи. На першому за допомогою функцій cspline, pspline, lspline знаходиться вектор других похідних функції y(x), що задана векторами VX, VY (абсциси та ординати). На другому етапі для кожної шуканої точки обчислюється значення y(x) за допомогою функції interp.

На рис. 2.3 представлено приклад, що ілюструє застосування описаних функцій для лінійної та сплайнової інтерполяцій при трьох видах сплайнів-функцій – f_1, f_2 та f_3. Вони відповідають сплайнам із лінійним, квадратичним та кубічним продовженням.

Як видно на графіках, що представлені на рис. 2.3, лінійна інтерполяція досить груба (видно точки перегинів, що співпадають із вузловими точками). Натомість сплайнова інтерполяція дозволяє отримати хороші результати: графік функції плавний та точки його перегинів непомітні.

Сплайнова інтерполяція може використовуватися для екстраполяції з трьома видами продовження функції – лінійним, параболічним та кубічним. Така екстраполяція представлена на рис. 2.3 відрізками кривих в інтервалі x від 5 до 6. Якість екстраполяції залежить від того, які сплайни вибрані: 1 – із лінійним продовженням, 2 – із параболічним продовженням та 3 – із кубічним продовженням (ці цифри відносяться відповідно до змінних S_n та функцій f_n).

Крім задач інтерполяції та екстраполяції даних, не менш важливе місце в практиці науково-технічних та математичних розрахунків займає задача апроксимації функції та даних, тобто заміна їх обчислення на обчислення за апроксимуючим виразом. Бажано, щоб цей вираз був простішим вихідної функції, дозволяв швидке обчислення та забезпечував би допустиму похибку для практичних цілей.

Таблично задану функцію можна наблизити наступним чином. Нехай, деяка функція f(x) визначена рядом вузлових точок (x_i,y_i) на деякому відрізку [a,b]. Під інтерполяцією будемо розуміти обчислення значень f(x) в будь-якому проміжку $[x_i,x_{i+1}]$ в межах відрізку [a,b]. Відповідно будь-яке обчислення f(x) за межами [a,b] є екстраполяцією. На практиці під час обробки таблиць широко застосовується лінійна та квадратична інтерполяція, що представляється виразами:

$$f(x)_л = a_1 x + a_0 , \qquad (2.6)$$

$$f(x)_{кв} = a_2 x^2 + a_1 x + a_0 . \qquad (2.7)$$

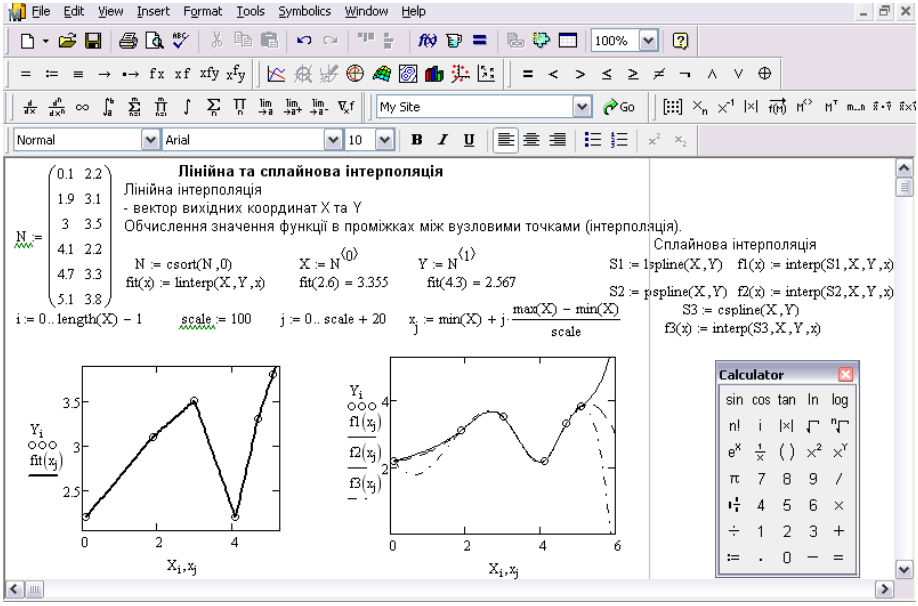


Рисунок 2.3 – Лінійна та сплайнова інтерполяція

Ці вирази є частковими випадками поліноміальної інтерполяції (апроксимації), при якій значення f(x) обчислюються за допомогою апроксимуючого полінома:

$$f(x)_a = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + ... + a_i x^i + ... + a_2 x^2 + a_1 x + a_0 = \sum_{i=0}^{n} a_i x^i . \qquad (2.8)$$

Реалізація поліноміальної апроксимації зводиться до обчислення коефіцієнтів полінома a_n, a_{n-1},…, a_1, a_0 так, щоб точки $f(x_i)_a$ точно співпадали з вузловими точками $f(x_i)$. Приклад поліноміальної апроксимації таблично заданої функції в загальному випадку (для довільно заданого степеня полінома) представлено на рис. 2.4. У цьому випадку гарантовано із похибкою машинних розрахунків, що крива полінома пройде через усі вузлові точки. Така апроксимація широко застосовується в науково-технічних розрахунках.

Особливістю розглянутої глобальної поліноміальної апроксимації є однозначна відповідність між числом вузлових точок N функції, що апроксимується, та степенем полінома n=N–1. На практиці можна задати функцію множиною точок, але тоді степінь полінома стане дуже великим, його обчислення займатимуть багато часу, а головне, при цьому точність обчислень може погіршитися. Практично максимальний степінь полінома не перевищує 8–10.

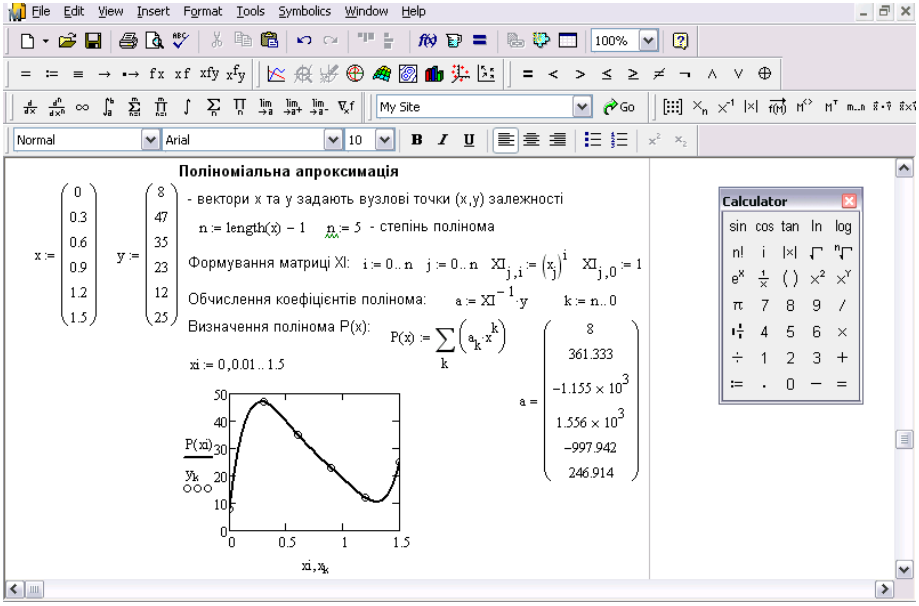


Рисунок 2.4 – Поліноміальна апроксимація

Примітка. Пояснення функцій системи MathCAD, що використовуються в прикладах на рис. 2.3 та рис. 2.4:

csort(A,n) – перестановка рядків матриці A таким чином, щоб відсортованим у порядку зростання значень елементів опинився n-ий стовпчик;

length(v) – число елементів у векторі v;

M<n> – виділення n-го стовпця матриці M.

Дані більшості експериментів мають випадкові складові, тому часто виникає необхідність статистичного згладжування даних. Метою **згладжування** є усунення розсіювання даних та наближення їх до деякої гладкої залежності. У MathCAD передбачено декілька функцій згладжування даних різними методами:

medsmooth(VY,n) – для вектора з m дійсними числами повертає m-розмірний вектор згладжених даних за методом ковзаючої медіани, параметр n задає ширину вікна згладжування (n має бути непарним числом, меншим m);

ksmooth(VX,VY,b) – повертає n-розмірний вектор згладжених даних VY, обчислених на основі розподілу Гауса. VX та VY – n-розмірні вектори дійсних чисел. Параметр b задає ширину вікна згладжування (b має у декілька разів перевищувати інтервал між точками по осі X);

supsmooth(VX,VY) – повертає n-розмірний вектор згладжених даних VY, обчислених на основі використання процедури лінійного згладжування методом найменших квадратів за правилом k-найближчих сусідів із адаптивним вибором k. VX та VY – n-розмірні вектори дійсних чисел. Елементи вектора VX повинні бути у порядку зростання.

На рис. 2.5 представлено приклад із застосуванням функцій згладжування. Із цих функцій найбільше згладжування забезпечує функція supsmooth. У прикладі для згладжування використовується синусоїдальна функція з шумами, що створена генератором випадкових чисел. Усі функції згладжування повертають вектор згладжених значень VY. Таким чином, під час згладжування точки не відкидаються, а лише наближуються до згладженої кривої.

Іноді важливо знати, за якими формулами виконується згладжування. На рис. 2.6 представлено розв'язок класичної задачі лінійного згладжування за п'ятьма точками. Термін "лінійне" означає, що при згладжуванні використовується лінійна функція. Лінійне згладжування за п'ятьма точками є частковим випадком згладжування за методом ковзаючої медіани, згідно з яким кожна точка даних обробляється як середнє значення її та найближчих точок.

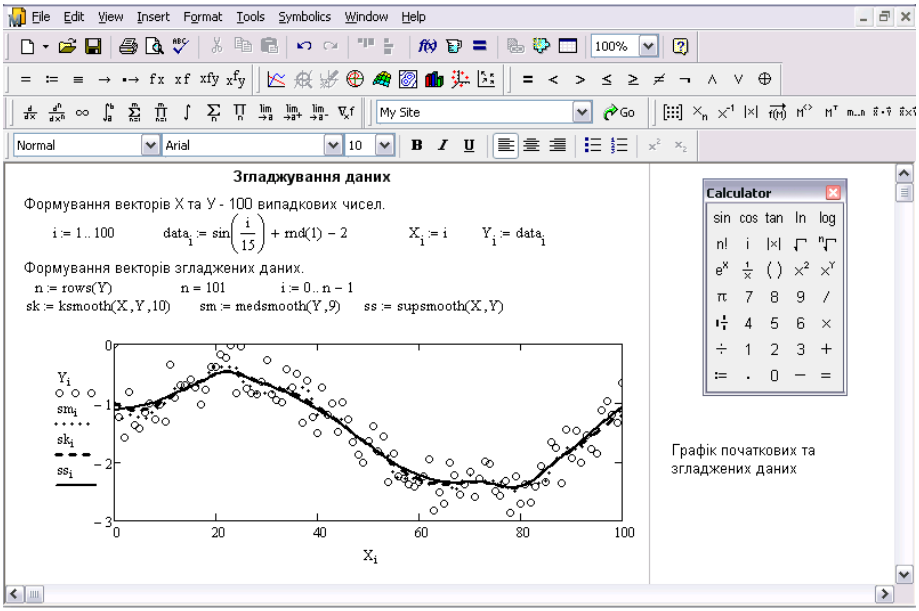


Рисунок 2.5 – Згладжування даних за допомогою функцій згладжування

На рис. 2.7 показано нелінійне згладжування за сімома точками. Зростання числа точок дозволяє суттєво збільшити степінь згладжування. Порівняння нелінійного та лінійного згладжування показує, що нелінійне дещо краще.

Примітка. Пояснення функцій системи MathCAD, що використовуються в прикладах на рис. 2.5–2.7:

rnd(x) – функція генерації випадкових чисел із рівномірним розподілом в інтервалі [0,x];

rows(A) – число рядків матриці A;

length(v) – число елементів у векторі v.

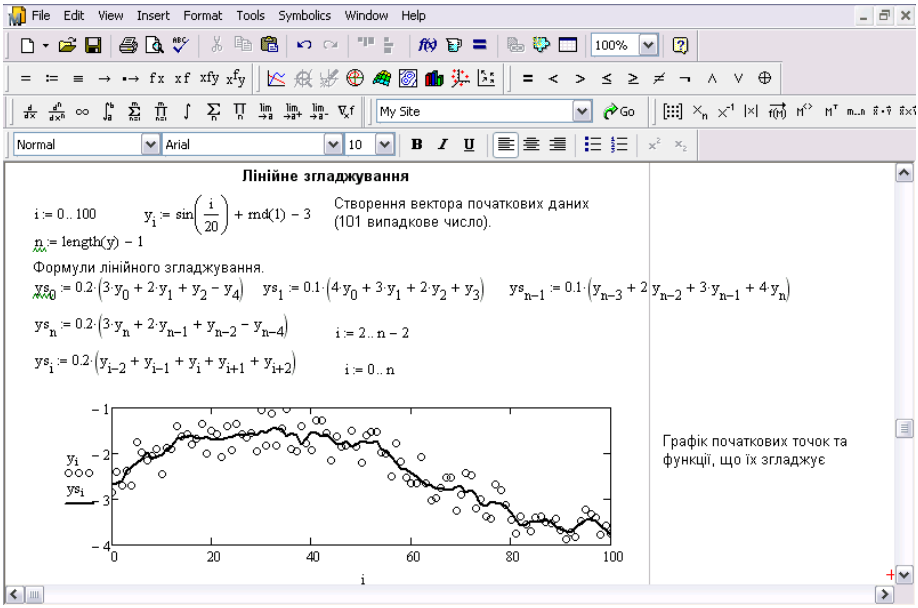


Рисунок 2.6 – Лінійне згладжування за п’ятьма точками

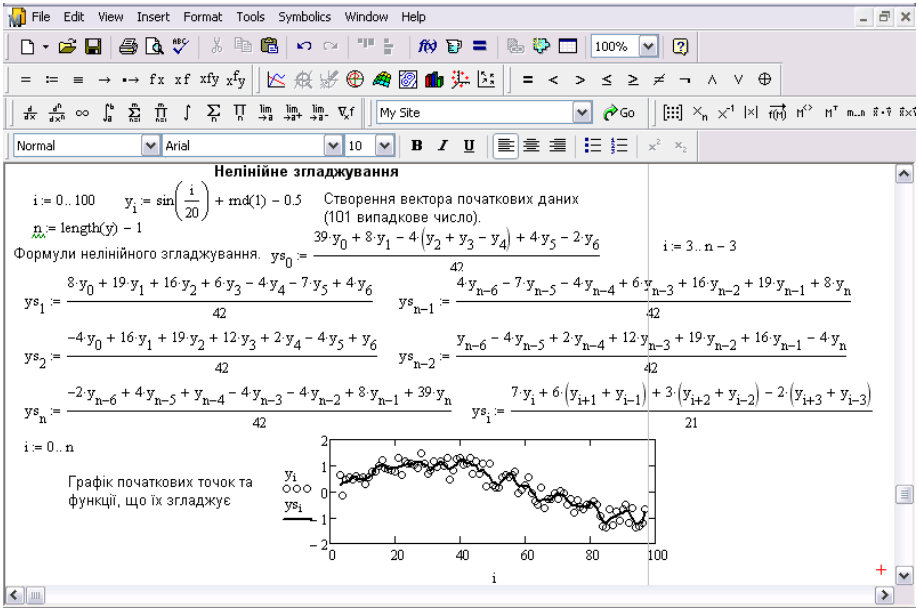


Рисунок 2.7 – Нелінійне згладжування за сімома точками

Порядок виконання практичної роботи

Завдання 1. Провести оброблення даних, які отримані експериментальним шляхом, за допомогою лінійної регресії. Завдання виконується відповідно до варіанта (додаток 3).

Завдання 2. Провести оброблення даних, які отримані експериментальним шляхом, за допомогою нелінійної регресію із використанням нелінійної функції $F(x,c,d)=c\cdot e^{-dx}+cd$. Завдання виконується відповідно до варіанта (додаток 3).

Завдання 3. Провести лінійну та сплайнову (із лінійним, квадратичним та кубічним продовженням функції) інтерполяцію та екстраполяцію таблично заданої функції. Побудувати графічні залежності для лінійної та сплайнової інтерполяції. Значеннями абсцис у проміжках між вузловими точками для обчислення функції (інтерполяція) задатися самостійно (не менше трьох значень). Завдання виконується відповідно до варіанта (додаток 4).

Завдання 4. Провести поліноміальну апроксимацію таблично заданої функції. Завдання виконується відповідно до варіанта (додаток 4).

Завдання 5. Провести згладжування даних за допомогою функцій medsmooth, ksmooth, supsmooth. Для згладжування використати синусоїдальну функцію із шумами, що створені генератором випадкових чисел. Завдання виконується відповідно до варіанта (додаток 4).

Завдання 6. Здійснити згладжування даних двома способами: лінійним за п’ятьма точками та нелінійним за сімома точками. Для згладжування використати синусоїдальну функцію із шумами, що створені генератором випадкових чисел. Завдання виконується відповідно до варіанта (додаток 4).

Контрольні запитання

1. Що таке інтерполяція та екстраполяція?
2. Що таке функція та які способи її задавання?
3. Що таке апроксимація?
4. Що таке регресія та у чому полягає задача регресії?
5. Яким чином здійснюється лінійна та нелінійна регресія?
6. Які функції передбачені у системі MathCAD для реалізації лінійної та нелінійної регресії?
7. Що таке сплайнова інтерполяція?
8. Які функції передбачені в системі MathCAD для здійснення сплайнової інтерполяції та екстраполяції?
9. З якою метою проводять згладжування даних?
10. Які функції передбачені в системі MathCAD для згладжування даних?

Практична робота № 3
Кореляційний аналіз

Теоретичні відомості

Під час експериментальних досліджень між змінними величинами зв'язок може бути **функціональним**, за якого кожному значенню однієї змінної (аргументу) відповідає одне значення іншої змінної (функції), та **кореляційним** (статистичний), за якого числовому значенню однієї змінної може відповідати декілька значень іншої змінної. Розрізняють прямолінійний і криволінійний, прямий і обернений, простий (визначення взаємозв'язків між двома змінними величинами) і множинний (визначення взаємозв'язків між трьома змінними величинами і більше) кореляційні зв'язки.

За допомогою методу кореляційного аналізу вирішуються дві основні задачі:

1) визначення форми і параметрів рівняння зв'язку;

2) визначення тісноти зв'язку (коефіцієнт кореляції, індекс кореляції).

Найбільш важливим етапом кореляційного аналізу є вибір рівняння для вивчення зв'язку між змінними величинами. У випадку парної кореляції рівняння зв'язку можна обрати шляхом побудови графіка (кореляційного поля) чи складання кореляційної таблиці. Рівняння, що встановлює кількісний зв'язок між змінними величинами називається **рівнянням регресії** або **кореляційним рівнянням**.

У випадку прямолінійної форми зв'язку кореляційне рівняння матиме вигляд:

$$\hat{y}_x = a + bx , \qquad (3.1)$$

де $\hat{y}_x$ – вирівняні значення результативної ознаки (залежна змінна); x – значення факторної ознаки (незалежна змінна); a – значення $\hat{y}_x$ при x = 0; b – коефіцієнт регресії, який показує середню зміну результативної ознаки при зміні факторної ознаки на одиницю.

Якщо b > 0, то зв'язок прямий, якщо b < 0, то зв'язок зворотний, якщо b = 0, зв'язок відсутній.

Параметри рівняння a та b визначаються із системи рівнянь:

$$\left.\begin{aligned} \sum_{i=1}^{n} y_i &= an + b\sum_{i=1}^{n} x_i; \\ \sum_{i=1}^{n} y_i x_i &= a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i^2, \end{aligned}\right\} \qquad (3.2)$$

де n – кількість дослідних результатів (точок).

У випадку криволінійного кореляційного зв'язку, наприклад, для параболи другого порядку $\hat{y}_x = a + bx + cx^2$, кореляційне рівняння матиме вигляд:

$$\left.\begin{aligned}
&\sum_{i=1}^{n} y_i = an + b\sum_{i=1}^{n} x_i + c\sum_{i=1}^{n} x_i^2;\\
&\sum_{i=1}^{n} y_i x_i = a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + c\sum_{i=1}^{n} x_i^3;\\
&\sum_{i=1}^{n} y_i x_i^2 = a\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + b\sum_{i=1}^{n} x_i^3 + c\sum_{i=1}^{n} x_i^4.
\end{aligned}\right\} \qquad (3.3)$$

Рівняння кореляційного зв'язку використовують для розрахунку теоретичної лінії регресії і очікуваних значень залежної змінної при відповідних значеннях фактора (факторів). Важливим є визначення ступеня тісноти зв'язку між змінними величинами, що характеризується **коефіцієнтом кореляції**. У випадку парної лінійної залежності тіснота зв'язку визначається за допомогою **лінійного коефіцієнта кореляції**:

$$r = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\cdot\bar{y}}{\sigma_x \sigma_y}, \qquad (3.4)$$

або

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} y_i x_i - \sum_{i=1}^{n} y_i \sum_{i=1}^{n} x_i}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2\right]\left[n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2\right]}}, \qquad (3.5)$$

де $\overline{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i}{n}$; $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n}$; $\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n}$; $\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} x_i^2}{n} - \bar{x}^2}$; $\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} y_i^2}{n} - \bar{y}^2}$.

Коефіцієнт кореляції знаходиться в межах від 0 до ±1. Якщо коефіцієнт кореляції дорівнює нулю, то зв'язок відсутній, якщо одиниці, то зв'язок функціональний. У випадку $|r| \geq 0{,}7$ вважається, що кореляційний зв'язок міцний, у випадку $0{,}3 \leq |r| < 0{,}7$ – зв'язок є середнім, у випадку $|r| < 0{,}3$ – зв'язок вважається слабким. Знак при коефіцієнті кореляції вказує на напрямок зв'язку: "+" – прямий; "–" – зворотний.

Квадрат коефіцієнта кореляції називається **коефіцієнтом детермінації** r^2. Він вказує, яка частка загальної варіації ознаки визначається фактором, що досліджується.

У випадку нелінійного зв'язку між змінними величинами, коефіцієнт кореляції розраховується за формулою:

$$r = \sqrt{\frac{\sigma^2_{факт.}}{\sigma^2_{заг.}}}, \qquad (3.6)$$

де $\sigma_{факт.}$, $\sigma_{заг.}$ – відповідно, факторна та загальна дисперсії.

Формула (3.6) може бути застосована для визначення тісноти зв'язку за будь-якої форми зв'язку. У випадку параболічної залежності формула (3.6) матиме вигляд:

$$r = \sqrt{\frac{\sigma^2_{факт.}}{\sigma^2_{заг.}}} = \sqrt{\frac{a\sum_{i=1}^{n} y_i + b\sum_{i=1}^{n} y_i x_i + c\sum_{i=1}^{n} y_i x_i^2 - n\bar{y}^2}{\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - n\bar{y}^2}}. \qquad (3.7)$$

Розглянемо на прикладах визначення показників зв'язку при парній лінійній та криволінійній залежностях.

Приклад 1. Проведено дослідження впливу тривалості лущення ячменю на індекс лущення, результати дослідження представлені в таблиці 3.1. Потрібно провести кореляційно-регресійний аналіз зв'язку між тривалістю лущення та індексом лущення. Для характеристики цього зв'язку необхідно визначити: форму зв'язку і рівняння зв'язку (для цього необхідно побудувати кореляційне поле, де x – незалежна змінна (тривалість лущення), y – залежна змінна (індекс лущення)); параметри рівняння регресії; тісноту зв'язку (коефіцієнти кореляції та детермінації).

Таблиця 3.1 – Результати експериментального дослідження

x, с	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
y, %	6,0	8,8	8,9	12,2	13,1	15,9	16,1	19,4	19,7	22,5

Розв'язок

Для визначення форми зв'язку між індексом лущення (y) та тривалістю лущення (x) ячменю побудуємо у MathCAD кореляційне поле (рис. 3.1). На осі абсцис нанесемо значення тривалості лущення ячменю, а на осі ординат – індексу лущення. Аналіз графіка показує, що зв'язок наближається до прямолінійного і його можна виразити рівнянням прямої лінії (3.1):

$$\hat{y}_x = a + bx .$$

Розв'язок цього рівняння регресії покаже зміну індексу лущення ячменю від тривалості лущення $\hat{y}_x$.

Параметри рівняння прямої лінії a та b знайдемо із системи рівнянь (3.2):

$$\left.\begin{aligned} \sum_{i=1}^{n} y_i &= an + b\sum_{i=1}^{n} x_i; \\ \sum_{i=1}^{n} y_i x_i &= a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i^2. \end{aligned}\right\}$$

Усі необхідні дані для розв'язування системи рівнянь розрахуємо із використанням експериментальних даних у таблиці 3.2.

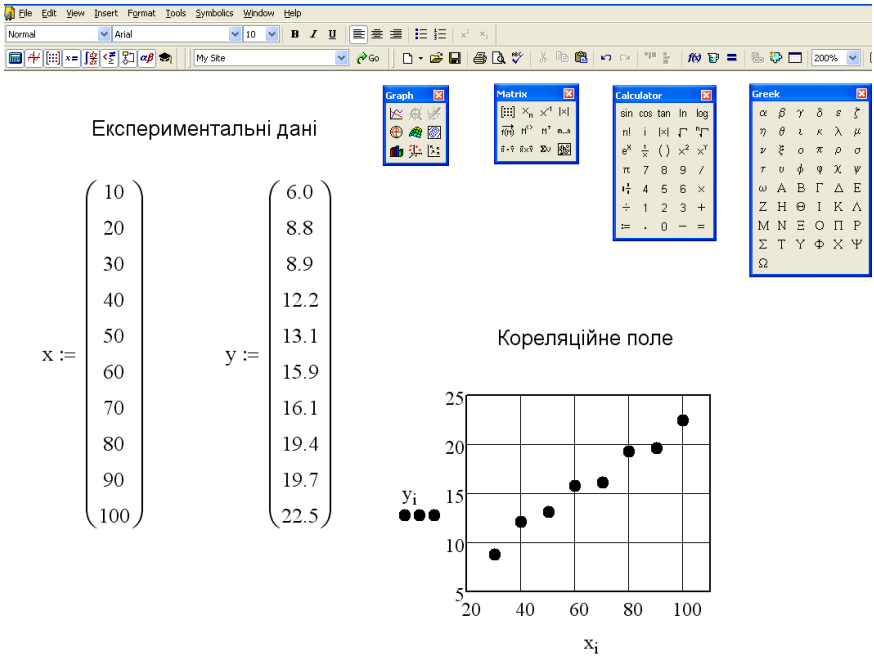


Рисунок 3.1 – Кореляційне поле

Таблиця 3.2 – Розрахунок даних для визначення показників кореляційного зв'язку

№ п/п	Індекс лущення y, %	Тривалість лущення x, с	Розрахункові параметри			
			yx	y^2	x^2	Очікуване значення індексу лущення $\hat{y}_i$, %
1	6,0	10	60	36,00	100	6,3
2	8,8	20	176	77,44	400	8,1
3	8,9	30	267	79,21	900	9,8
4	12,2	40	488	148,84	1600	11,6
5	13,1	50	655	171,61	2500	13,4
6	15,9	60	954	252,81	3600	15,1
7	16,1	70	1127	259,21	4900	16,9
8	19,4	80	1552	376,36	6400	18,7
9	19,7	90	1773	388,09	8100	20,5
10	22,5	100	2250	506,25	10000	22,2
Разом	**142,6**	**550**	**9302**	**2295,82**	**38500**	**142,6**
У середньому	14,26	55,0	930,2	229,58	3850,0	14,26

Одержані дані підставимо в систему рівнянь (3.2):

$$\left.\begin{aligned} 142{,}6 &= a \cdot 10 + b \cdot 550; \\ 9302 &= a \cdot 550 + b \cdot 38500. \end{aligned}\right\}$$

Визначимо з першого рівняння системи a:

$$a = 14{,}26 - 55 \cdot b\,.$$

Підставимо отриманий вираз у друге рівняння системи:

$$9302 = (14{,}26 - 55 \cdot b) \cdot 550 + b \cdot 38500\,.$$

Розв'язування останнього рівняння дозволило отримати b = 0,177, тоді параметр a = 4,533. Таким чином, рівняння регресії (кореляційне рівняння), яке описує зв'язок між тривалістю лущення та індексом лущення матиме вигляд:

$$\hat{y}_x = 4{,}533 + 0{,}177 \cdot x\,.$$

Приклад розв'язування системи лінійних рівнянь у MathCAD за допомогою блоку "Given-Find" представлено на рис. 3.2.

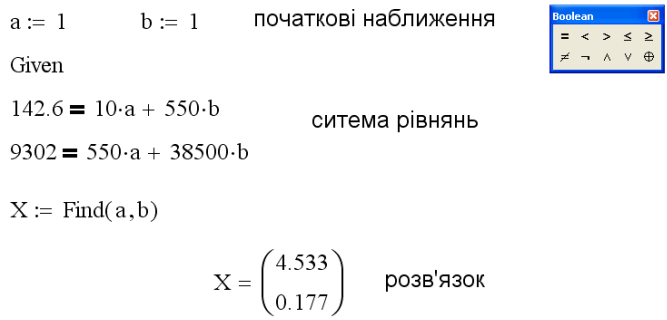


Рисунок 3.2 – Приклад розв'язування системи лінійних рівнянь у MathCAD

За допомогою рівняння регресії розрахуємо очікувані (розрахункові) значення індексу лущення $\hat{y}_x$ за різних значень тривалості лущення. Для цього замість x в отримане рівняння регресії підставимо експериментальні значення x з таблиці 3.1:

$$\hat{y}_{x=10} = 4{,}533 + 0{,}177 \cdot 10 = 6{,}3\,;$$

$$\hat{y}_{x=20} = 4{,}533 + 0{,}177 \cdot 20 = 8{,}1\,;$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\hat{y}_{x=100} = 4{,}533 + 0{,}177 \cdot 100 = 22{,}2\,.$$

Розраховані значення $\hat{y}_x$ записуються в останній стовпчик таблиці 3.2. За отриманим рівнянням регресії $\hat{y}_x$ побудуємо теоретичну лінію регресії на кореляційному полі (рис. 3.3).

$y(x) := 4.533 + 0.177 \cdot x$ рівняння регресії

$x := 0, 0.01 .. 110$ інтервал x для побудови графіка функції

Графік рівняння регресії

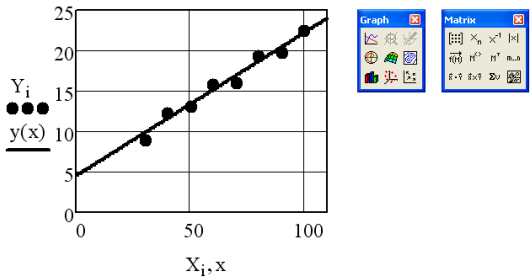


Рисунок 3.3 – Графік залежності індексу лущення від тривалості лущення ячменю

Перевіримо правильність проведених розрахунків шляхом співставлення сум фактичного індексу лущення з розрахунковим його значенням:

$$\sum_{i=1}^{n} y_i = \sum_{i=1}^{n} y_x ;$$

$$142{,}6 = 142{,}6.$$

Таким чином, розрахунок проведено правильно.

Визначимо тісноту зв'язку між тривалістю лущення ячменю та індексом лущення. Для цього розрахуємо лінійний коефіцієнт регресії за формулою (3.5) скориставшись даними таблиці 3.2:

$$r = \frac{n\sum_{i=1}^{n} y_i x_i - \sum_{i=1}^{n} y_i \sum_{i=1}^{n} x_i}{\sqrt{\left[n\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} y_i\right)^2\right]\left[n\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)^2\right]}} =$$

$$= \frac{10 \cdot 9302 - 142{,}6 \cdot 550}{\sqrt{\left[10 \cdot 2295{,}82 - 142{,}6^2\right]\left[10 \cdot 38500 - 550^2\right]}} = 0{,}99.$$

Значення коефіцієнта кореляції показує, що між тривалістю лущення та індексом лущення ячменю існує міцний зв'язок.

Розрахуємо значення коефіцієнта детермінації:

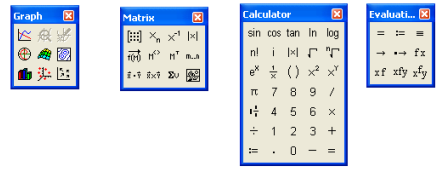
$$r^2 = 0{,}99^2 = 0{,}98 .$$

Коефіцієнт детермінації показує, що 98% загальної варіації індексу лущення ячменю обумовлено тривалістю лущення, а решта 2% – іншими факторами, які не були враховані під час дослідження.

На рис. 3.4 представлені функції MathCAD, які призначені для розрахунку коефіцієнта кореляції та параметрів рівняння лінійної регресії.

Експериментальні дані

$$X := \begin{pmatrix} 10 \\ 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \end{pmatrix} \qquad Y := \begin{pmatrix} 6.0 \\ 8.8 \\ 8.9 \\ 12.2 \\ 13.1 \\ 15.9 \\ 16.1 \\ 19.4 \\ 19.7 \\ 22.5 \end{pmatrix}$$



Визначення коефіцієнта кореляції:

$$\text{corr}(X, Y) = 0.992$$

Функції MathCAD, для розрахунку параметрів лінійної регресії:

$$\text{line}(X, Y) = \begin{pmatrix} 4.533 \\ 0.177 \end{pmatrix}$$

$$\text{intercept}(X, Y) = 4.533$$

$$\text{slope}(X, Y) = 0.177$$

Рисунок 3.4 – Приклад застосування функцій MathCAD для розрахунку коефіцієнта кореляції та параметрів рівняння лінійної регресії

Приклад 2. Проведено дослідження впливу тривалості періоду після випікання тонких галет на вологість виробів, результати дослідження представлені у таблиці 3.3. Потрібно провести кореляційно-регресійний аналіз зв'язку між тривалістю періоду після випікання галет та їх вологістю. Для характеристики цього зв'язку необхідно визначити: форму зв'язку і рівняння зв'язку (для цього необхідно побудувати кореляційне поле, де х – незалежна змінна (тривалість періоду після випікання), у – залежна змінна (вологість тонких галет)); параметри рівняння регресії; тісноту зв'язку (коефіцієнти кореляції та детермінації).

Таблиця 3.3 – Результати експериментального дослідження

х, год.	1,0	1,5	2,0	2,0	3,0	3,5	4,0	4,0	5,0	5,5
у, %	13,8	14,0	15,3	15,6	15,8	16,0	14,7	15,2	13,2	13,6

Розв'язок

Для визначення форми зв'язку між вологістю галет (y) та тривалістю періоду після випікання (x) галет побудуємо у MathCAD кореляційне поле (рис. 3.5). На осі абсцис нанесемо значення тривалості періоду після випікання галет, а на осі ординат – вологість галет. Аналіз графіка показує, що зв'язок є нелінійним, оскільки вологість виробів спочатку зростає, а потім зменшується. Цей зв'язок можна виразити у вигляді рівнянням параболи другого порядку:

$$\%_x = a + bx + cx^2,$$

де $\%_x$ – вологість галет, %; x – тривалість періоду після випікання галет, год.; a, b, c – параметри рівняння.

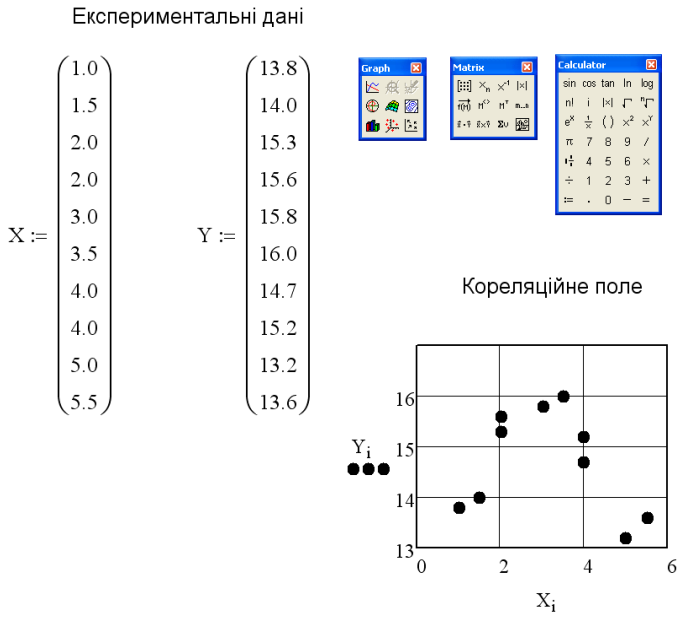


Рисунок 3.5 – Кореляційне поле

Параметри рівняння регресії a, b та c знайдемо із системи рівнянь (3.3):

$$\left.\begin{aligned}
\sum_{i=1}^{n} y_i &= an + b\sum_{i=1}^{n} x_i + c\sum_{i=1}^{n} x_i^2;\\
\sum_{i=1}^{n} y_i x_i &= a\sum_{i=1}^{n} x_i + b\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + c\sum_{i=1}^{n} x_i^3;\\
\sum_{i=1}^{n} y_i x_i^2 &= a\sum_{i=1}^{n} x_i^2 + b\sum_{i=1}^{n} x_i^3 + c\sum_{i=1}^{n} x_i^4.
\end{aligned}\right\}$$

Усі необхідні дані для розв'язування системи рівнянь розрахуємо із використанням експериментальних даних у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунок даних для визначення показників кореляційного зв'язку

№ п/п	y, %	x, год.	Розрахункові параметри						$\hat{y}_x$, %
			x^2	x^3	x^4	yx	yx^2	y^2	
1	13,8	1,0	1,0	1,0	1,0	13,8	13,8	190,44	13,8
2	14,0	1,5	2,25	3,375	5,06	21,0	31,5	196,0	14,6
3	15,3	2,0	4,0	8,0	16,0	30,6	61,2	234,09	15,2
4	15,6	2,0	4,0	8,0	16,0	31,2	62,4	243,36	15,2
5	15,8	3,0	9,0	27,0	81,0	47,4	142,2	249,64	15,6
6	16,0	3,5	12,25	42,875	150,06	56,0	196,0	256,0	15,5
7	14,7	4,0	16,0	64,0	256,0	58,8	235,2	216,09	15,2
8	15,2	4,0	16,0	64,0	256,0	60,8	243,2	231,04	15,2
9	13,2	5,0	25,0	125,0	625,0	66,0	330,0	174,24	13,9
10	13,6	5,5	30,25	166,375	915,06	74,8	411,4	184,96	13,0
Разом	147,2	31,5	119,75	509,625	2321,18	460,4	1726,9	2175,86	147,2

Одержані дані підставимо у систему рівнянь (3.3):

$$\left.\begin{aligned} 147{,}2 &= a\cdot 10 + b\cdot 31{,}5 + c\cdot 119{,}75;\\ 460{,}4 &= a\cdot 31{,}5 + b\cdot 119{,}75 + c\cdot 509{,}625;\\ 1726{,}9 &= a\cdot 119{,}75 + b\cdot 509{,}625 + c\cdot 2321{,}18. \end{aligned}\right\}$$

Приклад розв'язування системи лінійних рівнянь у MathCAD за допомогою блоку "Given-Find" представлено на рис. 3.6.

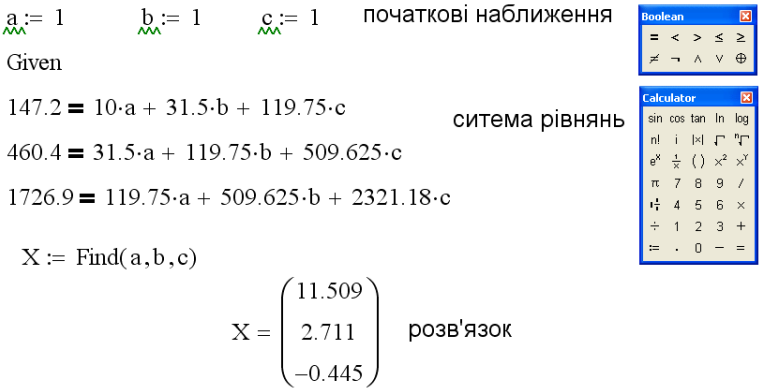


Рисунок 3.6 – Приклад розв'язування системи лінійних рівнянь у MathCAD

Таким чином, за результатами розв'язування системи лінійних рівнянь отримали значення параметрів рівняння регресії: a = 11,509; b = 2,711; c = - 0,445.

Рівняння регресії (кореляційне рівняння), яке описує зв'язок між періодом після випікання та вологістю галет матиме вигляд:

$$\hat{y}_x = 11{,}509 + 2{,}711 \cdot x - 0{,}445 \cdot x^2 .$$

За допомогою рівняння регресії розрахуємо очікувані (розрахункові) значення вологості галет $\hat{y}_x$ за різної тривалості періоду після їх випікання. Для цього замість x в отримане рівняння регресії підставимо експериментальні значення x з таблиці 3.3:

$$\hat{y}_{x=1} = 11{,}509 + 2{,}711 \cdot 1 - 0{,}445 \cdot 1^2 = 13{,}8;$$

$$\hat{y}_{x=1{,}5} = 11{,}509 + 2{,}711 \cdot 1{,}5 - 0{,}445 \cdot 1{,}5^2 = 14{,}6;$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\hat{y}_{x=5{,}5} = 11{,}509 + 2{,}711 \cdot 5{,}5 - 0{,}445 \cdot 5{,}5^2 = 13{,}0.$$

Розраховані значення $\hat{y}_x$ записуються в останній стовпчик таблиці 3.4. За отриманим рівнянням регресії $\hat{y}_x$ побудуємо теоретичну криву регресії на кореляційному полі (рис. 3.7).

$y(x) := 11.509 + 2.711 \cdot x - 0.445 \cdot x^2$ рівняння регресії

$x := 0, 0.01 .. 6$ інтервал x для побудови графіка функції

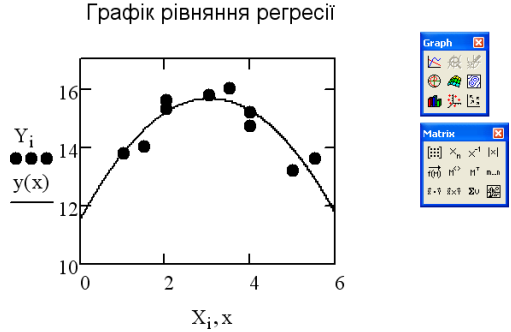


Рисунок 3.7 – Графік залежності вологості галет від тривалості періоду після їх випікання

Перевіримо правильність проведених розрахунків шляхом співставлення сум фактичної вологості галет із розрахунковою:

$$\sum_{i=1}^{n} y_i = \sum_{i=1}^{n} \hat{y}_x ;$$

$$147{,}2 = 147{,}2.$$

Таким чином, розрахунок проведено правильно.

Визначимо тісноту зв'язку між тривалістю періоду після випікання галет та їх вологістю. Для цього розрахуємо коефіцієнт регресії за формулою (3.7) скориставшись даними таблиці 3.4:

$$r = \sqrt{\frac{a\sum_{i=1}^{n} y_i + b\sum_{i=1}^{n} y_i x_i + c\sum_{i=1}^{n} y_i x_i^2 - n\bar{y}^2}{\sum_{i=1}^{n} y_i^2 - n\bar{y}^2}} =$$

$$= \sqrt{\frac{11{,}509 \cdot 147{,}2 + 2{,}711 \cdot 460{,}4 - 0{,}445 \cdot 1726{,}9 - 10 \cdot \left(\frac{147{,}2}{10}\right)^2}{2175{,}86 - 10 \cdot \left(\frac{147{,}2}{10}\right)^2}} = 0{,}88.$$

Значення коефіцієнта кореляції показує, що між тривалістю періоду після випікання галет та їх вологістю існує міцний зв'язок.

Розрахуємо значення коефіцієнта детермінації:

$$r^2 = 0{,}88^2 = 0{,}77 .$$

Коефіцієнт детермінації показує, що 77% загальної варіації вологості галет обумовлено тривалістю періоду після випікання, а решта 23% – іншими факторами, які не були враховані під час дослідження.

Порядок виконання практичної роботи

Завдання 1. Провести кореляційно-регресійний аналіз зв'язку між тривалістю лущення та індексом лущення за даними, які отримані у результаті експериментальних досліджень (додаток 5).

Завдання 2. Провести кореляційно-регресійний аналіз зв'язку між тривалістю періоду після випікання галет та їх вологістю за даними, які отримані у результаті експериментальних досліджень (додаток 5).

Контрольні запитання

1. Які види зв'язку можуть бути між змінними величинами, які отримані під час експериментальних досліджень?
2. Які є види кореляційного зв'язку?
3. Які дві основні задачі вирішуються методом кореляційного аналізу?
4. Яке рівняння називається рівнянням регресії?
5. Як у випадку прямолінійної форми зв'язку між величинами за кореляційним рівнянням визначити чи зв'язок прямий, чи зворотний?
6. Що характеризує коефіцієнт кореляції та як він визначається?
7. Що характеризує коефіцієнт детермінації та як він визначається?
8. Яка функція MathCAD призначена для розрахунку коефіцієнта лінійної кореляції?
9. Які функції MathCAD призначені для розрахунку параметрів рівняння лінійної регресії?
10. Яким чином розв'язати в MathCAD систему лінійних рівнянь?

Практична робота № 4
Статистичні сукупності. Статистична оцінка параметрів розподілу

Теоретичні відомості

Статистичною сукупністю називається сукупність об'єктів, схожих у будь-якому відношенні, і в той же час, які мають варіюючі (мінливі) ознаки, що є предметом статистичного дослідження. Статистична сукупність складається з окремих елементів або одиниць, їх загальне число називається **обсягом сукупності**. Елементи сукупності можуть бути охарактеризовані однією або декількома ознаками. **Ознаки**, які набувають різних значень в окремих одиниць сукупності, називаються **варіюючими**, а окремі їх значення – **варіантами**. Варіюючі ознаки поділяються на **атрибутивні** (якісні, що не піддаються числовому виразу) та **кількісні**. За характером варіювання кількісні ознаки поділяються на дискретні та неперервні. **Дискретними** називаються **ознаки**, які можуть набувати лише перервні значення. **Ознаки**, які можуть у певних межах набувати будь-які числові значення, називаються **неперервними**.

Залежно від повноти обстеження одиниць сукупності розрізняють генеральну і вибіркову сукупність. **Генеральна сукупність** – це вся множина однорідних за певною ознакою об'єктів чи подій, які є предметом інтересу чи дослідження. **Вибіркова сукупність** – це сукупність статистичних одиниць, відібраних за певними правилами з генеральної сукупності для проведення статистичного спостереження.

Одержані в результаті спостереження масові статистичні дані необхідно систематизувати. Розмістивши окремі значення ознак (варіант) у зростаючому або спадаючому порядку, отримаємо **ранжируваний ряд розподілу**. Для отримання **варіаційного ряду розподілу** статистичні дані необхідно об'єднати в окремі групи та підрахувати частоту для кожної групи. Для побудови інтервального варіаційного ряду розподілу необхідно визначити кількість груп та величину інтервалу. Кількість груп залежить від загальної чисельності одиниць сукупності і характеру групувальної ознаки. Якщо інтервальний ряд будується за атрибутивною (якісною) ознакою, то виділяють стільки груп, скільки є градацій ознаки.

Модою називається значення ознаки, яке має найбільшу частоту в статистичному ряду розподілу. **Медіаною** називають таке значення ознаки, яке ділить ранжируваний ряд розподілу на дві рівні частини, тобто значення, яке знаходиться у середині ряду розподілу. Додатково до медіани для характеристики структури варіаційного ряду розподілу вираховують **квартилі**, які ділять ранжируваний ряд на 4 рівні частини, та **децилі**, які ділять ранжируваний ряд на 10 рівних частин.

Варіацією ознаки називається наявність відмінностей в числових значеннях ознак у одиниць сукупності. **Розмах варіації** є різниця між максимальним і мінімальним значеннями ознаки.

Для наочності варіаційні ряди розподілу можуть бути зображені графічно у вигляді гістограми, полігону, огіви або кумуляти. **Гістограма** слугує для зображення інтервального варіаційного ряду розподілу, **полігон**, як правило, – дискретного варіаційного ряду, **огіва** – ранжируваного ряду, **кумулята** – нагромаджених частот.

Приклад. Встановити закон розподілу маси овочів, які надійшли на переробку (348, 354, 243, 458, 477, 574, 255, 541, 378, 85, 399, 595, 688, 216, 433, 608, 496, 734, 438, 855).

Якщо число різних значень дослідних даних більше 15–20, то під час групування усі ці данні доцільно зводити в певне число розрядів, приймаючи ширину розряду однаковою. Тоді побудову таблиці розподілу проводять у такій послідовності:

- знаходять найбільше (x_{max}) та найменше (x_{min}) значення випадкової величини, за якими обчислюють розмах зміни значень R:

$$R = x_{max} - x_{min}; \quad (4.1)$$

- визначають (задають) число розрядів (груп, інтервалів) k, приймаючи його непарним (при загальній кількості вимірів $n < 100$ можна прийняти $k = 7$);

- визначають ширину розряду (для спрощення отримане значення заокруглюють):

$$\delta = R / k; \quad (4.2)$$

- встановлюють межі розрядів та підраховують число вимірів в кожному розряді (якщо значення знаходиться на межі розряду, то його необхідно віднести до одного з розрядів) (таблиця 4.1);

- визначають ймовірність для кожного розряду за залежністю (таблиця 4.1):

$$p_i = m_i / n, \quad (4.3)$$

де m_i – число значень x_i, в і-му розряді;

n – загальне число усіх дослідних даних.

Таблиця 4.1 – Варіаційний ряд розподілу

Інтер-вал	85-195	195-305	305-415	415-525	525-635	635-745	745-855
m_i	1	3	4	5	4	2	1
p_i	0,05	0,15	0,20	0,25	0,20	0,10	0,05

Графічною формою представлення випадкових величин, зведених у розряди, є гістограми та полігони, які будуються в наступній послідовності:

- визначається величина ординати $y_i = p_i / \delta$;

- в системі координат $y_i = f(x)$ на ширині розряду δ відкладаються величини y_i як висоти та будуються прямокутники, таким чином, площа прямокутника над інтервалом дорівнює частоті, а повна площа гістограми дорівнює одиниці;

- приблизно те саме, що і гістограма показує і інший графік, який називається полігоном; він будується в тій самій системі координат, але за віссю

абсцис відкладається середнє значення інтервалу, тому він нагадує многокутник розподілу.

Випадкові величини і статистичний розподіл оцінюються рядом числових характеристик: математичне сподівання, дисперсія, середнє квадратичне відхилення.

Математичне сподівання випадкової величини – це сума добутків усіх можливих значень випадкової величини на їх ймовірність (для статистичного розподілу аналогією математичного сподівання є середнє арифметичне або середнє статистичне випадкової величини):

$$M[x]=\sum_{i=1}^{n} x_i p_i \ . \qquad (4.4)$$

Дисперсія характеризує розсіювання випадкової величини біля її математичного сподівання:

$$D[x]=M[x^2]-M^2[x], \qquad (4.5)$$

де $M[x^2]=\sum_{i=1}^{n} x_i^2 p_i$.

Для наочної характеристики розсіювання краще користуватися **середнім квадратичним відхиленням** або **стандартом**, що має таку саму розмірність, що й випадкова величина, і дорівнює кореню квадратному від дисперсії:

$$\sigma[x]=\sqrt{D[x]} \ . \qquad (4.6)$$

Нехай, проміжки часу безвідмовної роботи технологічного обладнання розподілено за нормальним законом із параметрами $M[x]$ та $\sigma[x]$:

$$f(x)=\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-M)^2}{2\sigma^2}} \ . \qquad (4.7)$$

Теоретичне значення ймовірності попадання випадкової величини на задану ділянку визначається за формулою:

$$p_m(\alpha<x<\beta)=\int_{\alpha}^{\beta} f(x)dx=\Phi\left(\frac{\beta-M}{\sigma}\right)-\Phi\left(\frac{\alpha-M}{\sigma}\right), \qquad (4.8)$$

де Φ – функція Лапласа.

Дані, що отримані у результаті розрахунку за формулою (4.8), представлені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку

Інтер-вал	85-195	195-305	305-415	415-525	525-635	635-745	745-855
m_i	1	3	4	5	4	2	1
p_i	0,05	0,15	0,20	0,25	0,20	0,10	0,05
p_{mi}	0,04	0,12	0,22	0,26	0,20	0,10	0,03

Порівнюючи значення p_i та p_{mi}, переконуємося в тому, що заданий статистичний розподіл підпорядковується нормальному закону.

За критерієм Пірсона (хі-квадрат-критерій) перевіряємо, чи вірна гіпотеза щодо розподілу за нормальним законом. Розрахункове значення критерію Пірсона:

$$\chi_p^2 = \sum_{i=1}^{k} \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i}, \qquad (4.9)$$

де k – кількість інтервалів.

Табличне значення критерію Пірсона χ_m^2 визначається при рівні значущості α та числі ступенів вільності f = k - r - l (r = 2 – число параметрів (M та σ)). Гіпотеза щодо нормальності розподілу приймається, якщо виконується умова:

$$\chi_p^2 < \chi_m^2 . \qquad (4.10)$$

На рис. 4.1–4.3 наведено приклад встановлення закону розподілу проміжків часу безвідмовної роботи технологічного обладнання за допомогою системи MathCAD.

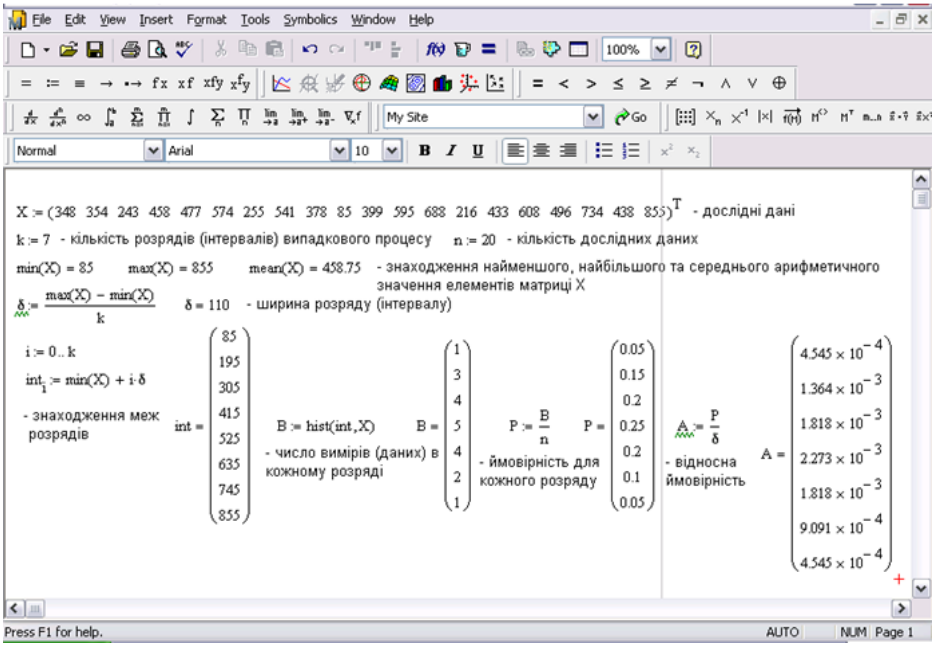


Рисунок 4.1 – Приклад виконання завдання у MathCAD

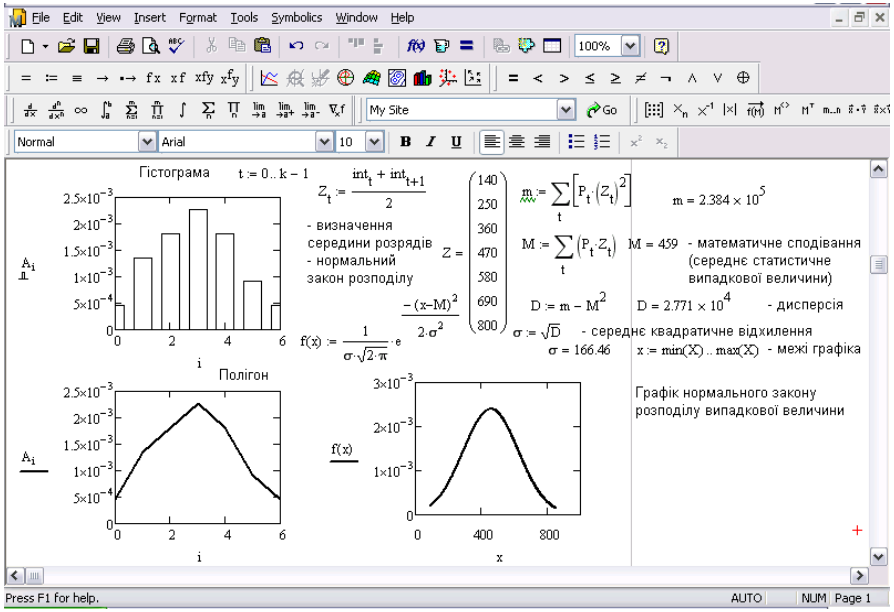


Рисунок 4.2 – Приклад виконання завдання у MathCAD

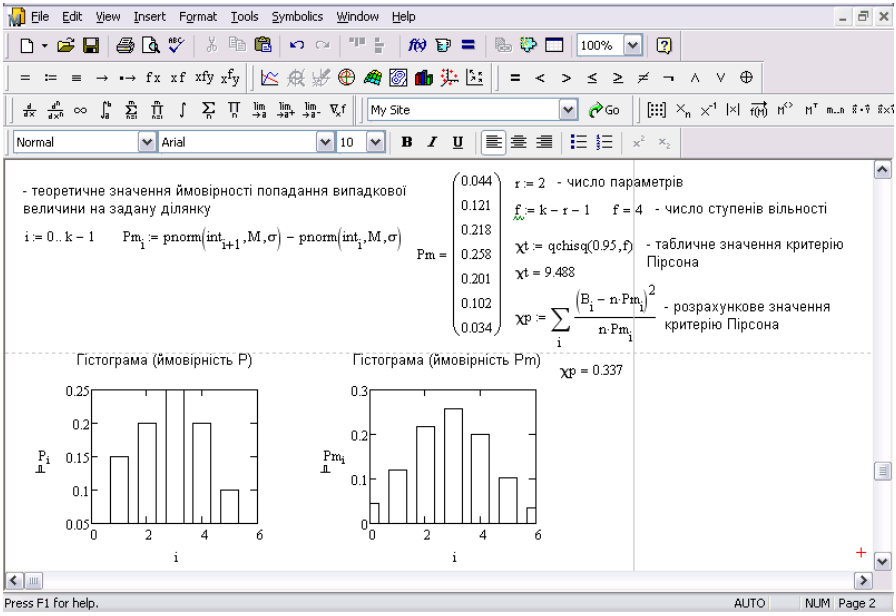


Рисунок 4.3 – Приклад виконання завдання у MathCAD

Примітка. Пояснення функцій системи MathCAD, що використовуються у прикладі на рис. 4.1–4.3:

min(X) – повертає найменший елемент матриці X;

max(X) – повертає найбільший елемент матриці X;

mean(X) – середнє арифметичне значення елементів матриці X;

hist(int,X) – повертає вектор з числом точок з X, які попали в відповідний інтервал з межами, що задані вектором int (призначений для побудови гістограм);

pnorm(x,M,σ) – повертає значення в точці x функції нормального розподілу з середнім значенням M та стандартним відхиленням σ;

qchisq(1-α,f) – повертає квантилі зворотного хі-квадрат-розподілу (α – рівень значущості, f – число ступенів вільності).

Порядок виконання практичної роботи

Завдання. Встановити закон розподілу маси овочів, які надійшли на переробку. Завдання виконується відповідно до варіанта (додаток 6).

Контрольні запитання

1. Що таке статистична сукупність, генеральна сукупність та вибіркова сукупність?
2. Яким чином відбувається побудова гістограми та полігону?
3. За якою формулою визначають математичне сподівання?
4. За якою формулою визначають дисперсію?
5. Яким чином визначають величину розряду (інтервалу) та ймовірність попадання випадкової величини на інтервал?
6. Яка відмінність між атрибутивною та кількісною ознаками, дискретною та неперервною ознаками?
7. За якою формулою визначають середнє квадратичне відхилення (стандарт)?
8. Чим відрізняється ранжируваний ряд розподілу від варіаційного?
9. Що таке мода, медіана, квартиль та дециль?
10. Від чого залежить кількість груп (розрядів, інтервалів), що необхідна для побудови інтервального варіаційного ряду розподілу?

Практична робота № 5
Експертний метод виявлення найбільш значущих факторів експериментальних досліджень

Теоретичні відомості

У сучасних виробництвах технологічні системи стали настільки складними, що не лише їх проєктування та оптимізація, але й нормальне функціонування не може відбуватися без супровідних експериментальних досліджень. До початку проведення експериментальних досліджень, як правило, невідомий ступінь впливу окремих факторів. Урахування під час дослідження усіх факторів, що впливають на функціонування системи, робить його результати складними для практичного застосування та перевантажує дослідження. Тому, необхідно передусім з'ясувати, які фактори вважати суттєвими. Для цього необхідно проаналізувати доступну науково-технічну інформацію, що потребує значних затрат часу. Інтуїтивний вибір факторів вносить елемент суб'єктивності і може призвести до недостовірних результатів. Існують формалізовані методи, що дозволяють прискорити та зробити більш об'єктивним добір суттєвих факторів. Ці методи ґрунтуються на опитуванні експертів у цьому питання. Серед них найбільш поширений експертний метод, в основу якого покладено ранжування. **Ранжування** – це процедура впорядкування будь-яких об'єктів за зростанням або спаданням деякої властивості.

Процедура експертного методу виявлення найбільш значущих факторів передбачає чотири етапи:

1. Анкетування фахівців із питання, що досліджується (чисельність експертної групи 7–12 осіб).
2. Статистична обробка анкет.
3. Оцінка узгодженості думок експертів.
4. Аналіз діаграми рангів та виключення несуттєвих факторів.

Розглянемо застосування експертного методу на прикладі.

Приклад. Розглянемо застосування експертного методу з метою виявлення суттєвих факторів, що впливають на рівномірність сушіння зерна пшениці.

Вивчення стану проблеми за допомогою науково-технічної літератури дозволяє скласти перелік факторів, які можуть впливати на рівномірність сушіння зерна пшениці (таблиця 5.1). Порядок розташування факторів в анкеті випадковий.

Складений перелік факторів (анкета) розсилається експертам із сушіння рослинних матеріалів, яким пропонується розташувати фактори у порядку зменшення ступеня їх впливу на рівномірність сушіння зерна пшениці. Результати опитування зводяться у таблицю (таблиця 5.2).

За табличними даними (таблиця 5.2) розраховується середнє значення суми рангів:

$$T = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} t_i = (27+19+33+44+68+89+81+61+28+100)/10 = 55. \qquad (5.1)$$

У таблиці 5.2 відхилення суми від середньої суми рангів розраховується за формулою:

$$\Delta_i = t_i - T . \quad (5.2)$$

Таблиця 5.1 – Перелік факторів, що містяться в анкеті

Фактор впливу	Позначення	Розмірність	Інтервал зміни
Насипна густина зерна	X_1	кг/м^3	750-850
Початкова вологість зерна	X_2	%	17-20
Температура сушильного агента	X_3	°С	40-60
Висота шару зерна	X_4	м	5-8
Тривалість зберігання зерна	X_5	діб	30-120
Засміченість зерна	X_6	%	1,6-2,6
Вид сушильного агента	X_7	-	-
Швидкість сушильного агента	X_8	м/с	2,8-3,7
Спосіб підведення повітряного потоку	X_9	-	-
Сорт пшениці	X_{10}	-	-

Таблиця 5.2 – Результати опитування фахівців

Фактор	Порядковий номер фахівця										Сума рангів t_i	Відхилення Δ_i	Квадрат відхилення Δ_i^2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
X_1	2	1	4	3	2	1	4	2	4	4	27	-28	784
X_2	1	4	1	1	4	4	1	1	1	1	19	-36	1296
X_3	3	3	2	5	3	3	3	3	5	3	33	-22	484
X_4	4	5	3	4	6	5	5	4	3	5	44	-11	121
X_5	7	6	7	7	7	7	7	7	7	6	68	13	169
X_6	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9	89	34	1156
X_7	8	8	8	9	8	8	8	8	8	8	81	26	676
X_8	6	7	6	6	5	6	6	6	6	7	61	6	36
X_9	5	2	5	2	1	2	2	5	2	2	28	-27	729
X_{10}	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	100	45	2025

Сума квадратів відхилень від середньої суми рангів:

$$S = \sum_{i=1}^{n} \Delta_i^2 = 784 + 1296 + 484 + 121 + 169 + 1156 + 676 + 36 + 729 + 2025 = 7476 . \quad (5.3)$$

За результатами опитування визначається коефіцієнт конкордації Кендалла W, який характеризує ступінь узгодженості думок експертів. У випадку незв'язаних рангів коефіцієнт конкордації розраховується за формулою:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} = \frac{12 \cdot 7476}{10^2(10^3 - 10)} = 0{,}906, \qquad (5.4)$$

де m – число опитаних фахівців; n – число факторів.

Коефіцієнт конкордації W змінюється від 0 до 1. Якщо коефіцієнт W = 0, тоді узгодженість думок експертів відсутня. Якщо коефіцієнт W = 1, тоді усі експерти дотримуються однакової думки. Якщо коефіцієнт W > 0,7 – думки експертів достатньо узгоджені.

Статистичну значущість коефіцієнта конкордації W оцінюють шляхом перевірки статистичних гіпотез:

$$H_0: W = 0;$$
$$H_1: W \neq 0. \qquad (5.5)$$

При підтвердженні основної гіпотези H_0 буде визнано, що думки експертів не узгоджені. У випадку відхилення цієї гіпотези, приймається альтернативна гіпотеза H_1, що вказує на узгодженість думок.

Критерієм перевірки гіпотези H_0 є статистичний критерій Пірсона (χ^2-критерій):

$$\chi^2 = m \cdot (n-1)W = 10 \cdot (10-1) \cdot 0{,}906 = 81{,}54\ . \qquad (5.6)$$

Розраховане значення критерію χ^2 порівнюють із табличним χ^2_m значенням (додаток 7), вибраним для обраного значення рівня значущості $\alpha = 0{,}05$ та для числа ступенів вільності f = n - 1 = 10 - 1 = 9.

У випадку $\chi^2 > \chi^2_m$ гіпотеза H_0 відхиляється і думки фахівців вважаються узгодженими. Оскільки $\chi^2 = 81{,}54 > \chi^2_m = 16{,}92$, тому думки фахівців вважатимемо узгодженими.

За результатами ранжування (таблиці 5.2) будується перевернута діаграма рангів факторів, що впливають на рівномірність сушіння зерна пшениці (рис. 5.1). У нижній частині осі ординат відкладається максимальна можлива сума рангів (у випадку 10 експертів та 10 факторів ця сума рівна 10·10 = 100), а після цього отримані суми рангів для кожного із факторів. Вздовж осі абсцис розміщують фактори в порядку зменшення їх впливовості, тобто зростання суми рангів.

Аналіз діаграми рангів дозволяє зробити висновок, що вплив таких факторів, як X_7, X_6, X_{10} не є суттєвим. Зазначені фактори в процесі експериментального дослідження можуть не враховуватися.

Необхідно зауважити, що якщо фахівець не може провести чітку границю між двома факторами, тоді вводять "зв'язані ранги". У такому випадку двом або більше факторам надається та сама позиція (бал). Якщо є "зв'язані ранги", тоді коефіцієнт конкордації W визначається таким чином:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n) - m\sum_{j=1}^{m} T_j}, \text{ причому } T_j = \sum_{i=1}^{k}(t_i^3 - t_i), \qquad (5.7)$$

де t_i – число однакових рангів в і-му ранжуванні.

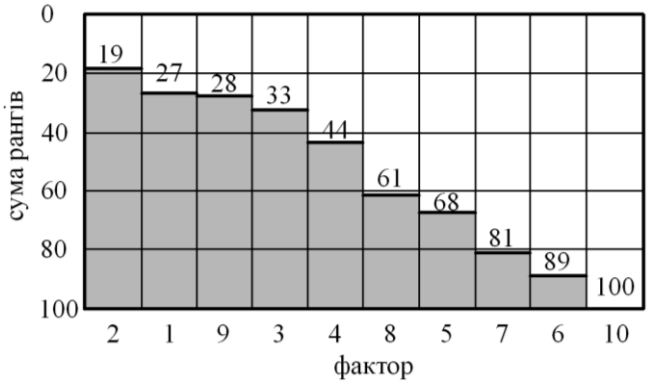


Рисунок 5.1 – Діаграма рангів

Порядок виконання практичної роботи

Завдання. Застосовуючи експертний метод, визначити найбільш значущі фактори для технології виробництва продукту (додаток 7). Самостійно на основі вивчення науково-технічної літератури скласти перелік факторів, що впливають на виробництво продукту, та провести опитування серед одногрупників і обробити отримані дані.

Контрольні запитання

1. У якому випадку виникає необхідність застосовувати експертний метод виявлення найбільш значущих факторів?
2. Які етапи включає процедура експертного методу?
3. Яка рекомендована чисельність експертної групи?
4. Що характеризує коефіцієнт конкордації?
5. З якою метою визначається критерій Пірсона?
6. Що таке ранжування?
7. Які гіпотези висувають для перевірки статистичної значущості коефіцієнта конкордації?
8. У якому випадку ранги називають “зв’язаними”?
9. Яка формула для визначення коефіцієнт конкордації, якщо є “зв’язані ранги”?
10. Яка послідовність побудови перевернутої діаграми рангів факторів?

Практична робота № 6
Математичний метод планування експерименту

Теоретичні відомості

Експеримент є основним методом наукових досліджень. Дослідження об'єкта може здійснюватися класичним методом або математичним методом планування експерименту. Як правило, експерименти багатофакторні, тобто на об'єкт дослідження діє два і більше фактори – незалежні змінні величини, які впливають на вихідну величину. Розглянемо порядок проведення повного факторного експерименту (ПФЕ). Планування і проведення ПФЕ складається із таких основних етапів: кодування факторів, складання плану-матриці експерименту, рандомізація дослідів, реалізація плану експерименту, перевірка відтворюваності дослідів, перевірка адекватності моделі, оцінка значущості коефіцієнтів регресії.

Зв'язок між кодованими (безрозмірними величинами) і натуральними значеннями факторів встановлюється залежністю:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \qquad (6.1)$$

де x_i, X_i – відповідно кодоване та натуральне значення і-го фактора;

X_{i0} – натуральне значення і-го фактора на нульовому рівні;

ΔX_i – інтервал варіювання і-го фактора.

Нульовим називається рівень, що займає центр інтервалу (середнє значення фактора).

Після кодування факторів складають план-матрицю експерименту (таблиця 6.1), яка дозволяє проводити незалежну оцінку коефіцієнтів регресії.

Таблиця 6.1 – План-матриця ПФЕ 2^2

Номер досліду u	Значення кодованих факторів		Взаємодія кодованих факторів x_1x_2
	x_1	x_2	
1	-1	-1	+1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	+1

Після цього проводиться рандомізація дослідів з метою встановлення послідовності їх проведення. Нехай у подальшому при проведенні дослідів (під час реалізації плану-матриці експерименту) отримані значення вихідного параметра y_{u1}, y_{u2}, y_{u3}, де u1, u2, u3 – відповідно номер досліду в першій, другій та третій повторюваності. Середнє арифметичне значення вихідного параметра розраховується за формулою:

$$\bar{y}_u = \frac{1}{3} \cdot (y_{u1} + y_{u2} + y_{u3}) . \quad (6.2)$$

Перевірка відтворюваності дослідів при однаковому числі повторюваностей для кожного досліду проводиться за критерієм Кохрена, табличне значення якого (додаток 8) позначимо $G_T(0,05; n; f_u)$. В позначенні критерію Кохрена величина 0,05 означає 5%-й рівень значущості (дорівнює 1 - α, де α – довірча ймовірність); n – число дослідів; $f_u = m_0 - 1$ – число ступенів вільності кожної оцінки, тут m_0 – число повторюваностей. Перевірка відтворюваності проводиться за умовою:

$$G \le G_T(0,05; n; f_u) . \quad (6.3)$$

Розрахункове значення критерію Кохрена визначається за формулою:

$$G = S^2_{umax} / \sum_{u=1}^{n} S^2_u , \quad (6.4)$$

де S^2_u – дисперсія, що характеризує розсіювання результатів в u-му досліді; S^2_{umax} – найбільша із дисперсій.

Дисперсія, що характеризує розсіювання результатів в u-му досліді, визначається наступним чином:

$$S^2_u = \frac{1}{m_0} \cdot \sum_{i_k}^{m_0} (y_{ui_k} - \bar{y}_u)^2 , \quad (6.5)$$

де i_k – номер повторюваності;

y_{ui_k} – вихідний параметр при i_k повторюваності.

Дисперсія відтворюваності (помилка досліду) визначається за формулою:

$$S^2_y = \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^{n} S^2_u . \quad (6.6)$$

У випадку невиконання умови відтворюваності необхідно перевірити точність вимірювання і умови проведення дослідів, а також проаналізувати вплив неврахованих факторів. Можна також зменшити інтервал варіювання факторів, збільшити число повторюваностей дослідів. Якщо процес відтворюваний, то обчислюють коефіцієнти рівняння регресії:

$$\left.\begin{aligned} b_0 &= \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^{n} \bar{y}_u ; \\ b_i &= \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^{n} x_{iu} \bar{y}_u ; \\ b_{ij} &= \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^{n} x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u , \end{aligned}\right\} \quad (6.7)$$

де x_{iu} – значення i-го кодованого фактора в рядку матриці в u-му досліді;

x_{ju} – значення j-го кодованого фактора в рядку матриці в u-му досліді.

Рівняння регресії матиме вигляд:

$$y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_{12}x_1x_2\,. \tag{6.8}$$

Перевірка адекватності рівняння проводиться спочатку на лінійній його частині за допомогою критерію Фішера F. Адекватність матиме місце, коли виконується нерівність:

$$F=\frac{S_{ad}^2}{S_y^2}<F_T(0,05;f_{ad};f_y)\,, \tag{6.9}$$

$$f_{ad}=n\text{-}k\text{-}1\,, \tag{6.10}$$

$$f_y=n(m_0\text{-}1)\,, \tag{6.11}$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності;

$F_T(0,05;f_{ad};f_y)$ – критерій Фішера при 5%-му рівні значущості (додаток 8);

f_{ad} – число ступенів вільності дисперсії адекватності;

k – число факторів;

f_y – число ступенів вільності дисперсії відтворюваності.

Дисперсія адекватності обчислюється за формулою:

$$S_{ad}^2=\frac{1}{n\text{-}k\text{-}1}\sum_{u=1}^{n}(y\text{-}\bar{y}_u)^2\,, \tag{6.12}$$

де y – розрахункове значення відгуку в і-му досліді лінійної частини рівняння регресії.

У випадку неадекватності лінійної моделі необхідно перевірити адекватність усього рівняння. Для цього ставлять додаткові досліди всередині експерименту.

Після цього проводиться оцінка значущості коефіцієнтів рівняння регресії за допомогою критерію Стьюдента. Коефіцієнт вважається значущим (таким, що суттєво впливає на відгук), якщо виконується нерівність:

$$\left|b_a\right|\geq\Delta b_a=t_T(0,05;f_y)\frac{S_y}{\sqrt{n}}\,, \tag{6.13}$$

де b_a – коефіцієнти рівняння регресії, розраховані за формулами (16.7);

Δb_a – довірча границя;

$t_T(0,05;f_y)$ – критерій Стьюдента при 5% рівні значущості та числі ступенів вільності дисперсії відтворюваності f_y (додаток 8).

Після перевірки рівняння регресії відбувається перехід від кодованих факторів до натуральних. Після цього за рівнянням регресії будується поверхня відгуку та проекції двомірних січень поверхні відгуку на площину X_1X_2 в системі MathCAD.

Приклад реалізації математичного методу планування експерименту за допомогою системи MathCAD наведено на рис. 6.1–6.3. У прикладі досліджується вплив на параметр у двох факторів X_1 та X_2, результати кодування факторів представлено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Результати кодування факторів

Фактор	Натуральне позначення	Кодове позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
				Натуральні			Кодові		
				Верхній	Нижній	Нульовий	Верхній	Нижній	Нульовий
Назва фактора	X_1	x_1	3	9	3	6	+1	-1	0
Назва фактора	X_2	x_2	10	32	12	22	+1	-1	0

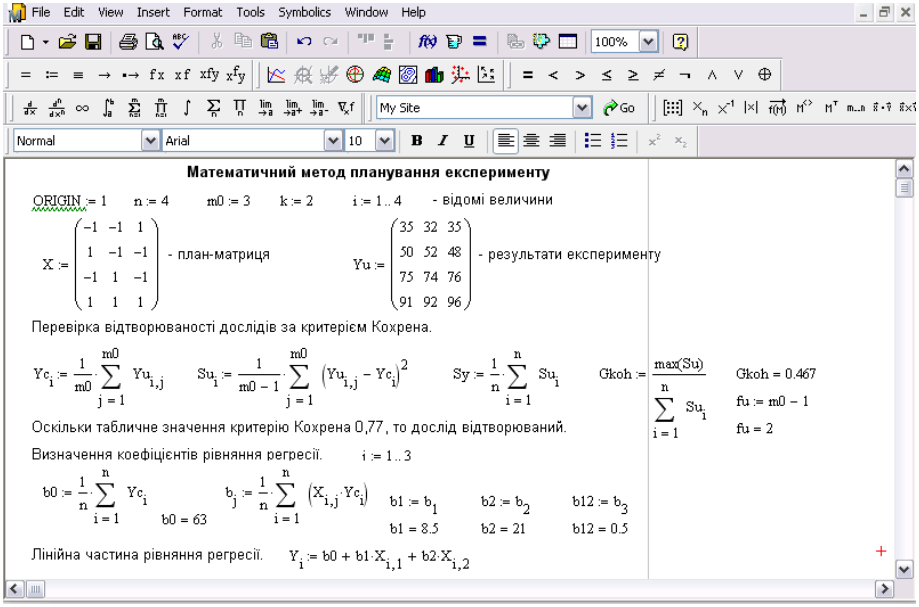


Рисунок 6.1 – Математичний метод планування експерименту в системі MathCAD

Порядок виконання практичної роботи

Завдання. Побудувати математичну модель запропонованого процесу, якщо відомі результати проведення двофакторного експерименту, а також за отриманою моделлю (рівнянням регресії) побудувати поверхню відгуку та проєкції двомірних січень поверхні відгуку на площину X_1X_2. Завдання виконується відповідно до варіанта (додаток 8).

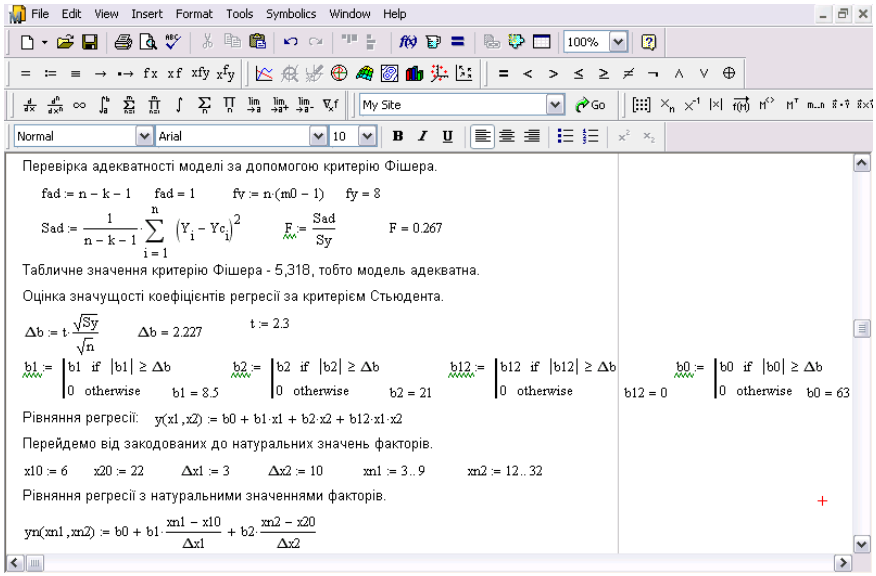


Рисунок 6.2 – Математичний метод планування експерименту в системі MathCAD

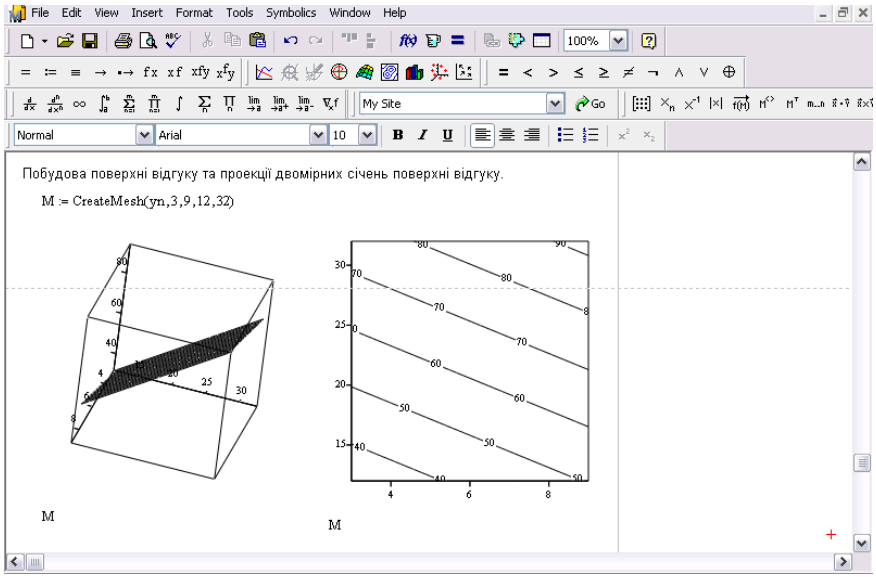


Рисунок 6.3 – Математичний метод планування експерименту в системі MathCAD

Контрольні запитання

1. Основні етапи планування і проведення ПФЕ?
2. За допомогою якого коефіцієнта перевіряється адекватність рівняння?
3. Як визначається значущість коефіцієнтів регресії?
4. Що перевіряється за допомогою критерію Кохрена?
5. За допомогою якої функції системи MathCAD здійснюється побудова поверхні відгуку?
6. Що таке рандомізація дослідів?
7. Яким чином формується план-матриця експерименту?
8. Яка відмінність між кодованим та натуральним значення фактора?
9. Як розраховується інтервал варіювання фактора?
10. Які переваги математичного методу планування експерименту?

Практична робота № 7
Складання навчальної заявки на винахід (корисну модель)

Теоретичні відомості

Важливою складовою діяльності фахівців у галузі харчових технологій є винахідницька робота. Результатом такої роботи є створення нових технологій, способів, технологічного обладнання або їх удосконалення. Відносини, що виникають у зв'язку із набуттям та здійсненням права власності на винаходи (корисні моделі) в Україні, регулюються Цивільним кодексом України та Законом України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Винахід (корисна модель) – це результат інтелектуальної, творчої діяльності людини в будь-якій сфері технології; **секретний винахід (секретна корисна модель)** – винахід (корисна модель), що містить інформацію, віднесену до державної таємниці, права на який засвідчуються патентом на секретний винахід (секретну корисну модель); набуття права інтелектуальної власності на винахід (корисну модель) засвідчується патентом.

Патент на винахід – це різновид патенту, що видається за результатами кваліфікаційної експертизи заявки. **Строк дії патенту на винахід** становить 20 років від дати подання заявки.

Патент на корисну модель – це різновид патенту, що видається за результатами формальної експертизи заявки. **Строк дії патенту на корисну модель** становить 10 років від дати подання заявки.

Правова охорона надається винаходу (корисній моделі), що не суперечить публічному порядку, загальновизнаним принципам моралі та відповідає умовам патентоздатності.

Об'єктом винаходу, правова охорона якому надається згідно із законом, може бути продукт (пристрій, речовина, штам мікроорганізму, культура клітин рослини і тварини тощо), процес (спосіб).

Об'єктом корисної моделі, правова охорона якій надається згідно із законом, може бути пристрій або процес (спосіб).

Правова охорона згідно із законом не поширюється на такі об'єкти:

- сорти рослин і породи тварин;
- біологічні у своїй основі процеси відтворення рослин і тварин, що не належать до небіологічних та мікробіологічних процесів, а також продукти таких процесів;
- компонування напівпровідникових виробів;
- результати художнього конструювання;
- хірургічні чи терапевтичні способи лікування людини або тварини, способи діагностики організму людини або тварини; дія цього положення не поширюється на продукти (речовини або композиції), що застосовуються в діагностиці або лікуванні;
- процеси клонування людини;

- процеси змінювання через зародкову лінію генетичної ідентичності людей;

- використання людських ембріонів для промислових або комерційних цілей;

- процеси змінювання генетичної ідентичності тварин, які можуть спричинити їх страждання без будь-якої істотної медичної користі для людей або тварин, а також тварин, виведених внаслідок такого процесу;

- людський організм на різних стадіях його формування та розвитку, а також просте виявлення одного з його елементів, зокрема послідовності або частини послідовності гена; дія цього положення не впливає на надання правової охорони винаходу, об'єктом якого є елементи людського організму поза організмом або одержані в інший спосіб, із застосуванням технічного процесу, включаючи послідовність чи часткову послідовність гена, якщо навіть структура цього елемента ідентична структурі природного елемента;

- продукт або процес, який стосується рослини чи тварини, використання якого обмежується певним сортом рослин чи певною породою тварин;

- продукт або процес, який стосується природного біологічного матеріалу, не відокремленого від свого природного середовища, або що не є продуктом технічного процесу.

Заборона на законодавчому рівні комерційного використання певного об'єкта з інших підстав не впливає на надання йому правової охорони.

Не відповідає поняттю "винахід (корисна модель)", визначеному законом, та не визнається винаходом (корисною моделлю) згідно із законом, якщо виступає як самостійний об'єкт:

- відкриття, наукова теорія, математичний метод;

- схема, правила і метод проведення ігор, конкурсів, аукціонів, фізичних вправ, інтелектуальної або організаційної, зокрема господарської, діяльності (планування, фінансування, постачання, облік, кредитування, прогнозування, нормування тощо);

- комп'ютерна програма;

- форма представлення інформації (наприклад, у вигляді таблиць, діаграм, графіків, за допомогою акустичних сигналів, вимовляння слів, візуальних демонстрацій, зокрема на екрані комп'ютерного пристрою, аудіо- та відеодисків, умовних позначень, зокрема дорожніх знаків, схем маршрутів, кодів, шрифтів тощо, розкладів, інструкцій, проектів або схем планування споруд, будинків, територій);

- зовнішній вигляд продуктів (зокрема виробів, споруд, територій), спрямований на задоволення виключно естетичних потреб.

Право на одержання патенту має винахідник та інші особи, які набули право на винахід (корисну модель) за договором чи законом.

Патент надає його власнику:

- виключне право на використання винаходу (корисної моделі) за власним розсудом;

- право дозволяти використання винаходу (корисної моделі) на підставі ліцензійної угоди;

- виключне право перешкоджати неправомірному використанню винаходу (корисної моделі), у тому числі забороняти таке використання.

Особа, яка бажає одержати патент на винахід (корисну модель) і має на це право, може подати заявку на його видачу до Національного органу інтелектуальної власності, що приймає, розглядає та проводить експертизу заявок. За дорученням заявника заявку можна подати через представника в справах інтелектуальної власності (патентного повіреного) або іншу довірену особу. Іноземні особи та особи без громадянства, які проживають чи мають постійне місцезнаходження поза межами України, реалізують свої права через представників у справах інтелектуальної власності (патентних повірених).

Заявка – це сукупність документів, необхідних для державної реєстрації винаходу (корисної моделі). Заявка на винахід повинна стосуватися одного винаходу або групи винаходів, пов'язаних єдиним винахідницьким задумом. Заявка на корисну модель повинна стосуватися однієї корисної моделі.

Заявка складається українською мовою й повинна містити:

- заяву про видачу патенту на винахід (корисну модель);
- опис винаходу (корисної моделі);
- формулу винаходу (корисної моделі);
- креслення (якщо на них є посилання в описі);
- реферат.

За подання заявки сплачується збір.

Патент України на винахід видається за результатами кваліфікаційної експертизи заявки на винахід, під час якої встановлюється відповідність винаходу умовам патентоздатності (новизні, винахідницькому рівню, промисловій придатності). Патент України на корисну модель видається за результатами формальної експертизи.

Заявку складають українською мовою. Бібліографічні дані джерел інформації в документах заявки наводяться таким чином, щоб можна було знайти це джерело інформації.

У документах заявки можуть бути використані хімічні формули. Структурні формули хімічних сполук подають (як і креслення) з нумерацією кожної структурної формули як окремої фігури і наведенням посилань на відповідні позначення. При написанні структурних хімічних формул слід використовувати загальновживані символи елементів і чітко вказувати зв'язки між елементами і радикалами.

В описі, формулі і рефераті винаходу (корисної моделі) можуть бути використані математичні вирази (формули) і символи. Форма подання математичного виразу не регламентується. Усі літерні позначення, які є в математичних формулах, мають бути розшифровані. у порядку їх використання в формулі. Математичні позначення ">", "=" та інші використовуються лише в математичних формулах, а в тексті їх необхідно писати словами (більше, менше, дорівнює тощо).

У формулі, описі, рефераті і пояснювальних матеріалах до опису використовують, як правило, стандартизовані терміни і скорочення, а за їх відсутності – загальновживані в науковій і технічній літературі. При використанні термінів і позначень, що не є загальновживаними, необхідно пояснити їх значення при першому вживанні в тексті.

У описі, формулі винаходу (корисної моделі) та рефераті необхідно зберігати єдиність термінології, тобто одні і ті самі ознаки в зазначених документах повинні називатися однаково.

Заяву про видачу патенту України на винахід (корисну модель) необхідно подавати українською мовою за формою, яка представлена в додатку 9. Графи з кодами (21), (22), що розташовані у верхній частині заяви, заявником не заповнюються, вони призначені для зазначення реквізитів заявки після її подання уповноваженою організацією. Графи з кодами (86) і (87) заповнюються у випадку прийняття міжнародної заявки, що містить зазначення України, до розгляду за національною процедурою. За кодом (86) зазначають реєстраційний номер та дату подання міжнародної заявки, установлені відомством-одержувачем. У графі за кодом (87) зазначаються номер і дата міжнародної публікації міжнародної заявки.

За кодом (71) для фізичної особи (фізичних осіб) зазначають повне ім'я, місце проживання; для юридичної особи (юридичних осіб) зазначають повне найменування (згідно з установчими документами), місцезнаходження. Якщо заявником є винахідник, декілька винахідників чи всі винахідники, то їх місце проживання наводять на звороті заяви у графі за кодом (72).

За кодом (54) наводять повну назву винаходу чи корисної моделі, яка повинна збігатися з назвою, наведеною в описі. За кодом (98) зазначають адресу для листування між заявником та Укрпатентом, повне ім'я або найменування адресата. Листування може здійснюватись за будь-якою зручною для заявника адресою на території України. За наявності телефону, факсу чи іншого засобу зв'язку їх вказують. Якщо заявник користується послугами представника або іншої довіреної особи, то за кодом (74) зазначають повне ім'я та реєстраційний номер представника або повне ім'я іншої довіреної особи. За кодом (72) наводять дані про винахідника (винахідників): повне ім'я та місце проживання.

Опис повинен розкривати суть винаходу (корисної моделі) настільки ясно і повно, щоб його (її) міг здійснити фахівець у зазначеній галузі.

Структура опису (додаток 10)**:**

- індекс рубрики діючої редакції МПК (міжнародна патентна класифікація), до якої належить винахід (корисна модель);

- назва винаходу (корисної моделі) – повинна відповідати суті винаходу (корисної моделі) і, як правило, характеризувати його (її) призначення; назву винаходу (корисної моделі) необхідно викладати в однині, винятки складають назви, які не вживаються в однині та назви, що є хімічними сполуками, охопленими загальною структурною формулою;

- галузь техніки, до якої належить винахід (корисна модель), – зазначають галузь техніки, до якої належить винахід (корисна модель), а також, за потреби,

галузь застосування винаходу (корисної моделі); якщо таких галузей декілька, то зазначають ті з них, які мають перевагу;

- рівень техніки – представляють рівень техніки, відомий заявнику, і який можна вважати корисним для розуміння винаходу (корисної моделі) і його (її) зв'язку з відомим рівнем; зокрема, представляють дані про відомі заявнику аналоги винаходу (корисної моделі) з виділенням серед них аналога, найбільш близького за сукупністю ознак до винаходу (корисної моделі); **аналог** винаходу (корисної моделі) – це засіб того самого призначення, який відомий із джерел, що стали загальнодоступними до дати подання заявки і характеризується сукупністю ознак, подібних до сукупності суттєвих ознак винаходу (корисної моделі); при описуванні кожного з аналогів наводять бібліографічні дані джерела інформації, де він розкритий, його ознаки із зазначенням тих з них, що збігаються з суттєвими ознаками винаходу (корисної моделі), що заявляється, та зазначають відомі заявнику причини, що перешкоджають одержанню очікуваного технічного результату; для виявлення та обґрунтування причин, що перешкоджають при використанні найближчого аналога одержанню очікуваного технічного результату, необхідно проаналізувати технічні властивості аналога, обумовлені сукупністю притаманних йому ознак, характер виявлення цих властивостей при його використанні і показати їх недостатність для досягнення очікуваного технічного результату;

- суть винаходу (корисної моделі) – виражається сукупністю суттєвих ознак, достатніх для досягнення технічного результату, який забезпечує винахід (корисна модель); детально розкривають технічну задачу, на вирішення якої направлений винахід (корисна модель) та технічний результат, якого можна досягти при здійсненні винаходу (корисної моделі); під технічним результатом розуміють виявлення нових властивостей або покращання характеристик відомих властивостей об'єкта винаходу (корисної моделі), що можуть бути одержані при здійсненні винаходу (корисної моделі);

- перелік фігур креслення (якщо на них є посилання в описі) – крім переліку фігур, представляють стислі пояснення того, що зображено на кожній із них; якщо суть винаходу пояснюють інші ілюстративні матеріали (наприклад, фотографії), то наводять стисле пояснення їх змісту; таблиці нумерують окремо;

- відомості, які підтверджують можливість здійснення винаходу (корисної моделі) – розкривають можливість одержання зазначеного технічного результату при здійсненні винаходу (корисної моделі); якщо для характеристики винаходу використовують виражені у вигляді інтервалу значень кількісні ознаки, то у прикладах здійснення винаходу мають бути зазначені відомості, що підтверджують можливість одержання технічного результату у межах зазначеного інтервалу.

Для кращого розуміння і більш стислого викладення опису дозволяється інша послідовність наведення розділів або їх частин, якщо цього вимагає характер винаходу. Не допускається заміна розділу опису в цілому або його частини посиланням на інформаційне джерело, що містить необхідні відомості.

Формула винаходу – призначена для визначення обсягу правової охорони, яка надається патентом (деклараційним патентом), та повинна стисло і ясно відображати суть винаходу (корисної моделі). Вона відображає суть винаходу (корисної моделі), якщо вона містить сукупність його (її) суттєвих ознак, достатню для досягнення зазначеного заявником технічного результату. Формула винаходу (корисної моделі) повинна базуватися на описі й характеризувати винахід (корисну модель) тими самими поняттями, що містить опис винаходу (корисної моделі). Ознаки винаходу (корисної моделі) у формулі винаходу (корисної моделі) викладають таким чином, щоб забезпечити можливість їх ідентифікації, тобто однозначного розуміння їх змісту фахівцем на основі відомого рівня техніки.

Структура формули винаходу (корисної моделі): формула винаходу (корисної моделі) може бути одноланковою чи багатоланковою і включати відповідно один або декілька пунктів. Одноланкову формулу винаходу (корисної моделі) застосовують для характеристики одного винаходу (корисної моделі) сукупністю суттєвих ознак, які не мають розвитку чи уточнення щодо окремих випадків його виконання або використання. Багатоланкову формулу винаходу (корисної моделі) застосовують для характеристики одного винаходу (корисної моделі) з розвитком і(або) уточненням сукупності його (її) ознак стосовно деяких випадків виконання і використання винаходу (корисної моделі) або для характеристики групи винаходів. Багатоланкова формула, що характеризує один винахід (корисну модель), має один незалежний пункт і наступний (наступні) за ним залежний (залежні) пункт (пункти). При складанні багатоланкової формули дотримуються таких правил: незалежні пункти, як правило, не повинні містити посилань на інші пункти формули, однак такі посилання допускаються, якщо вони дають змогу викласти даний незалежний пункт без повторення в ньому повністю змісту інших пунктів; залежні пункти формули групуються разом із тим незалежним пунктом, якому вони підпорядковані; пункти багатоланкової формули винаходу (корисної моделі) нумеруються арабськими цифрами, починаючи з 1 (у порядку їх викладення). Пункт формули винаходу (корисної моделі) складається, як правило, з **обмежувальної частини**, яка включає ознаки винаходу, які збігаються з ознаками найближчого аналога, у тому числі родове поняття, що характеризує призначення об’єкта, та **відмітної частини**, яка включає ознаки, що відрізняють винахід від найближчого аналога. Обмежувальна й відмітна частини пункту формули відокремлюються одна від одної виразом “який (яка, яке) відрізняється тим, що...”. Формулу (або кожний пункт багатоланкової формули) викладають одним реченням.

Графічні зображення (власне креслення, схеми, діаграми тощо) оформлюють на окремому аркуші (окремих аркушах). У правому верхньому куті кожного аркуша зазначають назву винаходу (корисної моделі). Для пояснення суті винаходу (корисної моделі) як додаток до інших графічних матеріалів можуть бути подані фотографії.

Реферат є скороченим викладом змісту опису винаходу (корисної моделі), який включає назву винаходу (корисної моделі), характеристику галузі техніки,

якої стосується винахід (корисна модель), і (або) галузь його (її) застосування, якщо це не зрозуміло з назви, характеристику суті винаходу (корисної моделі) із зазначенням технічного результату, якого мають досягти. Суть винаходу (корисної моделі) в рефераті характеризують шляхом вільного викладу формули, переважно такого, при якому зберігаються всі суттєві ознаки кожного незалежного пункту. Реферат складають лише з інформаційною метою. Він не може братися до уваги з іншою метою, зокрема для тлумачення формули винаходу (корисної моделі) і визначення рівня техніки. Рекомендований обсяг тексту реферату становить до 1000 знаків. Математичні та хімічні формули, а також креслення можуть бути включені до реферату, якщо без них скласти реферат неможливо. Креслення, наведені в рефераті, мають бути виконані на окремому аркуші і додаватися до реферату. Реферат може містити також деякі додаткові відомості, зокрема посилання на кількість незалежних і залежних пунктів формули винаходу (корисної моделі), графічних зображень, таблиць.

Особливості змісту заявки на винахід (корисну модель) щодо пристрою (додаток 11) передбачають зазначення таких ознак: наявність конструктивного (конструктивних) елемента (елементів); наявність зв'язків між елементами; взаємне розташування елементів; форму виконання елемента (елементів) або пристрою в цілому; форму виконання зв'язків між елементами; параметри та інші характеристики елемента (елементів) та їх взаємозв'язок; матеріал, з якого виготовлено елемент (елементи) або пристрій в цілому, середовище, що виконує функцію елемента, та інші характеристики.

Особливості змісту заявки на винахід (корисну модель) щодо речовини передбачають зазначення таких ознак:

- для низькомолекулярних сполук – якісний склад (атоми певних елементів), кількісний склад (число атомів кожного елемента); зв'язок між атомами, взаємне розташування їх у молекулі, виражене хімічною структурною формулою, чи в кристалічній решітці;

- для високомолекулярних сполук – хімічний склад і структуру однієї ланки макромолекули, структуру макромолекули в цілому (лінійну, розгалужену), періодичність ланок, молекулярну масу, молекулярно-масовий розподіл, геометрію і стереометрію макромолекули, її кінцеві та бокові групи;

- для індивідуальних сполук з невизначеною структурою – фізико-хімічні та інші характеристики, у тому числі ознаки способу одержання, що дають змогу їх ідентифікувати;

- для індивідуальних сполук, що належать до об'єктів генетичної інженерії, – послідовність нуклеотидів (для фрагментів нуклеїнових кислот) або фізичну карту (для рекомбінантних нуклеїнових кислот і векторів), а також послідовність амінокислот, фізико-хімічні та інші характеристики, що дають змогу їх ідентифікувати;

- для характеристики композицій – якісний (інгредієнти) склад; кількісний (вміст інгредієнтів) склад; структуру композиції; структуру інгредієнтів.

Особливості змісту заявки на винахід щодо способу (додаток 12) передбачають зазначення таких ознак: наявність дії або сукупності дій; порядок

виконання таких дій у часі (послідовно, одночасно, у різних сполученнях тощо); умови виконання дій: режим, використання речовин (вихідної сировини, реагентів, каталізаторів тощо), пристроїв (пристосувань, інструментів, обладнання тощо), штамів мікроорганізмів, культур клітин рослин чи тварин.

Порядок виконання практичної роботи

Завдання. Скласти навчальну заявку на винахід (корисну модель) та заяву про видачу патенту України на винахід (корисну модель). Об'єкт для оформлення заявки обрати самостійно (наприклад, спосіб, пристрій).

Контрольні запитання

1. Що таке винахід та корисна модель?
2. Що таке патент на винахід та патент на корисну модель і які строки їх дії?
3. Що може бути та що не можу бути об'єктом винаходу і корисної моделі?
4. Що надає патент його власнику?
5. Що таке заявка на видачу патенту на винахід (корисну модель) та які структурні елементи вона містить?
6. Яку інформацію містить заява про видачу патенту України на винахід (корисну модель)?
7. Яка структура опису заявка на видачу патенту на винахід (корисну модель)?
8. Що зазначається у формулі винаходу та рефераті?
9. Що таке аналог винаходу (корисної моделі)?
10. Які особливості змісту заявки на винахід (корисну модель) щодо пристрою, речовини та способу?

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рокочинський, А.М., Сапсай, Г.І., Шалай, С.В. Основи наукових досліджень. Стереотипне видання. Олді+, 2024. 136 с.

2. Основи наукових досліджень [Електронний ресурс] : навч. посіб. Уклад.: Г.Г. Стрелкова, М.М. Федосенко, А.І. Замулко, О.С. Іщенко. Електронні текстові дані (1 файл: 930 Кбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019, 120 с.

3. Данильян, О.Г., Дзьобань, О.П. (2019). Методологія наукових досліджень : підручник. Харків : Право. 368 с.

4. Самсонов, В.В., Сільвестров, А.М., Тачиніна, О.М. (2022). Методологія наукових досліджень та приклади її використання : навч. посібник. К. : НУХТ. 385 с.

5. Методологія наукових досліджень у галузі : практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. Уклад. : Н.І. Бурау, В.С. Антонюк, Д.О. Півторак. Електронні текстові дані (1 файл: 0,4 Мбайт). КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021.58с.

6. Дударєв, І.М., Кузьмін, О.В. (2023). Практикум з методології наукових досліджень : навч. посіб. Одеса : Олді+. 278 с.

7. Design science research. Cases. (2020). Eds.: Jan vom Brocke, Alan Hevner, Alexander Maedche, 319 p. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46781-4

8. Винахід (корисна модель). [Електронний ресурс]: https://ukrpatent.org/uk/articles/inventions#1

9. Закон України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі». [Електронний ресурс]: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3687-12#Text

10. Надобко, С.В. (2019). Навчально-методичний посібник для практичних та семінарських занять із дисципліни «Інтелектуальна власність» для студентів усіх спеціальностей денної та заочної форми навчання / Укладач С.В. Надобко. ХДАДМ, Харків, 182 с.

11. Білоусова, Н.О., Гаврушкевич, Н.В., Данильченко, М.А. та ін. (2021). Інтелектуальна власність та патентознавство : підручник. За ред. проф. П.М. Цибульова та доц. А. С. Ромашко. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка». 374 с.

12. Харитонова, О.І., Харитонова, Є.О., Ківалова, Т.С., Дмитришин, В.С., Кулініч, О.О., Романадзе, Л.Д. та ін. (2023). Право інтелектуальної власності. За ред. О.І. Харитонової. Київ : Юрінком Інтер. 540 с.

Інформаційні ресурси

1. https://scholar.google.com/
2. https://www.scopus.com/home.uri
3. https://clarivate.com/cis/solutions/web-of-science/
4. https://ukrpatent.org/uk/articles/bases2
5. http://library.lntu.edu.ua/
6. http://www.nbuv.gov.ua/node/554
7. https://mdl.lntu.edu.ua/

Додаток 1
Завдання до практичної роботи № 1

Завдання 5. Виконується згідно з варіантом, який подано в таблиці.

Варіант	Функція f(x)	a	b
1	$f(x)=x^2+20x-30$	10	30
2	$f(x)=x^2+15x-15$	15	20
3	$f(x)=x^2+3x-2$	0	35
4	$f(x)=x^2+6x-8$	15	48
5	$f(x)=4x^2+6x-20$	8	20
6	$f(x)=8x^2+17x-20$	0	100
7	$f(x)=8x^2-600$	0	28
8	$f(x)=3x^2-2x-30$	25	48
9	$f(x)=-x^2+10x+3$	32	40
10	$f(x)=-x^2+4x+10$	0	26
11	$f(x)=-x^2+15x+2$	0	50
12	$f(x)=-x^2+2$	2	62
13	$f(x)=-x^2+2x$	70	100
14	$f(x)=-x^2+6x-1$	35	80
15	$f(x)=x^2+5x-12$	0	20

Додаток 2
Завдання до практичної роботи № 1

Завдання 6–8. Виконуються згідно з варіантом, який подано в таблиці.

Варіант	n	a	b	d	k	межі x1		межі x2	
1	0,1	2,1	8,1	1,5	30	-10	10	-10	10
2	0,2	3,0	8,2	1,8	50	-15	15	-15	15
3	0,3	1,2	7,3	2,0	60	-20	20	-20	20
4	0,4	6,3	4,5	1,4	40	-25	25	-25	25
5	0,5	5,8	3,9	1,6	45	-30	30	-30	30
6	0,1	4,2	5,4	1,8	50	-10	10	-10	10
7	0,2	3,1	2,6	1,7	54	-15	15	-15	15
8	0,3	5,0	2,8	1,1	62	-20	20	-20	20
9	0,5	2,0	3,3	1,0	38	-25	25	-25	25
10	0,4	7,6	4,0	0,8	50	-30	30	-30	30
11	0,2	4,7	4,0	0,9	45	-10	10	-10	10
12	0,3	6,3	5,8	0,5	25	-15	15	-15	15
13	0,5	5,2	5,9	1,3	40	-20	20	-20	20
14	0,1	3,0	3,6	0,9	30	-25	25	-25	25
15	0,1	4,0	4,7	1,9	50	-30	30	-30	30

Завдання 6. Функції: $F(\alpha)=a\cdot\cos(\alpha) - b\cdot\sin(\alpha)$ та $G(\alpha)=\ln(d)$, параметр α змінюється на інтервалі від 0 до π.

Завдання 7. Функції: $z1(x,y)=a\cdot x^2 + b\cdot y^2$ та $z2(x,y)= -(a\cdot x^2 + b\cdot y^2)$.

Завдання 8. Функції: $y1(x1,x2)=x1^2 + x2^2 - k$ та $y2(x1,x2)= -(x1^2 + x2^2) + k$.

Завдання 9. Для отримання елементів матриці необхідно до кожного елемента матриці в прикладі (рис. 1.7) додати номер варіанта.

Завдання 10. Межі зміни параметра задати самостійно.

Додаток 3
Завдання до практичної роботи № 2

Варіант	**Завдання 1**		**Завдання 2**	
	x	y	x	y
1	5,0 5,8 6,2 6,8 7,2 7,9	1,7 1,8 2,0 2,4 2,6 3,4	0,0 0,6 1,2 1,8 2,4 3,0	2,1 1,7 1,5 1,4 1,3 1,2
2	18,2 23,4 28,9 32,0 38,4 43,8	15,1 10,5 8,2 3,1 0,1 -1,6	0,2 0,5 0,8 1,1 1,4 1,7	3,4 3,0 2,4 2,2 2,1 2,0
3	1,2 2,5 3,3 4,0 5,2 6,0	18,2 18,6 20,3 22,1 23,8 24,0	0,0 0,2 0,4 0,6 0,8 1,0	5,4 4,8 4,6 4,2 4,1 4,0
4	1,0 2,0 3,0 4,0 5,0 6,0	-2,2 -1,3 0,2 1,6 1,9 2,9	0,5 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0	8,4 7,8 7,5 7,2 7,1 7,0
5	11,3 11,9 12,6 12,9 13,7 14,2	23,6 22,1 21,0 19,3 18,1 16,9	0,1 0,5 0,9 1,3 1,7 2,1	3,9 3,3 2,8 2,6 2,5 2,4
6	2,2 2,8 2,9 3,5 3,9 4,5	11,0 8,3 7,0 5,2 3,3 1,8	0,3 0,6 0,9 1,2 1,5 1,8	9,1 8,2 7,8 7,5 7,3 7,2
7	48,6 49,2 51,1 52,7 53,9 55,1	0,3 -0,6 -1,2 -2,0 -3,1 -3,3	0,0 0,4 0,8 1,2 1,6 2,0	1,0 0,9 0,8 0,7 0,6 0,6
8	15,3 18,3 20,1 23,1 28,1 29,9	0,9 1,8 3,1 4,2 5,1 5,4	1,0 1,3 1,6 1,9 2,2 2,5	5,3 4,7 4,5 4,1 4,0 3,9
9	5,8 6,8 7,7 8,3 9,6 10,5	-0,6 -0,1 0,8 0,9 1,8 2,3	0,8 1,6 2,4 3,2 4,0 4,8	8,4 7,5 7,3 6,8 6,6 6,3
10	32,1 33,5 34,1 36,0 37,5 38,5	6,6 6,2 5,5 5,1 4,4 4,0	1,0 2,0 3,0 4,0 5,0 6,0	7,4 6,7 6,5 6,3 6,2 6,1
11	1,1 12,3 28,4 40,2 49,6 50,2	0,1 -2,2 -4,3 -5,8 -8,1 -9,7	0,4 0,8 1,2 1,6 2,0 2,4	2,1 1,7 1,5 1,4 1,3 1,2
12	20,3 20,8 21,1 21,5 21,9 22,8	20,4 30,0 39,4 42,2 50,8 50,7	0,2 0,7 1,3 1,8 2,3 2,8	3,4 3,0 2,4 2,2 2,1 2,0
13	1,1 1,8 1,9 2,5 2,9 3,1	0,8 1,8 2,4 2,8 3,8 3,9	0,3 0,5 0,7 0,9 1,1 1,3	5,4 4,8 4,6 4,2 4,1 4,0
14	5,5 5,8 6,3 6,8 6,9 7,0	42,3 45,0 47,4 49,2 52,2 55,9	0,2 0,4 0,6 0,8 1,0 1,2	8,4 7,8 7,5 7,2 7,1 7,0
15	24,9 28,4 33,6 40,1 40,9 42,5	-18,0 -2,0 14,5 30,8 48,4 60,5	0,6 1,2 1,8 2,4 3,0 3,6	3,9 3,3 2,8 2,7 2,5 2,4

Додаток 4
Завдання до практичної роботи № 2

Варіант	**Завдання 3**						**Завдання 4**					
	x			y			x			y		
1	0,3	1,7	3,0	1,4	3,3	3,8	0,0	0,3	0,6	2,4	4,0	3,2
	4,0	4,7	4,8	2,7	3,4	3,8	0,9	1,2	1,5	2,0	3,1	4,5
2	0,5	1,4	3,3	2,4	4,0	3,2	0,2	0,5	0,8	1,5	3,2	3,4
	3,8	4,2	3,8	2,0	3,1	4,5	1,1	1,4	1,7	3,1	3,2	3,5
3	1,2	1,9	2,6	5,4	6,0	7,4	0,0	0,2	0,4	5,4	4,8	3,6
	2,8	3,2	4,8	8,1	5,1	3,8	0,6	0,8	1,0	6,2	7,1	5,7
4	0,6	0,9	1,6	3,4	7,5	8,1	0,5	1,0	1,5	1,4	2,0	3,4
	2,3	3,2	4,0	7,1	6,2	5,4	2,0	2,5	3,0	5,1	3,1	6,7
5	2,1	2,9	3,5	2,4	4,0	3,2	0,1	0,5	0,9	0,8	2,0	2,4
	4,8	6,6	7,4	2,0	3,1	4,5	1,3	1,7	2,1	3,1	1,1	2,5
6	2,3	2,9	3,9	7,4	5,0	3,4	0,3	0,6	0,9	1,4	5,0	7,4
	4,7	5,6	7,8	3,1	8,0	6,9	1,2	1,5	1,8	3,1	8,2	7,9
7	5,2	6,2	7,1	0,2	1,0	2,4	0,0	0,1	0,2	7,4	4,0	2,5
	8,0	8,9	9,8	1,1	3,1	3,8	0,3	0,4	0,5	3,0	3,4	8,7
8	1,2	1,5	1,9	5,4	2,0	3,4	1,0	1,3	1,6	2,4	2,6	3,8
	2,4	2,1	2,8	4,2	6,3	5,7	1,9	2,2	2,5	5,6	7,7	8,7
9	2,3	2,8	3,7	2,4	4,0	2,4	0,8	1,6	2,4	3,5	3,2	3,4
	4,8	5,5	6,9	3,1	5,1	6,8	3,2	4,0	4,8	6,1	8,2	6,5
10	0,2	1,8	3,2	1,5	3,2	3,4	1,0	2,0	3,0	1,5	2,2	4,4
	4,0	4,5	5,2	3,1	3,2	3,5	4,0	5,0	6,0	3,1	3,8	3,9
11	1,0	1,7	2,4	5,4	4,8	3,6	0,4	0,8	1,2	7,5	4,3	3,1
	2,9	3,5	5,2	6,2	7,1	5,7	1,6	2,0	2,4	6,1	8,3	7,7
12	1,2	3,1	4,1	1,4	2,0	3,4	0,2	0,7	1,3	7,5	2,2	4,6
	4,7	5,8	7,9	5,1	3,1	6,7	1,8	2,3	2,8	5,1	6,2	5,8
13	3,2	4,2	5,2	0,8	2,0	2,4	0,3	0,5	0,7	4,5	6,5	2,7
	6,3	7,5	8,8	3,1	1,1	2,5	0,9	1,1	1,3	8,7	4,2	6,5
14	0,2	0,9	1,9	1,4	5,0	7,4	0,2	0,4	0,6	1,4	3,3	3,8
	2,7	3,6	4,6	3,1	8,2	7,9	0,8	1,0	1,2	2,7	3,4	3,8
15	0,9	2,4	4,2	7,4	3,0	2,5	0,6	1,2	1,8	2,4	4,0	3,2
	5,8	6,4	7,5	2,0	3,4	4,7	2,4	3,0	3,6	4,0	7,1	9,5

Завдання 5, 6

Для усіх варіантів синусоїдальна функція:

$$y_i = \sin\left(\frac{i}{p}\right) + \text{rnd}(1) - 3,$$

де p = z + t;
z – номер завдання;
t – номер варіанта; i = 100 – t.

Додаток 5
Завдання до практичної роботи № 3

Завдання 1

Варіант	Величина	Значення									
1	x, с	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
	y, %	5,8	8,1	8,5	11,6	12,4	14,3	16,0	19,0	19,3	21,5
2	x, с	6	16	26	36	46	56	66	76	86	96
	y, %	5,2	8,0	8,7	11,2	11,7	13,8	15,7	18,7	20,1	22,2
3	x, с	10	20	30	40	50	60	70	80	90	10
	y, %	6,3	7,2	8,2	12,4	13,4	15,4	17,0	18,3	19,4	22,1
4	x, с	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
	y, %	4,8	7,6	7,9	10,3	11,2	13,2	15,4	18,3	18,9	20,3
5	x, с	7	17	27	37	47	57	67	77	87	97
	y, %	3,1	5,4	5,9	10,0	10,6	12,4	14,1	17,0	18,3	19,5
6	x, с	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
	y, %	7,9	9,9	10,1	13,4	14,2	16,5	18,1	21,3	21,4	23,0
7	x, с	10	20	30	40	50	60	70	80	90	10
	y, %	7,4	8,5	10,1	14,9	15,3	17,5	19,6	20,1	21,7	24,8
8	x, с	10	20	30	40	50	60	70	80	90	10
	y, %	3,1	4,1	5,1	10,6	11,2	13,1	15,0	17,5	17,1	20,2
9	x, с	10	20	30	40	50	60	70	80	90	10
	y, %	9,5	10,1	11,4	15,5	16,0	18,3	20,2	21,5	22,4	25,4
10	x, с	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
	y, %	5,3	7,5	8,3	11,4	12,2	14,0	17,2	19,2	19,8	21,5
11	x, с	8	18	28	38	48	58	68	78	88	98
	y, %	4,7	6,4	7,5	10,1	11,5	13,4	16,3	18,2	19,0	20,6
12	x, с	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105
	y, %	5,4	7,0	8,5	11,1	12,5	19,7	16,5	18,2	18,5	20,9
13	x, с	10	20	30	40	50	60	70	80	90	10
	y, %	8,4	9,5	10,1	14,1	15,3	17,3	19,5	20,7	21,2	24,3
14	x, с	10	20	30	40	50	60	70	80	90	10
	y, %	9,0	10,0	11,0	15,3	15,9	17,8	20,1	20,4	23,1	24,2
15	x, с	10	20	30	40	50	60	70	80	90	10
	y, %	8,5	10,7	11,8	15,1	16,0	18,9	19,1	22,0	23,5	25,0

Завдання 2

Варіант	Величина	Значення									
1	x, год.	1,2	1,6	2,2	2,2	3,1	3,5	4,2	4,2	5,0	5,5
	y, %	13,8	14,5	15,2	15,8	16,1	16,8	14,1	14,5	13,1	12,9
2	x, год.	1,1	1,6	2,1	2,1	3,0	3,6	4,2	4,3	5,1	5,7
	y, %	13,4	14,1	15,0	15,9	15,3	16,7	14,2	15,4	13,0	11,8
3	x, год.	1,3	1,9	2,8	2,8	4,0	5,5	6,0	6,0	7,0	7,5
	y, %	11,5	12,2	13,3	13,7	13,3	14,1	12,5	13,3	11,6	11,6
4	x, год.	1,1	1,4	1,9	1,9	3,0	3,4	3,9	3,9	4,9	5,4
	y, %	10,5	11,0	12,5	12,8	13,4	15,0	13,1	12,9	10,2	9,2
5	x, год.	1,0	1,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,5	5,0	5,0	5,5
	y, %	15,7	16,4	17,1	18,6	20,8	19,0	18,5	16,2	15,4	14,3
6	x, год.	1,7	2,0	3,0	3,0	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,0
	y, %	8,8	10,1	14,3	15,0	18,8	17,6	15,2	13,3	10,2	10,4
7	x, год.	1,0	1,0	2,0	2,0	3,0	3,5	4,5	5,0	5,5	6,0
	y, %	12,1	12,0	14,3	14,6	15,8	16,0	14,9	14,0	13,1	12,0
8	x, год.	1,2	1,5	2,0	2,0	3,0	3,5	4,0	4,0	5,0	5,5
	y, %	14,8	15,3	16,2	16,7	17,0	17,5	15,8	15,2	14,1	13,7
9	x, год.	1,0	2,0	3,0	4,0	4,0	5,0	6,0	7,0	7,0	8,0
	y, %	11,5	15,2	13,1	14,5	15,0	17,0	16,7	15,6	13,2	12,6
10	x, год.	1,4	1,7	2,2	2,4	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0
	y, %	13,7	14,2	15,0	15,7	16,5	16,3	15,7	14,2	13,2	13,6
11	x, год.	1,0	1,2	1,8	2,2	3,0	3,5	4,2	4,2	5,0	5,5
	y, %	14,1	15,0	16,2	17,5	18,2	19,0	17,8	17,2	16,2	15,2
12	x, год.	1,2	1,5	2,0	2,0	3,0	3,5	4,0	4,0	5,0	5,5
	y, %	18,8	19,2	20,1	20,4	20,5	21,3	19,7	19,2	18,3	17,4
13	x, год.	2,0	2,5	4,0	4,0	5,0	5,5	6,0	6,0	7,0	7,5
	y, %	10,7	11,2	12,4	12,8	13,9	13,1	11,2	11,8	10,0	9,5
14	x, год.	1,2	1,6	2,0	2,2	3,0	3,0	4,0	4,5	5,0	5,5
	y, %	10,8	14,0	15,6	17,6	18,5	18,0	17,7	15,2	13,2	10,6
15	x, год.	1,0	1,5	2,0	2,0	3,0	3,5	4,0	4,0	5,0	5,5
	y, %	14,9	15,1	16,2	16,3	16,8	17,0	15,8	16,1	14,3	13,6

Додаток 6
Завдання до практичної роботи № 4

Варіант	Маса овочів, що надійшли на перероблення
1	348, 354, 243, 458, 477, 574, 255, 541, 378, 85, 399, 595, 688, 216, 433, 608, 496, 734, 438, 855
2	370, 321, 254, 460, 468, 570, 263, 538, 348, 95, 402, 591, 670, 200, 445, 603, 500, 748, 420, 840
3	340, 370, 213, 480, 465, 582, 236, 510, 390, 100, 420, 580, 640, 232, 440, 635, 478, 710, 452, 862
4	390, 312, 256, 478, 501, 580, 302, 564, 380, 97, 325, 560, 700, 208, 450, 640, 502, 699, 456, 700
5	310, 314, 258, 458, 432, 586, 271, 531, 385, 93, 410, 568, 692, 227, 441, 620, 516, 748, 408, 895
6	300, 374, 253, 418, 467, 551, 244, 521, 396, 100, 375, 535, 675, 232, 410, 628, 458, 749, 442, 840
7	352, 314, 253, 463, 428, 600, 242, 561, 355, 85, 402, 600, 670, 225, 425, 638, 498, 730, 421, 860
8	350, 374, 265, 480, 499, 595, 278, 563, 400, 105, 422, 615, 708, 236, 458, 625, 512, 758, 460, 875
9	315, 321, 211, 423, 446, 544, 222, 513, 344, 55, 372, 564, 657, 185, 400, 581, 466, 700, 401, 826
10	358, 365, 260, 472, 486, 589, 264, 553, 389, 100, 410, 608, 699, 227, 446, 619, 508, 744, 451, 870
11	328, 334, 221, 433, 454, 551, 236, 524, 353, 68, 380, 581, 662, 190, 411, 587, 483, 711, 410, 832
12	398, 402, 294, 510, 530, 628, 279, 593, 430, 135, 450, 641, 740, 268, 481, 657, 550, 782, 488, 900
13	308, 314, 203, 417, 432, 534, 211, 500, 332, 50, 348, 552, 644, 170, 390, 565, 451, 692, 390, 810
14	330, 333, 223, 438, 451, 552, 235, 520, 353, 64, 380, 570, 663, 195, 413, 590, 474, 713, 415, 835
15	450, 455, 340, 560, 580, 679, 350, 646, 478, 182, 503, 690, 781, 316, 532, 711, 594, 832, 533, 951

Для всіх варіантів: число розрядів $k = 7$; рівень значущості $\alpha = 5\%$.

Додаток 7
Завдання до практичної роботи № 5

Значення χ^2_m -критерію залежно від f та α

f	α								
	0,99	0,98	0,95	0,9	0,8	0,1	0,05	0,02	0,01
1	0,0	0,001	0,004	0,016	0,064	2,71	3,84	5,41	6,64
2	0,02	0,04	0,103	0,211	0,446	4,6	5,99	7,82	9,21
3	0,115	0,185	0,352	0,584	1,005	6,25	7,82	9,84	11,34
4	0,297	0,429	0,711	1,064	1,649	7,78	9,49	11,67	13,28
5	0,554	0,752	1,145	1,61	2,34	9,24	11,07	13,39	15,09
6	0,872	1,134	1,635	2,2	3,07	10,64	12,59	15,03	16,81
7	1,239	1,564	2,17	2,83	3,82	12,02	14,07	16,68	18,48
8	1,646	2,03	2,73	3,49	4,59	13,36	15,51	18,17	20,1
9	2,09	2,53	3,32	4,17	5,38	14,68	16,92	19,68	21,7
10	2,56	3,06	3,94	4,86	6,18	15,99	18,31	21,2	23,2
11	3,05	3,61	4,58	5,58	6,99	17,28	19,68	22,6	24,7
12	3,57	4,18	5,23	6,3	7,81	18,55	21,0	24,1	26,2
13	4,11	4,76	5,89	7,04	8,63	19,81	22,4	25,5	27,7
14	4,66	5,37	6,57	7,79	9,47	21,1	23,7	26,9	29,1
15	5,23	5,98	7,26	8,55	10,31	22,3	25,0	28,3	30,6
16	5,81	6,61	7,96	9,31	11,15	23,5	26,3	29,6	32,0
17	6,41	7,26	8,67	10,08	12,0	24,8	27,6	31,0	33,4
18	7,02	7,91	9,39	10,86	12,86	26,0	28,9	32,3	34,8
19	7,63	8,57	10,11	11,65	13,72	27,2	30,1	33,7	36,2
20	8,26	9,24	10,85	12,44	14,58	28,4	31,4	35,0	37,6
21	8,9	9,92	11,59	13,24	15,44	29,6	32,7	36,3	38,9
22	9,54	10,6	12,34	14,04	16,31	30,8	33,9	37,7	40,3
23	10,2	11,29	13,09	14,85	17,19	32,0	35,2	39,0	41,6
24	10,86	11,99	13,85	15,66	18,06	33,2	36,4	40,8	43,0
25	11,52	12,7	14,61	16,47	18,94	34,4	37,7	41,7	44,3
26	12,2	13,41	15,38	17,29	19,82	35,6	38,9	42,9	45,6
27	12,88	14,12	16,15	18,11	20,7	36,7	40,1	44,1	47,0
28	13,56	14,85	16,93	18,94	21,6	37,9	41,3	45,4	48,3
29	14,26	15,57	17,71	19,77	22,5	39,1	42,6	46,7	49,6
30	14,95	16,31	18,49	20,6	23,4	40,3	43,8	48,0	50,9

Завдання

Варіант	Технологія	Кількість фахівців	Кількість факторів
1	Технологія виробництва вівсяних пластівців	10	9
2	Технологія зберігання зерна	12	9
3	Технологія виробництва плодово-ягідного морозива	10	10
4	Технологія виробництва сирокопченої ковбаси	10	8
5	Технологія виробництва газованої солодкої води	11	10
6	Технологія виробництва цукру	12	8
7	Технологія виробництва яблучного соку	10	7
8	Технологія виробництва світлого пастеризованого пива	11	8
9	Технологія виробництва йогурту з фруктовою начинкою	10	9
10	Технологія виробництва сиру твердого	11	9
11	Технологія виробництва майонезу	10	10
12	Технологія виробництва кетчупу	12	10
13	Технологія виробництва соусу	10	8
14	Технологія виробництва печива	10	8
15	Технологія виробництва хліба	11	10

Додаток 8
Завдання до практичної роботи № 6

Для усіх варіантів: характеристика факторів та числове значення їх рівнів варіювання.

Номер фактора	Рівні варіювання фактора
1	8–16
2	15–35

Результати проведення експерименту (значення досліджуваного параметра за повторюваностями).

Варіант 1			Варіант 2			Варіант 3			Варіант 4		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7,2	8,1	7,1	9,1	7,9	7,9	17,8	16,9	17,1	6,9	8,2	7,3
8,1	8,2	7,9	12,6	15,8	14,3	13,1	13,1	14,2	8,5	8,2	7,9
8,3	8,5	8,4	8,4	8,9	9,1	8,7	9,1	9,1	8,7	8,1	8,3
10,9	9,9	12,1	12,5	9,8	11,7	12,5	11,2	12,4	12,2	14,1	13,9
Варіант 5			Варіант 6			Варіант 7			Варіант 8		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
13,1	14,2	13,9	6,3	7,0	6,9	15,2	14,8	13,9	10,1	9,9	9,3
10,7	11,8	15,4	7,5	7,3	8,1	7,6	7,4	7,9	9,2	9,0	9,0
9,3	9,4	9,5	7,6	7,5	7,9	9,3	8,5	8,7	11,7	11,5	11,4
11,4	13,2	12,8	10,2	9,9	10,8	10,1	11,3	11,5	9,8	9,3	10,1
Варіант 9			Варіант 10			Варіант 11			Варіант 12		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
12,9	12,1	12,6	7,2	8,7	7,9	2,4	2,8	2,6	3,8	3,7	3,9
15,8	15,4	16,1	9,1	8,3	8,5	7,8	8,5	8,1	8,5	9,0	8,6
10,3	10,2	9,9	7,6	8,3	7,9	1,2	1,1	1,4	1,4	0,9	1,0
11,4	11,5	11,3	11,4	9,9	10,8	4,5	4,2	3,9	4,4	4,7	5,0
Варіант 13			Варіант 14			Варіант 15			Варіант 16		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0,35	0,38	0,42	0,28	0,35	0,36	0,40	0,78	0,60	0,11	0,15	0,18
2,92	3,01	2,83	2,99	3,14	3,01	3,04	2,98	3,14	2,91	3,01	2,70
2,51	2,48	2,62	2,24	2,14	2,50	2,20	2,10	2,18	2,20	2,01	2,14
4,81	4,74	4,95	4,95	4,83	4,48	4,90	4,88	4,74	4,40	4,48	4,72
Варіант 13			Варіант 14			Варіант 15					
1	2	3	1	2	3	1	2	3			
3,2	3,8	3,5	3,7	3,9	3,7	3,6	4,0	3,7			
1,2	0,8	0,9	1,1	1,0	1,3	1,3	1,2	1,1			
9,0	9,4	9,5	9,2	9,6	9,4	9,1	9,3	9,5			
6,3	6,8	6,5	6,5	6,8	6,6	6,1	6,5	6,7			

Значення критерію Кохрена $G_T(0,05;n;f_u)$

n	$f_u = m_0 - 1$					
	1	2	3	4	5	6
2	0,9985	0,975	0,939	0,906	0,977	0,853
3	0,997	0,871	0,798	0,746	0,707	0,677
4	0,906	0,77	0,684	0,629	0,589	0,56
5	0,841	0,684	0,598	0,544	0,506	0,478
6	0,781	0,606	0,532	0,48	0,445	0,418
7	0,727	0,561	0,48	0,431	0,397	0,373
8	0,68	0,516	0,438	0,391	0,359	0,336
9	0,683	0,477	0,403	0,358	0,329	0,307
10	0,602	0,445	0,373	0,331	0,303	0,282
20	0,389	0,27	0,22	0,192	0,173	0,16
30	0,293	0,198	0,159	0,138	0,124	0,114
40	0,237	0,158	0,126	0,108	0,097	0,089

Значення критерію Фішера $F_T(0,05;f_{ad};f_y)$

f_y	f_{ad}							
	1	2	3	4	5	6	24	∞
1	161,45	199,5	215,71	224,58	230,16	233,99	249,0	254,3
2	18,51	19,0	19,16	19,25	19,3	19,3	19,5	19,5
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,6	8,5
4	7,709	6,944	6,591	6,388	6,256	6,163	5,8	5,6
5	6,608	5,786	5,409	5,192	5,05	4,95	4,5	4,4
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	3,8	3,7
7	5,591	4,737	4,347	4,12	3,971	3,86	3,4	3,2
8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,687	3,581	3,1	2,9
9	5,117	4,256	3,863	3,633	3,482	3,374	2,9	2,7
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	2,74	2,59
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,2	3,09	2,61	2,45
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,0	2,5	2,35
13	4,64	3,8	3,41	3,18	3,02	2,92	2,42	2,26
14	4,6	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,35	2,19
15	4,54	3,6	3,29	3,06	2,9	2,79	2,29	2,12
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,24	2,07
17	4,45	3,59	3,2	2,96	2,81	2,7	2,19	2,02
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,15	1,98
19	4,38	3,52	3,13	2,9	2,74	2,63	2,11	1,94
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,1	1,8
27	4,2	3,4	3,0	2,7	2,6	2,5	1,95	1,7
30	4,171	3,316	2,922	2,69	2,534	2,42	1,9	1,6
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,449	2,336	1,8	1,5
60	4,001	3,15	2,758	2,525	2,368	2,254	1,7	1,4
120	3,92	3,072	2,68	2,447	2,29	2,175	1,6	1,3
∞	3,8	3,0	2,6	2,4	2,2	2,1	1,51	1,0

Значення критерію Стьюдента $t_T(\alpha;f_y)$

f_y	Значення t_T для довірчої ймовірності p = 1 - α								
	0,2	0,4	0,6	0,8	0,9	0,95	0,98	0,99	0,999
1	0,33	0,73	1,38	3,1	6,3	12,7	31,8	63,7	636,6
2	0,29	0,62	1,06	1,9	2,9	4,3	7,0	9,9	31,6
3	0,28	0,58	0,98	1,6	2,4	3,2	4,5	5,8	12,9
4	0,27	0,57	0,94	1,5	2,1	2,8	3,7	4,6	8,6
5	0,27	0,56	0,92	1,5	2,0	2,6	3,4	4,0	6,9
6	0,27	0,55	0,9	1,4	1,9	2,4	3,1	3,7	6,0
7	0,26	0,55	0,9	1,4	1,9	2,4	3,0	3,5	5,4
8	0,26	0,54	0,9	1,4	1,9	2,3	2,9	3,4	5,0
9	0,26	0,54	0,88	1,4	1,8	2,3	2,8	3,3	4,8
10	0,26	0,54	0,88	1,4	1,8	2,2	2,8	3,2	4,6
11	0,26	0,54	0,87	1,4	1,8	2,2	2,7	3,1	4,5
12	0,26	0,54	0,87	1,4	1,8	2,2	2,7	3,1	4,3
13	0,26	0,54	0,87	1,4	1,8	2,2	2,7	3,0	4,2
14	0,26	0,54	0,87	1,3	1,8	2,1	2,6	3,0	4,1
15	0,26	0,54	0,87	1,3	1,8	2,1	2,6	2,9	4,0
16	0,26	0,54	0,86	1,3	1,7	2,1	2,6	2,9	4,0
17	0,26	0,53	0,86	1,3	1,7	2,1	2,6	2,9	4,0
18	0,26	0,53	0,86	1,3	1,7	2,1	2,6	2,9	3,9
19	0,26	0,53	0,86	1,3	1,7	2,1	2,5	2,9	3,9
20	0,26	0,53	0,86	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,8
21	0,26	0,53	0,86	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,8
22	0,26	0,53	0,86	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,8
23	0,26	0,53	0,86	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,8
24	0,26	0,53	0,86	1,3	1,7	2,1	2,5	2,8	3,7

Додаток 9

Бланк заяви про видачу патенту України на винахід (корисну модель)

(22) Дата подання заявки	Пріоритет	(51) МПК	ЕВ	(21) Номер заявки

(86) Реєстраційний номер та дата подання міжнародної заявки, установлені відомством-одержувачем
(87) Номер і дата міжнародної публікації міжнародної заявки

ЗАЯВА про видачу патенту України	Міністерства розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України Державне підприємство „Український інститут інтелектуальної власності" вул. Глазунова, 1, м. Київ-42, 01601

Подаючи нижчезазначені документи, прошу (просимо) видати:
☐ патент України на винахід
☐ патент України на корисну модель

(71) Заявник(и)	Код за ЄДРПОУ (для українських заявників)
Луцький національний технічний університет вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43018	**05477296**

(зазначається повне ім'я або найменування заявника(ів), його (їх) місце проживання або місцезнаходження та код держави згідно зі стандартом ВОІВ ST.3. Дані про місце проживання винахідників – заявників наводяться за кодом 72

Прошу (просимо) встановити пріоритет ☐ заявки ☐ пунктів формули винаходу
за заявкою № за датою:
☐ подання попередньої заявки в державі-учасниці Паризької конвенції (навести дані за кодами 31, 32, 33)
☐ подання до Установи попередньої заявки, з якої виділено цю заявку (навести дані за кодом (62)
☐ подання до Установи попередньої заявки (навести дані за кодом (66)

(31) Номер попередньої заявки	(32) Дата подання попередньої заявки	(33) Код держави подання попередньої заявки згідно зі стандартом ВОІВ СТ.3	(62) Номер та дата подання до Установи попередньої заявки, з якої вділено цю заявку	(66) Номер та дата подання до Установи попередньої заявки

(54) Назва винаходу (корисної моделі)
Спосіб виробництва багатошарових чипсів

(98) Адреса для листування **Клименко О. Д., вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43018**

Телефон _____Телеграф_____Факс_____

(74) Повне ім'я та реєстраційний номер представника у справах інтелектуальної власності або повне ім'я іншої довіреної особи

[ ] Прошу (просимо) прискорити публікацію заявки

Перелік документів, що додаються	Кількість арк.	Кількість прим.
☐ опис винаходу	4	3
☐ формула винаходу	1	3
☐ креслення та інші ілюстративні матеріали		
☐ реферат	1	3
☐ документ про сплату збору за подання заявки	1	1
☐ документ, який підтверджує наявність підстав для зменшення збору або звільнення від сплати збору	1	1
☐ документ про депонування штампу		
☐ копія попередньої заявки, яка підтверджує право на пріоритет		
☐ переклад заявки українською мовою		
☐ документ, який підтверджує повноваження довіреної особи (довіреність)		
☐ інші документи:		
☐ міжнародний звіт про пошук		

Підстави щодо виникнення права на подання заявки і одержання патенту (без подання документів), якщо винахідник(и) не є заявником(ами):

☐ є документ про передачу права винахідником(ами) або роботодавцем(ями) правонаступнику(ам)

☐ є документ про право спадкування

(72) Винахідник(и) Винахідник(и) - заявник(и) (повне ім'я)	Місце проживання та код держави згідно зі стандартом ВОІВ ST. 3 (для іноземних осіб – тільки код держави)	Підпис(и) винахідника(ів)-заявника(ів)
Дударєв Ігор Миколайович	43005, м. Луцьк, вул. [redacted], буд. [redacted], кв. [redacted]	
Панасюк Світлана Григорівна	43026, м. Луцьк, вул. [redacted], буд. [redacted], кв. [redacted]	
Тараймович Ірина Володимирівна	43018, м. Луцьк, вул. [redacted], буд. [redacted], кв. [redacted]	

Я (ми) _____
(повне ім'я)

прошу (просимо) не згадувати мене (нас) як винахідника(ів) при публікації відомостей стосовно заявки на видачу патенту

Підпис(и) винахідника(ів) _____
_____

Підпис(и) заявника(ів)
Проректор з науково-педагогічної роботи **С.П. Шимчук**

Додаток 10
Приклад заявки (опис)

МПК A23B7/02, F26B3/06, A23L19/00
Спосіб виробництва багатошарових чипсів

Винахід відноситься до харчової промисловості, а саме до виробництва багатошарових чипсів з овочево-фруктової сировини та насіння різних культур.

Відомий спосіб виробництва яблучних чипсів, який передбачає миття та нарізування сировини на кружальці завтовшки 1–4 мм. Після нарізування проводять паротермічну обробку сировини за температури +75–85ºС протягом 20–40 с. Далі сировину сушать у дві стадії: на першій стадії сушіння проводять за температури +70–90ºС; на другій стадії – за температури +55–60ºС. Після сушіння готовий продукт охолоджують повітрям до температури +15–20ºС упродовж 10–25 хвилин і герметично упаковують [див. Патент України №73160, кл. A23B7/02, F26B3/06, 2012 р.].

Недоліком способу є те, що за температури сушіння сировини близько +90ºС відбувається втрата поживних речовин в сировині та її потемніння.

Відомий спосіб виробництва чипсів з груш, відповідно до якого груші миють, нарізують пластинками завтовшки 1–5 мм та проводять паротермічну обробку сировини за температури +70–85ºС упродовж 15–40 с. Після цього проводять сушіння сировини у дві стадії: на першій стадії за температури сушильного агента +63–85ºС; на другій стадії – за температури +55–60ºС. Після сушіння готовий продукт охолоджують до температури +15–20ºС упродовж 8–25 хвилин та герметично упаковують [див. Патент України №79242, кл. A23B7/02, 2013 р.].

Недоліком способу є те, що допускається широкий діапазон товщини нарізування груш. Пластинки груш із різною товщиною будуть нерівномірно сушитися та матимуть різну вологість після сушіння, що негативно впливатиме на якісні показники готового продукту.

Відомий спосіб виробництва морквяних чипсів, який передбачає калібрування, миття та очищення коренеплодів від шкірки. Після підготовчих операцій морква нарізується на пластинки завтовшки 1–10 мм та спрямовується на паротермічну обробку за температури +65–95ºС упродовж 70–300 с. Сушіння пластинок моркви проходить конвективним способом у дві стадії: на першій стадії температура сушильного агента +65–95ºС; на другій стадії – температура +50–60ºС. Після сушіння готовий продукт охолоджують до температури +15–20ºС [див. Патент України №111543, кл. A23B7/02, F26B3/02, A23L19/00, 2016 р.].

Недоліком способу є те, що допускається нарізування сировини на пластинки завтовшки 1–10 мм, а це зумовлює необхідність корегування режимів сушіння і, відповідно, зменшує продуктивність виробництва. Крім того, пластинки сировини різної товщини нерівномірно сушаться, що негативно впливає на якісні показники кінцевого продукту.

Найбільш близьким до запропонованого способу є спосіб виробництва сухих фруктових або овочевих чипсів, який передбачає калібрування, миття та очищення сировини. Після підготовчих операцій із сировиною здійснюють її нарізування спеціальним пристроєм на пластинки завтовшки 1–4 мм, які перед сушінням витримують 3–5 хвилин в 1% розчині кухонної солі з додаванням ароматичних спецій. Сушіння пластинок сировини проводять за температури не вище +80ºС до кінцевої вологості готового продукту 20%. Після цього готовий продукт фасують в герметичні пакети [див. Патент України №34365, кл. A23B7/02, 2008 р.].

Особливою органолептичною характеристикою чипсів, яка властива даному виду продуктів, є хрусткість. Ця характеристика вирізняє чипси з-поміж інших продуктів із сушених овочів та фруктів. У запропонованому способі кінцева вологість чипсів становить 20%. За такої вологості чипси не будуть хрусткими, що є недоліком даного способу.

В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення способу виробництва сухих фруктових або овочевих чипсів шляхом їх формування із декількох шарів овочево-фруктової сировини та насіння різних культур. Сформовані у такий спосіб багатошарові чипси із різними комбінаціями овочево-фруктової сировини та насіння різних культур не містять штучних добавок та мають смак і корисні властивості сушеної сировини, яка використовується для їх виробництва. Нарізування сировини на пластинки однакової товщини для основи багатошарових чипсів сприяє їх рівномірному сушінню. Крім того, за кінцевої вологості 6–8% багатошарові чипси є хрусткими, а температурний режим їх сушіння сприяє збереженню корисних речовин, які містяться в сировині.

Поставлена задача вирішується таким чином.

У способі виробництва сухих фруктових або овочевих чипсів, що передбачає миття, очищення від шкірки та нарізування на пластинки сировини з подальшим сушінням пластинок сировини та фасуванням готового продукту в герметичні пакети, згідно з корисною моделлю, чипси формують із трьох шарів сировини, причому основу чипсів, яку отримують після паротермічної обробки пластинок овочів чи фруктів товщиною 1–3 мм за температури +85–95ºС упродовж 120–180 с, панірують з одного боку насінням, що подрібнюють до величини фракцій менше 2 мм, на якому формують шар товщиною 2–3 мм із натертих овочів, що проходять паротермічну обробку за температури +85–95ºС упродовж 120–180 с, або натертих фруктів, крім цього, перед сушінням сформований тришаровий напівфабрикат спресовують під тиском 2–5,5 кПа.

Заявлений спосіб здійснюється таким чином.

Підготовка сировини для виробництва багатошарових чипсів залежить від її виду. В якості сировини для багатошарових чипсів можуть використовуватися: овочі (гарбузи, кабачки, морква), фрукти (груші, яблука) та насіння різних культур (льону-довгунця, льону олійного). Овочі та фрукти миють та очищають від шкірки за потреби (з моркви обов’язково знімають шкірку). Очищене від домішок насіння подрібнюють до величини фракцій менше 2 мм. Для першого шару багатошарових чипсів (основи чипсів) використовують овочі або фрукти,

які нарізують пластинками завтовшки 1–3 мм. Моркву рекомендується нарізувати на пластинки завтовшки 1 мм, а гарбузи, груші, кабачки та яблука – завтовшки 3 мм. Після нарізування пластинки сировини проходять паротермічну обробку за температури +85–95ºС упродовж 120–180 с. Рекомендується тривалість паротермічної обробки сировини: моркви – 180 с; гарбузів, груш, кабачків та яблук – 120 с. Відразу після паротермічної обробки пластинки сировини (основу чипсів) панірують з одного боку в подрібненому насінні. Таким чином формують другий шар чипсів із подрібненого насіння. Короткочасна паротермічна обробка основи чипсів підвищує липкість сировини, тому подрібнене насіння краще прилипає до неї. Паралельно труть овочі (гарбузи, кабачки, моркву) або фрукти (груші, яблука) до рекомендованих розмірів частинок натертої сировини: довжина – до 10 мм; ширина – до 5 мм; товщина – до 1 мм. Після цього проводять паротермічну обробку натертих овочів за температури +85–95ºС упродовж 120–180 с. Рекомендується тривалість паротермічної обробки натертої сировини: моркви – 180 с; гарбузів та кабачків – 120 с. Натерті фрукти (груші, яблука) не потребують паротермічної обробки. Далі над шаром подрібненого насіння (другий шар чипсів) формують третій шар товщиною 2–3 мм із натертих овочів, що пройшли паротермічну обробку, або натертих фруктів. Сформований тришаровий напівфабрикат спресовують під тиском 2–5,5 кПа, що забезпечує “склеювання” шарів сировини. Після спресовування тришаровий напівфабрикат проходить конвективне сушіння за температури +63–70ºС до кінцевої вологості 6–8%. Після сушіння готовий продукт (багатошарові чипси) охолоджують до температури +15–20ºС та фасують в герметичні пакети або іншу тару.

Реалізація запропонованого способу виробництва багатошарових чипсів дозволяє отримати продукт із різними комбінаціями овочево-фруктової сировини та насіння різних культур, що не містить штучних добавок та має смак і корисні властивості сушеної сировини, яка використовується для його виробництва. Крім цього, режими виробництва багатошарових чипсів сприяють збереженню корисних речовин, які містяться в сировині.

Формула винаходу

Спосіб виробництва багатошарових чипсів, що передбачає миття, очищення від шкірки та нарізування на пластинки сировини з подальшим сушінням пластинок сировини та фасуванням готового продукту в герметичні пакети, який **відрізняється** тим, що чипси формують із трьох шарів сировини, причому основу чипсів, яку отримують після паротермічної обробки пластинок овочів чи фруктів товщиною 1–3 мм за температури +85–95ºС упродовж 120–180 с, панірують з одного боку насінням, що подрібнюють до величини фракцій менше 2 мм, на якому формують шар товщиною 2–3 мм із натертих овочів, що проходять паротермічну обробку за температури +85–95ºС упродовж 120–180 с, або натертих фруктів, крім цього, перед сушінням сформований тришаровий напівфабрикат спресовують під тиском 2–5,5 кПа.

Спосіб виробництва багатошарових чипсів

Винахід відноситься до харчової промисловості, а саме до виробництва багатошарових чипсів з овочево-фруктової сировини та насіння різних культур. Підготовка сировини для виробництва багатошарових чипсів залежить від її виду. Овочі та фрукти миють, очищають від шкірки за потреби, нарізують пластинками завтовшки 1–3 мм. Очищене від домішок насіння подрібнюють до величини фракцій менше 2 мм. Після нарізування пластинки сировини проходять паротермічну обробку за температури +85–95ºС упродовж 120–180 с. Відразу після паротермічної обробки пластинки сировини панірують з одного боку в подрібненому насінні. Паралельно труть овочі або фрукти та проводять паротермічну обробку овочів за температури +85–95ºС упродовж 120–180 с. Натерті фрукти не потребують паротермічної обробки. Далі над шаром подрібненого насіння формують третій шар товщиною 2–3 мм із натертих овочів або фруктів. Сформований тришаровий напівфабрикат спресовують під тиском 2–5,5 кПа та сушать за температури +63–70ºС до кінцевої вологості 6–8%. Після сушіння готовий продукт охолоджують до температури +15–20ºС та фасують в герметичні пакети або іншу тару. Реалізація запропонованого способу виробництва багатошарових чипсів дозволяє отримати продукт із різними комбінаціями овочево-фруктової сировини та насіння різних культур, що має смак і корисні властивості сушеної сировини (1 н.п. ф-ли).

Додаток 11

Опис до патенту на корисну модель (пристрій)

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **140926** (13) **U**

(51) МПК (2020.01)
G01F 11/00
G01F 11/18 (2006.01)
B65B 1/30 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2019 09833**

(22) Дата подання заявки: **16.09.2019**

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **10.03.2020**

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **10.03.2020, Бюл.№ 5**

(72) Винахідник(и):
Дударєв Ігор Миколайович (UA)

(73) Власник(и):
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ.
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43018 (UA)

(54) ОБ'ЄМНИЙ ДОЗАТОР ДЛЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

(57) Реферат:

Об'ємний дозатор для сипких матеріалів містить бункер, привод та корпус, всередині якого на приводному валу встановлено ротор із мірною камерою, в якій розташовано поршень. Мірна камера виконана у вигляді наскрізного поперечного циліндричного каналу. При цьому діаметр циліндричного каналу мірної камери рівний діаметрам завантажувального та вивантажувального отворів корпусу, що розташовані відповідно зверху та знизу на циліндричній поверхні корпусу. Крім цього, поршень виконано з можливістю зворотно-поступального руху в межах циліндричного каналу мірної камери, причому рух поршня обмежено обмежувачами, які розташовані на кінцях циліндричного каналу мірної камери.

UA 140926 U

Корисна модель належить до галузі машинобудування і може бути застосована для дозування сипких матеріалів у хімічній, фармацевтичній, переробній, харчовій та інших галузях промисловості.

Відомий об'ємний дозатор для сипкої речовини, що містить бункер, нерухомий стіл із вивантажувальною лійкою та мірки, розташовані на рухомому столі таким чином, що їх горловини мають можливість контакту з бункером, а днища - з нерухомим столом [див. Патент України № 64909, кл. B65B 1/06, 2011 р.].

До недоліку об'ємного дозатора для сипкої речовини можна віднести те, що його конструкція не є компактною, і, відповідно, має значну металомісткість.

Відомий дозатор сипких матеріалів, що містить бункер та циліндричний барабан, робоча поверхня якого виконана з прорізами та обертається навколо втулки з лопатями, вісь якої виконана з ексцентриситетом відносно робочої поверхні циліндричного барабана. Крім цього, дозатор сипких матеріалів містить вивантажувальний патрубок із скребком [див. Патент України № 44993, кл. G01F 11/00, 2009 р.].

До недоліку дозатора сипких матеріалів можна віднести те, що під час його роботи сипкий матеріал може попадати у внутрішній простір циліндричного барабана, що може ускладнити роботу дозатора.

Найбільш близьким до запропонованої корисної моделі є об'ємний дозатор, що містить бункер із лопатевим шнеком, привод та корпус, всередині якого на приводному валу встановлено ротор. Ротор містить мірні камери, в яких розташовано поршні, що з'єднані з ексцентриком за допомогою кривошипа [див. Патент України № 36507, кл. G01F 11/00, B65B 1/30, 2008 р.].

Недоліком об'ємного дозатора є складна конструкція приводу поршнів, що зумовлює значну металомісткість дозатора, ускладнює регулювання робочого об'єму мірної камери та обслуговування дозатора.

В основу корисної моделі поставлена задача шляхом зміни конструкції об'ємного дозатора отримати новий технічний результат, який полягає у тому, що конструкція ротора містить одну мірну камеру, в який розташований поршень, що виконаний із можливістю зворотно-поступального руху в межах циліндричного каналу мірної камери під дією власної ваги та ваги порції сипкого матеріалу. Відповідно, для забезпечення зворотно-поступального руху поршня не потрібен привод, що спрощує конструкцію, полегшує її експлуатацію та зменшує її металомісткість.

Поставлена задача вирішується у відомому об'ємному дозаторі, що містить бункер, привод та корпус, всередині якого на приводному валу встановлено ротор із мірною камерою, в якій розташовано поршень, згідно з корисною моделлю, мірна камера виконана у вигляді наскрізного поперечного циліндричного каналу, причому діаметр циліндричного каналу мірної камери рівний діаметрам завантажувального та вивантажувального отворів корпусу, що розташовані відповідно зверху та знизу на циліндричній поверхні корпусу, крім того поршень виконано з можливістю зворотно-поступального руху в межах циліндричного каналу мірної камери, причому рух поршня обмежено обмежувачами, які розташовані на кінцях циліндричного каналу мірної камери.

На приведених кресленнях зображено об'ємний дозатор для сипких матеріалів. На фіг. 1 - об'ємний дозатор для сипких матеріалів; на фіг. 2 - ротор, вид зверху; на фіг. 3 - об'ємний дозатор для сипких матеріалів (переріз А - А), коли мірна камера розташована вертикально; на фіг. 4 - об'ємний дозатор для сипких матеріалів (переріз А - А), коли мірна камера розташована горизонтально.

Об'ємний дозатор для сипких матеріалів містить бункер 1, привод (на кресленнях не показано) та корпус 2, всередині якого розташовано ротор 3. Ротор 3 виконано із можливістю обертання від приводного вала 4, на якому він встановлений. Корпус 2 виконано роз'ємним, циліндричної форми, з двома торцевими кришками 5 та 6. Кришка 5 виконана глухою, а кришка 6 виконана з отвором під приводний вал 4. Зверху на циліндричній поверхні корпусу 2 передбачено завантажувальний отвір 7, над яким встановлено бункер 1. Знизу на циліндричній поверхні корпусу 2 передбачено вивантажувальний отвір 8, до якого приєднано вивантажувальний патрубок 9. Ротор 3, що має циліндричну форму, розташований горизонтально, причому величина зазору між внутрішньою циліндричною поверхнею корпусу 2 та ротором 3 менша за розміри частинок сипкого матеріалу, що дозується.

Ротор 3 містить мірну камеру 10, що виконана у вигляді наскрізного поперечного циліндричного каналу. Діаметр циліндричного каналу мірної камери 10 рівний діаметрам завантажувального 7 і вивантажувального 8 отворів корпусу 2. Ротор 3 у корпусі 2 розташовано таким чином, що в момент, коли мірна камера 10 перебуває у вертикальному положенні, то

верхній кінець її циліндричного каналу співпадає із завантажувальним отвором 7 корпусу 2, а нижній кінець її циліндричного каналу співпадає із вивантажувальним отвором 8 корпусу 2. На кінцях циліндричного каналу мірної камери 10 розташовані обмежувачі 11. Всередині мірної камери 10 розташовано поршень 12 циліндричної форми, що виконаний із можливістю зворотно-поступального руху в межах циліндричного каналу мірної камери 10 під дією власної ваги та ваги порції сипкого матеріалу. Рух поршня 12 в межах циліндричного каналу мірної камери 10 обмежується обмежувачами 11. Величина зазору між поршнем 12 та внутрішньою поверхнею мірної камери 10 така, що унеможливлено проходження частинок сипкого матеріалу між ними. Об'ємний дозатор для сипких матеріалів комплектується набором поршнів 12 однакового діаметра, але різної довжини, причому поршні 12 виконано із довжиною, що менша довжини мірної камери 10.

Об'ємний дозатор для сипких матеріалів працює наступним чином.

Під час роботи об'ємного дозатора для сипких матеріалів у бункер 1 завантажується сипкий матеріал. Внаслідок обертання ротора 3 від привода мірна камера 10 змінює своє положення. У проміжок часу, коли один кінець циліндричного каналу мірної камери 10 співпадає із завантажувальним отвором 7 корпусу 2, сипкий матеріал під власною вагою з бункера 1 через завантажувальний отвір 7 корпусу 2 надходить у мірну камеру 10. При цьому під дією власної ваги, а також ваги сипкого матеріалу, поршень 12 рухається циліндричним каналом мірної камери 10 вниз до обмежувачів 11. Таким чином відбувається заповнення об'єму мірної камери 10 над поршнем 12 сипким матеріалом, тобто формується порція сипкого матеріалу необхідного об'єму. Внаслідок подальшого обертання ротора 3 припиняється надходження сипкого матеріалу у мірну камеру 10, оскільки кінець її циліндричного каналу виходить із зони, де він співпадає із завантажувальним отвором 7 корпусу 2.

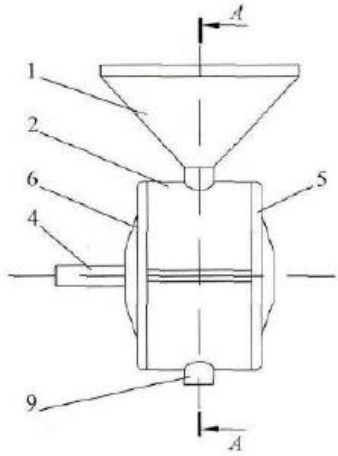
Внаслідок подальшого обертання ротора 3 частина мірної камери 10, де перебуває порція сипкого матеріалу, опиняється внизу, тобто сипкий матеріал опиняється під поршнем 12. У проміжок часу, коли кінець циліндричного каналу мірної камери 10 співпадає із вивантажувальним отвором 8 корпусу 2, сипкий матеріал під дією власної ваги, а також внаслідок тиску поршня 12 вивантажується із мірної камери 10 через вивантажувальний патрубок 9. У цей же проміжок часу, коли поршень 12 рухається вниз циліндричним каналом мірної камери 10, зверху відбувається завантаження у мірну камеру 10 нової порції сипкого матеріалу, оскільки другий кінець циліндричного каналу мірної камери 10 співпадає із завантажувальним отвором 7 корпусу 2. Таким чином, одночасно з однієї частини мірної камери 10, що перебуває у нижньому положенні, порція сипкого матеріалу, яка під поршнем 12, вивантажується, а у другій частині мірної камери 10, що перебуває у верхньому положенні, формується над поршнем 12 нова порція сипкого матеріалу. Далі під час обертання ротора 3 процес дозування порцій сипкого матеріалу повторюється.

Об'єм порції сипкого матеріалу в мірній камері 10, тобто ступінь її заповнення, можна регулювати частотою обертання ротора 3 або ж розміром поршня 12. Для зменшення об'єму порції сипкого матеріалу необхідно збільшувати частоту обертання ротора 3 або ж вибирати поршень 12, що має більшу довжину. І навпаки, для збільшення об'єму порції сипкого матеріалу необхідно зменшувати частоту обертання ротора 3 або ж вибирати поршень 12, що має меншу довжину.

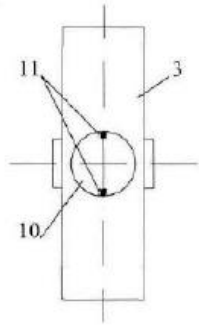
Запропоноване конструктивне рішення об'ємного дозатора для сипких матеріалів дозволяє спростити конструкцію, зменшити її металомісткість, а також полегшити її експлуатацію.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

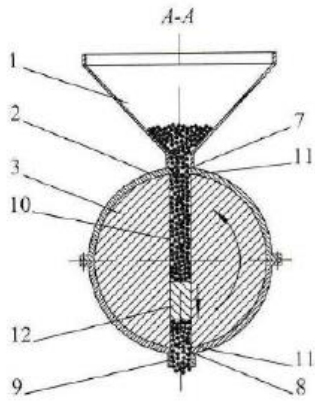
Об'ємний дозатор для сипких матеріалів, що містить бункер, привод та корпус, всередині якого на приводному валу встановлено ротор із мірною камерою, в якій розташовано поршень, який **відрізняється** тим, що мірна камера виконана у вигляді наскрізного поперечного циліндричного каналу, причому діаметр циліндричного каналу мірної камери рівний діаметрам завантажувального та вивантажувального отворів корпусу, що розташовані відповідно зверху та знизу на циліндричній поверхні корпусу, крім того, поршень виконано з можливістю зворотно-поступального руху в межах циліндричного каналу мірної камери, причому рух поршня обмежено обмежувачами, які розташовані на кінцях циліндричного каналу мірної камери.



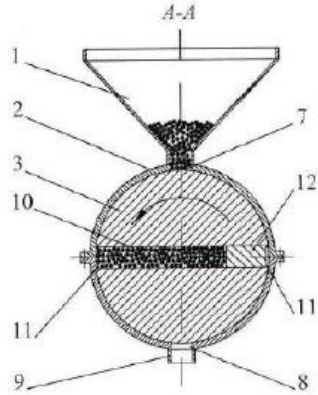
Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Фіг. 4

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

Додаток 12

Опис до патенту на корисну модель (спосіб)

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **126445** (13) **U**

(51) МПК (2018.01)
B01F 3/18 (2006.01)
B01F 7/00

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2017 12675**

(22) Дата подання заявки: **20.12.2017**

(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.06.2018**

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **25.06.2018, Бюл.№ 12**

(72) Винахідник(и):
Дударєв Ігор Миколайович (UA)

(73) Власник(и):
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Львівська, 75, м. Луцьк, 43018 (UA)

(54) СПОСІБ ПОРЦІЙНОГО ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

(57) Реферат:

Спосіб порційного змішування сипких матеріалів включає дозування компонентів, формування багатошарового потоку компонентів шляхом почергового накладання шарів компонентів один на другий та спрямування утвореного багатошарового потоку компонентів на змішування. Перед змішуванням безперервно формують порції невеликого об'єму з багатошарового потоку компонентів. При цьому в кожній порції забезпечують необхідне співвідношення компонентів, після чого здійснюють змішування компонентів окремо у кожній порції з подальшим об'єднанням порцій готової суміші.

UA 126445 U

Корисна модель належить до способів змішування різноманітних сипких матеріалів у сільському господарстві, переробній, харчовій, металургійній, хімічній та інших галузях промисловості, а також у будівництві.

Відомий спосіб змішування сипких матеріалів, що передбачає операції дозування компонентів суміші, їх подачу у змішувальну камеру та спрямування суміші в ємкість готової продукції. У відповідності до способу дози компонентів для однієї порції суміші, відміряні ваговим способом, завантажують в циліндричні ємкості дозуючого пристрою. Площа перерізу циліндричних ємкостей пропорційна ваговій частці відповідного компонента в суміші. Під час роботи приводу стінки циліндричних ємкостей рухаються вниз і всі компоненти одночасно під дією сили ваги пересипаються через них і у вигляді кільцевих потоків різного діаметра падають вниз та перемішуються в змішувальній камері, з якої надходять в ємкість готової продукції [див. Патент України № 110488, кл. B01F 11/00, B01F 7/16, 2016 р.].

Недоліком способу є періодичність процесу змішування компонентів, що ускладнює його застосування в потокових технологічних лініях. Крім того, для змішування сипких матеріалів, що мають різні фізико-механічні властивості, зокрема щільність, необхідно змінювати ємкості дозуючого пристрою, щоб через площі їх перерізів забезпечити задане співвідношення компонентів у суміші. Усе зазначене знижує продуктивність обладнання, що реалізує цей спосіб змішування, та обмежує використання способу.

Відомий також спосіб порційного змішування сипких матеріалів, який здійснюють за допомогою пропорційного шнекового змішувача, що містить розділену на секції ємкість та збірний шнек. У нижніх частинах секцій розташовані дозуючі шнеки. Відповідно до способу змішування, що реалізує змішувач, сипкі матеріали (компоненти) із кожної секції ємкості у необхідному співвідношенні за допомогою дозуючих шнеків завантажують у збірний шнек, в якому їх змішують і готову суміш вивантажують для подальшого використання [див. Поперечний А.М. Процеси та апарати харчових виробництв: підручник /А.М. Поперечний, О.І. Черевко, В.Б. Гаркуша, Н.В. Кирпиченко, Н.А. Ласкіна; за ред. Поперечного А.М. - К.: Центр учбової літератури, 2007. - 304 с. (стор. 125)].

Недоліком способу змішування є одночасне змішування великого об'єму компонентів, що призводить до нерівномірного їх розподілу за об'ємом суміші. Крім того, почергове введення компонентів вздовж збірного шнека зумовлює різну тривалість їх змішування, що також погіршує якість суміші.

Найбільш близьким до запропонованої корисної моделі є спосіб змішування сипких матеріалів, який здійснюють за допомогою змішувача сипких матеріалів, що містить бункер з відсіками, який розташований над транспортером із транспортною дошкою, а також змішувальний пристрій шнекового типу. Відповідно до способу змішування, що реалізує змішувач, сипкі матеріали (компоненти) завантажують у різні відсіки бункера, з яких у заданому співвідношенні за допомогою транспортера подають на транспортну дошку, тобто компоненти дозують. На транспортній дошці формують багатошаровий потік компонентів шляхом почергового накладання шарів компонентів один на другий вздовж транспортера. Утворений багатошаровий потік компонентів за допомогою транспортера спрямовують із транспортної дошки у змішувальний пристрій для змішування за допомогою шнека. Готову суміш із змішувального пристрою вивантажують для подальшого використання [див. Патент України № 99264, кл. B01F 13/00, 2015 р.].

Недоліком способу змішування є одночасне змішування великого об'єму компонентів, що не дозволяє забезпечити їх рівномірний розподіл за об'ємом готової суміші.

Необхідність розроблення нового способу змішування сипких матеріалів обумовлена нерівномірністю розподілу компонентів за об'ємом сумішей, що одержані за реалізації відомих способів змішування, відповідно, якість готових сумішей низька.

В основу корисної моделі поставлено задачу забезпечити необхідну послідовність технологічних операцій під час змішування сипких матеріалів (компонентів), щоб здійснити їх порційне змішування, а це б дозволило одержати суміш із рівномірним розподілом компонентів за її об'ємом.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі порційного змішування сипких матеріалів, що передбачає дозування компонентів, формування багатошарового потоку компонентів шляхом почергового накладання шарів компонентів один на другий та спрямування утвореного багатошарового потоку компонентів на змішування, згідно з корисною моделлю, перед змішуванням безперервно формують порції невеликого об'єму з багатошарового потоку компонентів, причому в кожній порції забезпечують необхідне співвідношення компонентів, після чого здійснюють змішування компонентів окремо у кожній порції з подальшим об'єднанням порцій готової суміші.

Суть запропонованого способу порційного змішування сипких матеріалів пояснюється на приведених схемах. На фіг. 1 - схематично зображено послідовність технологічних операцій запропонованого способу порційного змішування сипких матеріалів; на фіг. 2 - схематично зображено технологічну лінію, що реалізує запропонований спосіб порційного змішування сипких матеріалів.

Спосіб порційного змішування сипких матеріалів здійснюють наступним чином.

Із відсіків бункера 1 за допомогою дозаторів 2 сипкі матеріали (компоненти) дозують і подають у заданому співвідношенні на транспортер 3. На транспортері 3 формують багатошаровий потік компонентів шляхом почергового накладання шарів компонентів один на другий вздовж транспортера 3. Якщо виділити за довжиною транспортера 3 з багатошарового потоку компонентів довільний об'єм загального шару, що складається з розташованих один над другим шарів компонентів, які незмішані, то в цьому об'ємі забезпечено необхідне співвідношення компонентів. Утворений багатошаровий потік компонентів (кількість шарів потоку рівна кількості компонентів і, відповідно, кількості відсіків бункера 1) за допомогою транспортера 3 спрямовують на змішування у спіральний змішувач 4.

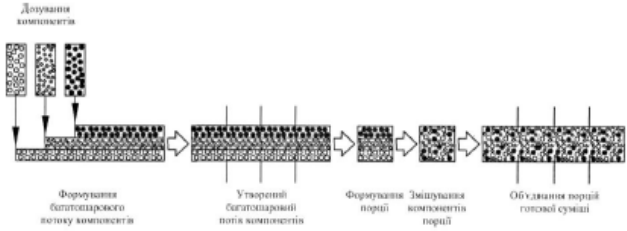
Перед змішуванням у спіральному змішувачі 4 безперервно формують порції невеликого об'єму (об'єм порцій корегують частотою обертання спірального змішувача 4) з багатошарового потоку компонентів, причому в кожній порції забезпечують необхідне співвідношення компонентів за рахунок того, що кожну порцію відокремлюють з багатошарового потоку компонентів, де забезпечено таке співвідношення. Далі на витках спірального змішувача 4 здійснюють змішування компонентів окремо у кожній порції. Змішування компонентів у кожній порції окремо дозволяє досягнути рівномірного розподілу компонентів за об'ємом порції. Після змішування здійснюють об'єднання порцій готової суміші, що сходять з останнього витка спірального змішувача 4 у накопичувальну ємкість 5.

Усі технологічні операції виконують відомим обладнанням.

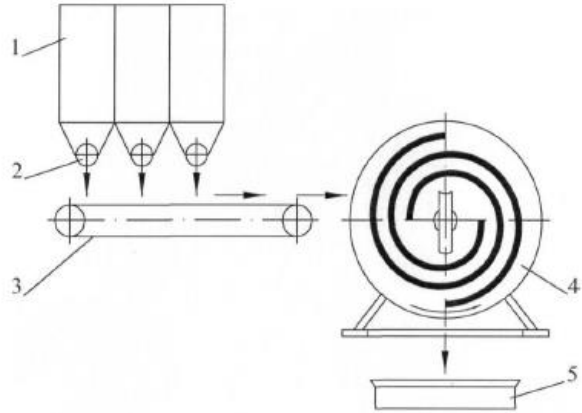
Реалізація запропонованого способу порційного змішування сипких матеріалів дозволить забезпечити безперервне одержання багатокомпонентних сумішей із рівномірним розподілом компонентів за об'ємом суміші.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб порційного змішування сипких матеріалів, що включає дозування компонентів, формування багатошарового потоку компонентів шляхом почергового накладання шарів компонентів один на другий та спрямування утвореного багатошарового потоку компонентів на змішування, який **відрізняється** тим, що перед змішуванням безперервно формують порції невеликого об'єму з багатошарового потоку компонентів, причому в кожній порції забезпечують необхідне співвідношення компонентів, після чого здійснюють змішування компонентів окремо у кожній порції з подальшим об'єднанням порцій готової суміші.



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601

Навчально-методичне видання

Основи наукових досліджень [Текст] : методичні вказівки до виконання практичних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Експертиза харчових продуктів та продовольчої сировини» галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G13 Харчові технології денної та заочної форм навчання / уклад. І. М. Дударєв. Луцьк : ЛНТУ, 2026. 90 с.

Комп’ютерний набір та верстка: І. М. Дударєв.

Кафедра харчових технологій та хімії
Луцький національний технічний університет
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75