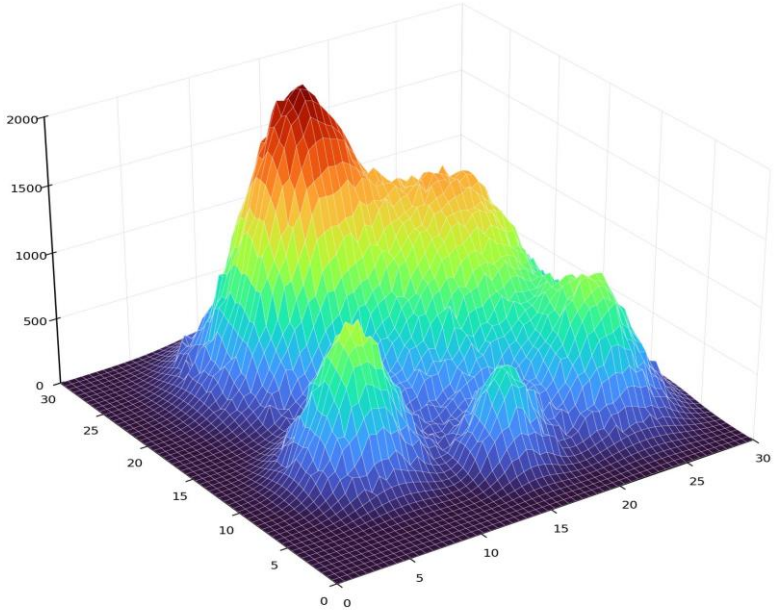
Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра «Будівельних, дорожніх машин і будівництва»



“Розрахунок задач з використанням ПЕОМ”

Методичні рекомендації
до практичних занять і самостійної роботи з навчальної дисципліни
"Математичне моделювання і САПР" для студентів спеціальностей
G 19 "Будівництво та цивільна інженерія" та
G 11 «Машинобудування»

Кропивницький
2026

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Кафедра «Будівельних, дорожніх машин і будівництва»

“Розрахунок задач з використанням ПЕОМ”

Методичні рекомендації
до практичних занять і самостійної роботи з навчальної дисципліни
"Математичне моделювання і САПР" для студентів спеціальностей
G 19 ”Будівництво та цивільна інженерія” та
G 11 «Машинобудування»

Ухвалено на засіданні кафедри
«Будівельних, дорожніх машин і будівництва»
Протокол № 3 від 14.10.2026 р

Розрахунок задач з використанням ПЕОМ. Методичні рекомендації до практичних занять і самостійної роботи з дисципліни "Математичне моделювання і САПР" для студентів спеціальностей G19 ”Будівництво та цивільна інженерія” та G 11 "Машинобудування" всіх форм навчання / Укл.: В.В. Яцун, О.В. Горпинчеко, В.В. Яцун. – Кропивницький: ЦНТУ, 2026. – 55 с.

Укладачі:

Яцун Володимир Володимирович – доктор техн. наук, доцент,
Горпинченко Ольга Володимирівна - канд. екон. наук, доцент,
Яцун Володимир Васильович – канд. техн. наук, професор.

Рецензенти:

Шепеленко І.В. – доктор техн. наук, професор, (професор кафедри експлуатації і ремонту машин)
Коваленко О.В. - доктор техн. наук, професор, (професор кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення)

Методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи з навчальної дисципліни "Математичне моделювання і САПР" для студентів спеціальності G19 ”Будівництво та цивільна інженерія” та G11 "Машинобудування" усіх форм навчання, складені колективом викладачів і включають в себе рекомендації по розрахунку типових математичних задач з використанням ПЕОМ і дають можливість студенту самостійно вивчити можливості програмного комплексу MathCAD та 3D-моделювання.

© Розрахунок задач з використанням ПЕОМ /Укладачі: Яцун В.В., Горпинченко О.В., Яцун В.В., 2026

Вступ

Математичне моделювання є фундаментальною основою сучасних систем автоматизованого проектування (САПР), оскільки воно замінює дорогі й тривалі натурні експерименти розрахунками та аналізом цифрових копій реальних об'єктів. Проектування сучасних технічних систем, споруд чи технологічних процесів неможливе без створення їхніх математичних описів.

Сучасний етап розвитку науки, техніки та промисловості характеризується стрімким ускладненням інженерних об'єктів і технологічних процесів. У таких умовах традиційні методи проектування, які спираються на інтуїцію конструктора та виготовлення численних фізичних прототипів, стають неефективними, занадто тривалими та економічно невигідними. Ефективним розв'язанням цієї проблеми є автоматизація інженерної діяльності через інтеграцію інформаційних технологій у процес розробки

Метою вивчення дисципліни є формування у майбутніх фахівців системи знань про принципи побудови, дослідження та застосування математичних моделей у середовищі сучасних САПР. Автоматизація проектування базується на знаковому (переважно математичному) моделюванні, яке абстрагується від фізичної природи об'єктів і досліджує їхні властивості за допомогою математичного апарату.

Впровадження математичного моделювання в САПР дозволяє:

- **Скоротити терміни** проектування та виходу продукту на ринок.
- **Знизити фінансові витрати** за рахунок відмови від побудови громіздких фізичних моделей на ранніх стадіях розробки.
- **Оптимізувати параметри** об'єктів за критеріями надійності, ваги, вартості чи енергоефективності.

В результаті засвоєння матеріалу студенти набудуть компетенцій, необхідних для формалізації реальних інженерних задач, вибору оптимальних методів їх розв'язання та ефективного використання інструментарію комп'ютерного проектування. Отримані знання стануть підґрунтям для виконання дипломного проектування та майбутньої професійної діяльності в епоху цифрового виробництва.

Практична робота № 1

Тема роботи: ознайомлення з пакетом програм MathCAD

Мета роботи: ознайомитись з пакетом програм MathCAD і вивчити його можливості

Запустити MathCAD за допомогою **Пуск → Програми → Mathsoft Apps →MathCAD 2001 Professional**. Після запуску програми ви побачите чистий аркуш, де курсор представлений у вигляді червоного хрестика.

Меню MathCAD

Більшість обчислень в MathCAD може виконуватися трьома способами:

- вибором операцій у меню;
- за допомогою кнопкових панелей інструментів;
- звертанням до відповідних до функцій.

Майже всі операції, закріплені за пунктами меню, дублюються відповідними кнопками панелей інструментів. Для звертання до вбудованої функції можна вставити функцію в робочий документ, вибравши потрібне ім'я зі списку функцій, можна ввести ім'я функції із клавіатури або, для

найбільш часто використовуваних функцій, вставити ім'я функції натисканням по кнопці в панелі інструментів.

У такий спосіб у всіх трьох випадках дотримується той самий порядок дій:

1. вибір операції проводиться клацанням миші по пункту меню або по кнопці в панелі інструментів, після чого, якщо потрібно, користувач одержує доступ до спадаючого меню або до додаткової панелі;

2. коли операція обрана, користувач уводить необхідну інформацію у вікні діалогу або заповнює позначені поля в поле уведення, яке відкривається безпосередньо в робочому документі.

Меню MathCAD містить у собі наступні пункти:

- File;
- Edit;
- View;
- Insert;
- Format;
- Math;
- Symbolics;
- Window.

Кожний із цих пунктів є самостійним меню, яке складається з декількох підпунктів.

Меню File(Файл)

Містить у собі наступні пункти:

• **New** – створення нового документа;

• **Open** – відкриття документа;

• **Close** – закриття документа;

• **Save** – збереження документа;

• **Save As** – збереження документа під певним іменем.

Ці пункти меню призначені для роботи з документами й виконуються стандартним для Windows способом.

• **Send** – пересилання вмісту робочого документа по електронній пошті. Для використання цієї команди необхідно спочатку підключитися до поштового сервера.

• **Page Setup**(параметри сторінки) – підготовка документа до роботи.

• **Print Preview** – попередній перегляд документа перед друком.

• **Print** – друк документа.

• Слідом у меню File розташований список імен останніх 4-х документів MathCAD. Клацанням по рядкові з іменем можна викликати на екран кожний із цих документів.

• Exit – завершення сеансу роботи з MathCAD.

Меню Edit (редагування)

• **Undo** – скасування останньої операції;

• **Redo** – скасування останньої операції Undo;

• **Cut** – вирізання фрагмента;

• **Copy** – копіювання фрагмента;

• **Paste** – вставка фрагмента;

• **Paste Special** – спеціальна вставка;

• **Delete** – видалення;

• **Select All** – виділення всього документа;

• **Find** – пошук;

• **Replace** – заміна;

• **Go to Page** – перехід до сторінки;

• **Check Spelling** – перевірка орфографії;

• **Links** – зв'язування;

• **Об'єкт** – створення об'єкта для Mathconnex і OLE.

Меню View (перегляд)

Тут знаходяться операції настроювання вікна MathCAD.

Якщо один з рядків меню:

• **Tool Bar** (панель інструментів);

• **Status Bar** (рядок стану);

• **Ruler** (лінійка);

позначена символом **V**,то на екрані розміщається відповідна панель.

• Пункт **Tool Bar** відкриває доступ до панелі інструментів:

o **Standard** – стандартна;

o **Formatting** – форматування;

o **Math** – математична.

А також до спеціалізованих панелей математичних інструментів:

o **Calculator** – калькулятор;

o **Graph** – графіки;

o **Matrix** – матриці;

o **Evaluation** – обчислення;

o **Calculus** – математичний аналіз;

o **Boolean** – логічні функції;

o **Programming** – програмування;

o **Greek** – грецькі букви;

o **Symbolic** – символьні обчислення;

o **Modifier** – перетворення типу.

• **Regions** – області;

• **Zoom** – мікроскоп;

• **Refresh** – перемальовування;

• **Animate** – побудова анімаційного зображення;

• **Playback** - відтворення анімаційного зображення;

• **Preferences** – настроювання режиму запуску MathCAD, клавіатури й зв'язку з Internet.

Меню Insert (вставка)

• **Graph** - побудова графіків:

o **X-Y Plot** – графік функції однієї змінної в декартових координатах;

o **Polar Plot** – графік функції однієї змінної в полярних координатах;

o **3D Plot Wizard** – відкриття діалогу настроювання параметрів тривимірних зображень;

o **Surface Plot** – графік функції двох змінні в декартових координатах - поверхня;

o **Contour Plot** – контурні лінії(лінії функції двох зміних) у декартових координатах;

o **3D Scatter Plot** – зображення точок у тривимірному просторі, заданих декартовими координатами;

o **3D Bar Plot**– зображення точок у тривимірному просторі, заданих декартовими координатами;

o **Vector Field Plot** – векторне поле.

Порядок дій при побудові всіх графіків однаковий.

Після клацання мишею по рядкові меню в робочому документі відкривається поле побудови графіка з позначеними для уведення позиціями, які потрібно заповнити для визначення графіка. Коли графік визначений (заповнені всі позначені позиції), то для побудови графіка потрібно клацнути по рядкові **Calculate** (обчислити) у меню **Math**, натиснути на клавіатурі клавішу **F9** або клацнути в панелі **Tool Bar** по кнопці = . При автоматичному режимі обчислень графік буде побудований після клацання мишею поза полем графіка.

• **Matrix** - уведення в робочий документ матриці;

• **Function** - відкриття вікна діалогу списку вбудованих функцій MathCAD. Для того, щоб вставити функцію в робочий документ, потрібно вибрати у вікні за допомогою стрілок прокручування потрібну функцію зі списку функцій, клацнути по кнопці Insert і ввести у позначених позиціях аргументи;

• **Unit** - відкриття вікна списку визначених в MathCAD одиниць виміру.

• У вікні **System** слід увести використовувану систему одиниць (SI,CGS,US або MKS).У вікні Dimension - вибрати стрілками прокручування відповідну розмірність, а у вікні Unit – потрібну одиницю виміру. Після клацання по кнопці Insert відповідне найменування буде вставлено в робочий документ, а вікно вибору одиниці залишиться відкритим; після клацання по кнопці OK буде вставлене найменування одиниці виміру й вікно закриється;

• **Picture** - операція вставки малюнка;

• **Area** - вставка в робочий документ " області, що закривається, ";

• **Text Region** - визначення поля текстових коментарів;

• **Math Region** - вставка поля введення математичних символів;

• **Page Break** - вставка ознаки кінця сторінки в робочий документ (розрив сторінки);

• **Hyperlink** - набір операцій для введення гіпертекстових посилань;

• **Reference** - створення перехресних посилань для інших документів MathCAD;

• **Component** - впровадження компонентів з інших додатків;

• **Object** - впровадження об'єктів з інших додатків.

Меню Format (формат)

Усі операції цього меню призначені для визначення стилю й форми відображення в робочому документі виражень, даних, результатів обчислень і графіків і ін.

Нижче розглянуті тільки деякі пункти цього меню:

• **Result** - операції визначення форматів відображення результатів обчислень. Клацання відкриває діалогове вікно введення параметрів. У вікні 4 закладки:

o **Number Format** - відкриття вікна визначення формату вистави числових результатів:

o **General** - спосіб відображення міняється залежно від величини результату;

o **Decimal** - число з десятковою точкою;

o **Scientific** - число з порядком і знаком у цілій частині;

o **Engineering** - число з порядком і зазначеним числом знаків у цілій частині.

У цьому ж вікні визначається кількість знаків дробової частини й число позицій для відображення порядку.

o **Display Options** - параметри зображення:

o **Matrix Display Style** - стиль відображення матриць;

o **Imaginary Value** - позначення для уявної одиниці;

o **Radix** - вибір системи числення.

o **Unit Display** - настроювання режиму відображення одиниць виміру в змінних з розмірністю:

o **Tolerance** (точність) - визначення границі для відображення нуля (дійсного й уявного) - числа, порядок яких менше зазначеного, відображаються у вигляді нуля.

Меню Math (математика)

Це меню містить операції керування обчисленнями:

• **Calculate** - обчислення виражень, розташованих вище й лівіше курсору або виконуються побудови визначених раніше графіків;

• **Calculate Worksheet**(перерахувати робочий документ) - виконання всіх обчислень і перемальовування всіх графіків, визначених у робочому документі;

• **Automatic Calculation** (обчислювати автоматично) - Якщо ця рядок позначений символом V, те будь-яке вираження обчислюється негайно після закінчення введення, а графік будується після клацання поза полем графіків;

• **Optimization** - можливість включення режиму оптимізації, тобто режим обчислень із символьним процесором. У цьому режимі спочатку спрощуються всі вираження, поміщені праворуч від знака присвоєння :=, і тільки потім вираження обробляється числовим процесором. А якщо ні, то числовий процесор обробляє вираження у вихідному виді;

• **Options** - відкриття тимчасового вікна настроювання параметрів режиму обчислень із п'ятьома закладками:

Built in Variables - структура змінних:

■ Array Origin - установка номера першого елемента масиву;

■ Convergence Tolerance - установка погрішності при визначенні меж, у тому числі й в ітераційних послідовностях;

■ Constraint Tolerance - установка числа, визначаючого датчик випадкових чисел;

■ Precision - установка кількості значущих цифр при записі даних в ASCII;

■ Column Width - установка ширини стовпця при записі даних в ASCII;

o **Calculation** - обчислення:

■ Recalculate Automatically - автоматичний режим вычислений;

■ Optimize Expression Before Calculate - режим спрощення обчислень перед початком обчислень.

o **Display** - відображення:

■ Multiplication - вибір символів для відображення множення;

■ Derivative - вибір символів для відображення похідної;

■ Literal Subscript - вибір символів для відображення нижніх індексів;

■ Definition - вибір символів для відображення присвоювання;

■ Global Definition - вибір символів для відображення глобальних змінних;

■ Local Definition - вибір символів для відображення локальних змінних;

■ Equality - вибір символів для відображення знак рівності.

o **Unit System** - вибір системи одиниць фізичних величин:

■ SI;

■ MKS;

■ CGS;

■ І ін.

o **Dimensions** - вибір імені міри змінної (маса, довжина, час і т.д.).

Меню Symbolics (символьні обчислення)

Це меню містить операції символьної математики:

• **Evaluate** - обчислювати:

o **Symbolically** - символьне;

o **Floating Point** - із плаваючою точкою;

o **Complex** - у вигляді комплексного числа.

• **Simplify** - спрощення виділеного вираження;

• **Expand** - розкриття дужок у виділенім вираженні;

• **Factor** - розкладання на множники виділеного вираження;

• **Collect** - приведення подібних у виділенім вираженні;

• **Polinominal Coefficients** - вивід у робочий документ вектора стовпця коефіцієнтів виділеного багаточлена, записаних в порядку зростання ступенів.

• **Variable** (змінна) - символьні обчислення відносно виділеної змінної:
  - **Solve** - рішення рівнянь
  - **Substitute** - підстановка;
  - **Differentiate** - диференціювання;
  - **Integrate** - інтегрування;
  - **Expand to Series** - розкладання по формулі Тейлора;
  - **Convert to Partial Fraction** - розкладання на найпростіші дроби.

• **Matrix** - символьні обчислення з виділеною матрицею:
  - **Transpose** - транспонування;
  - **Invert** - обчислення зворотної матриці;
  - **Determinant** - обчислення визначника квадратної матриці;

• **Transform** - символьні обчислення інтегральних перетворень:
  - **Fourier** - Фур'є;
  - **Inverse Fourier** - зворотне Фур'є;
  - **Laplace** - Лапласа;
  - **Inverse Laplace** - зворотне Лапласа;
  - **Z** - обчислення похідної функції;
  - **Inverse Z**.

Склад звіту:

1. Тема та мета практичної роботи;
2. План виконання роботи;
3. Висновки.

Контрольні питання:

1. Для чого потрібний програмний продукт MathCAD?
2. Основні можливості MathCAD при проектуванні машин.
3. Які системи одиниць фізичних величин використовуються MathCAD?
4. Які символьні перетворення дозволяє зробити MathCAD?

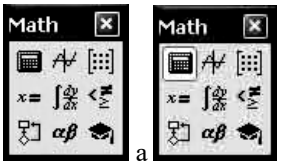
Практична робота № 2

Тема роботи: практичне застосування MathCAD.

Мета роботи: виконання арифметичних обчислень, побудова графіка функції, і символьних перетворень, обчислення інтегралів і похідних, рішення рівнянь, операції з матрицями

Завдання: згідно з варіантом виконати необхідні обчислення і побудувати графік (ДОДАТОК 1).

Встановити курсор у початок сторінки й ввести простий *арифметичний вираз*: "12345+(678455·25)/3.5 - cos(π) =" і натиснути Enter. Значок "cos" вставляється в такий спосіб. Встановити курсор на позицію, куди потрібно вставити символ. На панелі інструментів **Math** (рис. 1, а) обрати піктограму **Calculator Toolbar** (рис. 1, б) і у вікні, що з'явилося, клацнути лівою клавішею миші по потрібному значку.



а б

Рисунок 2.1 – Панель **Math**

Після знака "=" з'явиться значення даного виразу. Клацнути лівою кнопкою миші на тільки що введеному виразу. Він виділиться чорною рамкою. Навести курсор на цю рамку й, утримуючи натиснутою ліву клавішу миші, перемістити виразу вниз сторінки.

Побудувати графік функції, вибравши функцію, відповідну до номера вашого варіанта. Для цього ввести саму функцію у вигляді *y(x)*:="функція", використовуючи ":" (присвоєння значення). Далі побудувати сам графік функції. Для цього використати меню **Insert → Graph→ X-Y Plot** (для двовимірного графіку). З'явиться рамка для виводу графіка. Ввести під горизонтальною віссю *x*, а поруч із вертикальною віссю - *y(x)*. Клацнути мишею за межею графіка. З'явиться зображення графіка функції. Щоб редагувати графік, клацнути по його області мишею. Змінити зовнішній вигляд графіка. Для цього двічі клацнути курсором по ньому. З'явиться вікно **Formatting Currently Selected X-Y Plot**. На вкладці **X-Y Axes** встановити вид осей координат, на вкладці **Traces** - вид ліній графіка, на **Labels** - заголовок графіка й місце його розташування, а також підписи під осями координат. Натисніть OK.

Робота з векторами і матрицями. Створити новий документ за допомогою **File →New → Blank Worksheet**. Зробити додавання двох векторів. Для введення вектора використати меню **Insert → Matrix**, встановити **Rows = 3** і **Columns = 1**.

Створити дві матриці 3x3 (створюється аналогічно вектору, але встановити **Columns = 3**) і провести над ними арифметичні операції.

Обчислити *значення похідної* від виразу. Для цього після введення виразу виділити в ньому *x* і обрати меню **Symbolics → Variable → Differentiate**. Під записом вашого виразу з'явиться запис його похідної.

Обчислити *невизначений інтеграл* по *x*. Для цього знову виділити *x* і обрати **Symbolics → Variable → Integrate.**

Обчислите *певний інтеграл* (аналогічно попередньому пункту).

Створити новий робочий аркуш MathCAD. Зробити *символьне перетворення інтеграла* . Для цього після введення виразу натиснути **Ctrl** і **крапку** (при англійській розкладці клавіатури), а потім клацнути мишею за межею виразу. MathCAD відобразить спрощену версію первісного виразу.



Рисунок 2.2 – Кнопка **Boolean Toolbar**

Знайти *рішення рівняння*. Для цього введіть рівняння, використовуючи для введення символу рівності кнопку "=" із плаваючої панелі, яка включається натисканням кнопки **Boolean Toolbar** (рис.2) на панелі **Math**. Далі виділити в даному рівнянні ***x***, і використати меню **Symbolics → Variable → Solve.**

Скласти звіт по роботі і оформити його.

Склад звіту:

4. Тема та мета практичної роботи;
5. План виконання роботи;
6. Завдання;
7. Роздрукований аркуш з виконаним завданням, згідно варіанту;
8. Висновки.

Контрольні питання:

1. Які види графічних залежностей можна побудувати?

2. Який знак використовується для одержання результату при проведенні чисельних обчислень?

3. Який знак використовується для проведення символьних перетворень?

4. Які операції з векторами і матрицями можна проводити з використанням MathCAD?

5. Як обчислити інтеграл чи визначити похідну?

Практична робота № 3

Тема роботи: рішення системи рівнянь

Мета роботи: навчитися розв'язувати системи рівнянь використовуючи програмний продукт MathCAD

Завдання: згідно з варіантом виконати необхідні обчислення (ДОДАТОК 2).

MathCAD дає можливість вирішувати системи рівнянь. Максимальне число рівнянь і змінних рівно 50. Результатом рішення системи буде чисельне значення шуканого кореня.

Для рішення системи рівнянь необхідно виконати наступне:

- задати початкове наближення для всіх невідомих рівнянь, що входять у систему, MathCAD вирішує систему за допомогою ітераційних методів;

- надрукувати ключове слово **Given**. Воно вказує MathCAD, що далі слідує система рівнянь;

- ввести рівняння й нерівності в будь-якому порядку, використовуючи **[Ctrl]**= для печатки символу "=" чи відповідну піктограм на панелі **Boolean**. Між лівими й правими частинами нерівностей може стояти кожний із символів $<, >, \leq$ і $\geq$;

- ввести будь-який вираз, яке включає функцію **Find**, наприклад: *a:= Find(x, y)*; *Find*($z_1, z_2, \ldots$)

Виконується точне рішення системи рівнянь. Число аргументів повинне бути рівне числу невідомих.

Ключове слово **Given**, рівняння й нерівності, які ідуть за ним, і який-небудь вираз, що містить функцію **Find**, називають *блоком рішення рівнянь*.

Наступні вирази неприпустимі усередині блоку рішення:

- обмеження зі знаком ≠;

- дискретний аргумент або вираження, що містять дискретний аргумент у будь-якій формі;

- нерівності виду a < b < c.

Блоки рішення рівнянь не можуть бути вкладені друг у друга, кожний блок може мати тільки одне ключове слово **Given** і ім'я функції **Find**.

Функція, яка завершує блок рішення рівнянь, може бути використана аналогічно будь-якої іншої функції. Можна зробити з нею наступні три дії:

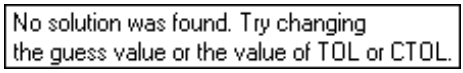
- можна вивести знайдене рішення, надрукувавши вираження виду: *Find(var1, var2,...) =*;

- визначити змінну за допомогою функції *Find: a := Find(x)* - скаляр, *var := Find(var1, var2,...)* - вектор. Це зручно зробити, якщо потрібно використовувати рішення системи рівнянь в іншому місці робочого документа;

- визначити іншу функцію за допомогою *Find f(a, b, c, ...) := Find(x, y, z, ...).*

Ця конструкція зручна для багаторазового рішення системи рівнянь для різних значень деяких параметрів *a, b, c,...* рівнянь, що безпосередньо входять у систему.

Повідомлення про помилку (Рішення не знайдене) при рішенні рівнянь з'являється, коли:



- поставлене завдання може не мати рішення;

- у процесі пошуку рішення послідовність наближень потрапила в точку локального мінімуму нев'язання. Для пошуку шуканого рішення потрібно задати різні початкові наближення;

- можливо, поставлене завдання не може бути вирішена із заданою точністю. Спробуйте збільшити значення TOL.

Приклад ілюструє рішення системи рівнянь в MathCAD (рис.1).

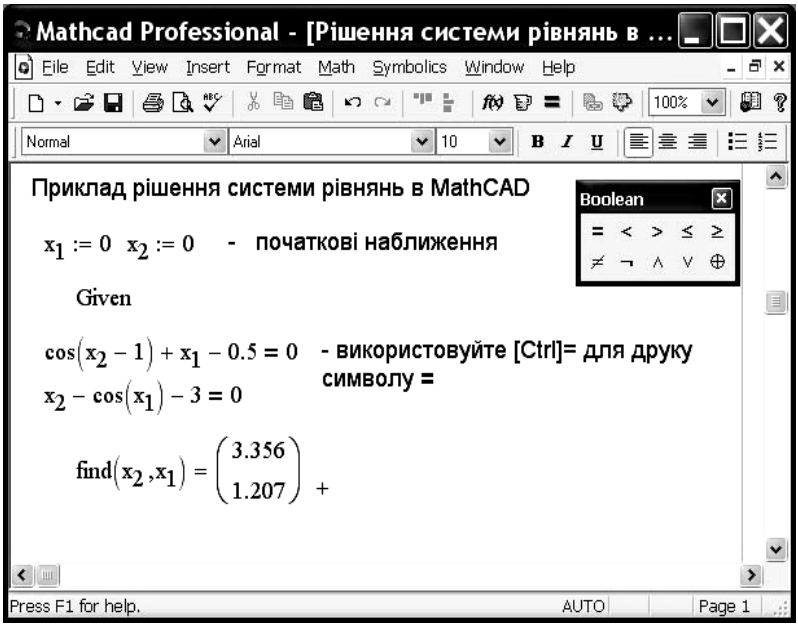


Рисунок 3.1 – Приклад рішення системи рівнянь в MathCAD

Склад звіту:

1. Тема та мета практичної роботи;
2. План виконання роботи;
3. Завдання;
4. Роздрукований аркуш з виконаним завданням, згідно варіанту;
5. Висновки.

Контрольні питання:

1. Назвіть функції для рішення систем рівнянь в MathCAD і особливості їх застосування.
2. Що необхідно виконати для рішення системи рівнянь?
3. Які вирази неприпустимі усередині блоку рішення?
4. Які причини появи повідомлення про помилку?

Практична робота № 4

Тема роботи: ознайомлення з пакетом програм КОМПАС

Мета роботи: ознайомитись з пакетом програм КОМПАС і вивчити його можливості.

Запустити КОМПАС за допомогою **Пуск → Програми → АСКОН → КОМПАС-3D LT V11 → КОМПАС-3D LT V 11**

Меню КОМПАС

КОМПАС - має стандартне оформлення WINDOWS. Тому головне вікно, яке відображається на екрані після запуску системи, практично не відрізняється по своєму зовнішньому вигляду від оформлення вікон інших програм .

Самий верхній рядок робочого екрана системи КОМПАС (рис. 1) - це його заголовок. У ньому зазначена назва системи - КОМПАС-3D LT і номер версії.

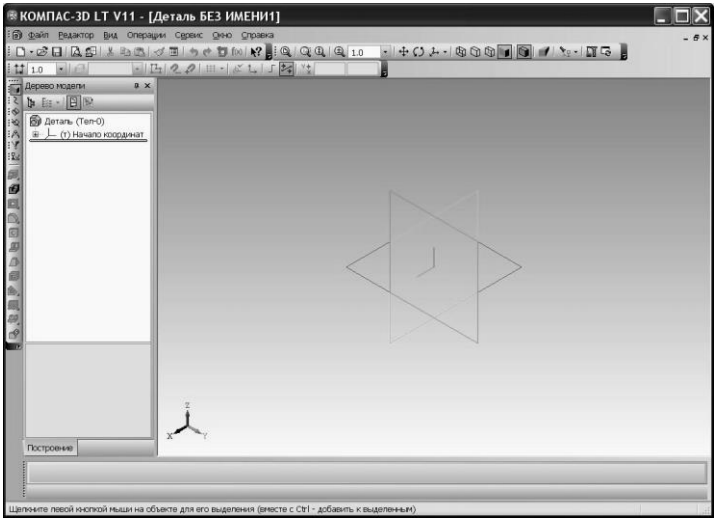


Рисунок 4.1 – Робочий екран системи КОМПАС.

У лівому верхньому куті екрана перебуває кнопка системного меню. Для того, щоб відобразити це меню на екрані, необхідно клацнути мишею на кнопці. За допомогою команд системного меню можна змінити розміри робочого екрана, завершити роботу і т.д.

У правому верхньому куті перебувають кнопки, за допомогою яких можна швидко управляти розмірами робочого екрана.

Під заголовком робочого екрана перебуває рядок, у якому відображаються назви сторінок верхнього меню системи. Для розгортання потрібної сторінки меню необхідно клацнути лівою кнопкою миші на її назві.

Основне місце на екрані займає робоче поле. На ньому може відображатися одне вікно відкритого документа або відразу декілька, в залежності від того, яку схему розміщення вибрав користувач.

Важливу роль при роботі із системою відіграють панелі, на яких розташовані кнопки команд.

У рядку 1 зазначено ім'я креслення створеного раніше або **"Деталь БЕЗ ІМЕНІ 1",** якщо створюється нове креслення.

У рядку 2 розташовані падаючі меню.

Рядок 3 - **Панель керування**, на якій розташовані кнопки, що дозволяють звернутися до часто використовуваних при роботі з КОМПАС командам створення, відкриття й збереження файлів документів, виводу принтера і т.д. Склад Панелі керування можна змінити або розширити з допомогою діалогу настроювання системи.

Рядок 4 - Рядок поточного стану, у якій розташовані поля, з допомогою яких можна змінити крок курсору, текучий вид і слой, масштаб відображення і т.д.

Рядок 5 - **Панель перемикання**. На цій панелі розташовані кнопки для перемикання між сторінками Інструментальної панелі.

Рядок 6 - **Інструментальна панель**. На цій панелі розташовані кнопки, що дозволяють викликати команди створення або редагування графічних

об'єктів креслення або фрагмента. Панель складається з п'яти сторінок. Для перемикання між ними використовують кнопки Панелі перемикання.

На Інструментальній панелі геометрії розташовані кнопки, що дозволяють звернутися до команд створення графічних примітивів - крапок, прямих, відрізків, окружностей і їх дуг, еліпсів і т.д.

На Інструментальній панелі розмірів і технологічних позначень розташовані кнопки, що дозволяють звернутися до команд проставляння розмірів і технологічних позначень.

На Інструментальній панелі редагування розташовані кнопки, що дозволяють звернутися до команд редагування графічних об'єктів креслення або фрагмента.

На Інструментальній панелі вимірів розташовані кнопки для виклику команд виміру відстаней, довжин, кутів, площ і т.д.

На Інструментальній панелі виділення розташовані кнопки, що дозволяють звернутися до команд виділення графічних об'єктів документа й командам зняття виділення.

У Рядку параметрів об'єктів відображаються значення характерних параметрів елемента при його введенні або редагуванні. Ці параметри доступні для зміни, що дозволяє легко управляти об'єктом.

Рядок 7 - У рядку стану КОМПАС виводить повідомлення. Рядок повідомлень призначена для відображення короткої інформації про поточний дії або про той елемент екрана, до якого підведений курсор.

Якщо поточний розмір зображення документа або декількох документів перевищує розмір робочого поля, на екрані з'являються спеціальні елементи керування - лінійки прокручування.

Вертикальна лінійка прокручування відображається праворуч від робочого поля й служить для переміщення зображення по вертикалі.

Горизонтальна лінійка прокручування відображається знизу від робочого поля і служить для переміщення зображення по горизонталі. Для

зрушення зображення можна або натискати стрілки на краях лінійок прокручування, або переміщати повзунок по лінійці. Крім того, за допомогою колеса або середньої кнопки миші можна (залежно від типу документа) панорамувати, зрушувати, обертати або перегортати зображення.

Склад звіту:

1. Тема та мета лабораторної роботи;
2. План виконання роботи;
3. Висновки.

Контрольні питання:

1. Для чого потрібний програмний продукт КОМПАС?
2. Основні можливості КОМПАС при проектуванні машин?
3. Назвати основні складові інструментальної панелі.
4. Яка панель дозволяє створювати геометричні об’єкти?

Практична робота № 5-6

Тема роботи: створення тривимірної деталі.

Мета роботи: вивчити всі інструментальні панелі КОМПАС, що використовуються для створення тривимірних деталей та навчитися використовувати їх на практиці.

Завдання: по заданому кресленню деталі виконати наочне зображення тривимірної деталі простої технічної форми по зазначеним розмірам, використовуючи графічний редактор КОМПАС (ДОДАТОК 3).

Розглянемо створення моделі в КОМПАС на прикладі деталі циліндричної форми (рис. 5.6.1).

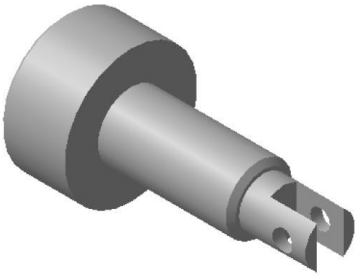


Рисунок 5.6. 1 – Приклад деталі

Почнемо формування моделі з побудови **ескізу**, який являє собою контур половини вала й вісь обертання (рис. 5.6. 2) Використовуючи панель геометрії, зображуємо вісь, потім довільну ламану лінію, що повторює конфігурацію вала, без дотримання розмірів.

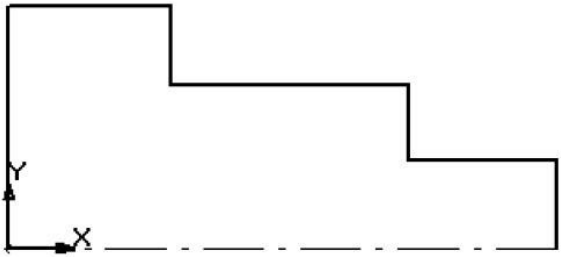


Рисунок 5.6. 2 – Ескіз деталі

На другому етапі проставляємо параметричні керовані розміри, використовуючи панель розмірів. При цьому можна відключити автоматичне визначення квалітету й граничних відхилень у діалоговім вікні «**Параметри нових розмірів**», яке перебуває в групі команд **Параметри**. Для проставляння розмірів уводимо лінійний розмір. Указуємо необхідний розмір двома граничними точками або базовим об'єктом, використовуючи кнопку, після чого з'явиться фантом розміру. Визначимо положення розмірної лінії й натиснемо на ліву клавішу миші. При цьому на екрані відобразиться діалогове вікно «**Встановити значення розміру**» (рис. 5.6. 3), де необхідно

вказати числове значення. Зображення буде автоматично перебудовуватися згідно з уведеним значенням.

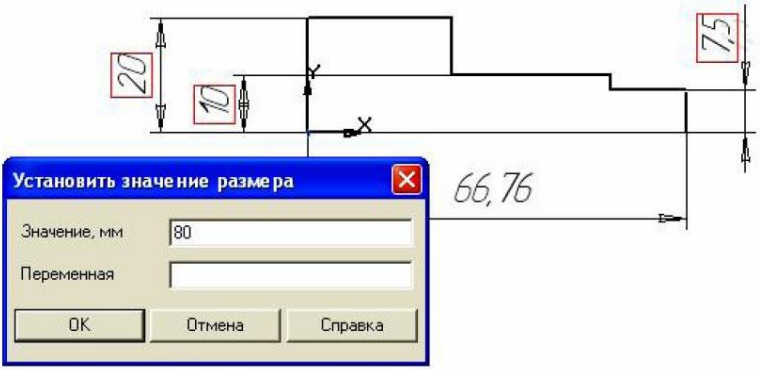


Рисунок 5.6. 3 – Постановка розмірів ескізу

Таким чином, задаємо всі задані розміри майбутньої моделі й формуємо ескіз (рис. 5.6. 4).

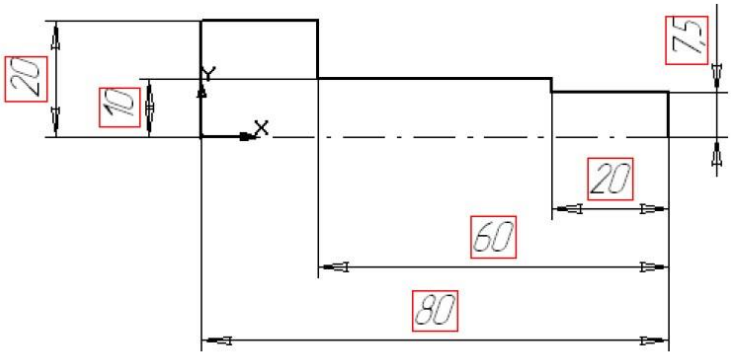


Рисунок 5.6. 4 - Готовий ескіз деталі

Після призначення всіх розмірів закриваємо ескіз, натискаючи на кнопку .

На третьому етапі вибираємо кнопку «**Операція обертання**» на панелі **Редагування деталі** й у рядку параметрів об'єктів (рис. 5.6. 5). Задаємо всі необхідні дані й натискаємо кнопку «**Створити**». Якщо необхідно створити суцільне тіло, то вибираємо **Сфероїд**, потім відкриваємо закладку **тонкої стінки** й уводимо кнопку Нет

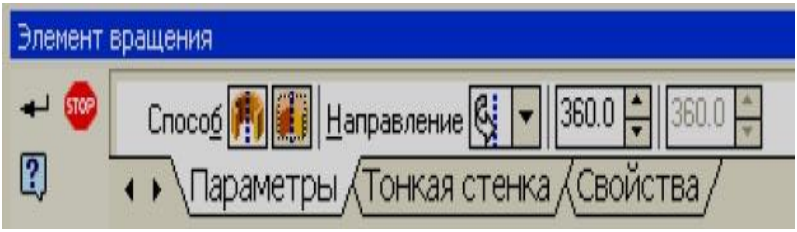


Рисунок 5.6. 5 – Рядок параметрів

У робочім вікні одержуємо зображення у вигляді каркаса. Установлюємо півтонове відображення й орієнтацію - ізометрія XYZ.

На четвертому етапі за допомогою вирахування виконаємо проріз трьома площинами. Для цього введемо нову площину, дотичну до циліндричної поверхні. Натискаємо кнопку «**Допоміжна геометрія**», а потім кнопку «**Дотична площина**».

Далі слід указати на моделі грань, до якої буде будуватися додаткова площина, а потім мишею в дереві побудов указати одну з можливих площин проекцій. У нашому випадку можливі варіанти: **фронтальна** або **горизонтальна**. Вибираємо - **фронтальна**. На екрані з'являється фантом дотичної площини (рис. 5.6. 6).

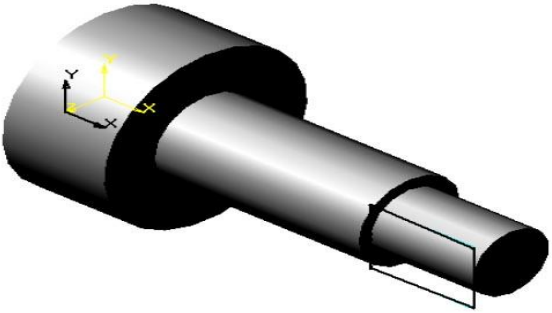


Рисунок 5.6. 6 – Побудова дотичної площини

На новій допоміжній площині будуємо другий ескіз, профіль прорізу, проставляємо розміри й закриваємо ескіз. Для побудови ескізу можна було використовувати не дотичну, а фронтальну площину, але тоді вирізати проріз довелося б у двох напрямках. На панелі **Побудова деталі** вибираємо кнопку «**Вирізати видавлюванням**»  на екрані з'являється рядок параметрів об'єктів, у якій установлюємо модифікацію - **Через все**, потім натискаємо закладку вирізання й у діалоговім вікні, що відкрилося, вибираємо модифікацію - **вирахування елемента** (рис.5.6. 7) і вводимо кнопку **Створити**.

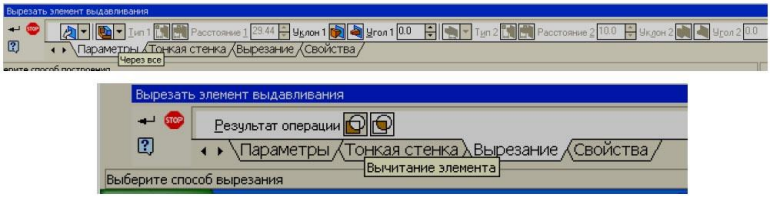


Рисунок 5.6. 7 – Рядок параметрів

У результаті, одержуємо прямокутний проріз (рис. 5.6. 8).

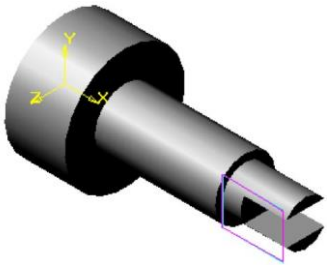


Рисунок 5.6. 8 – Створення прорізу

На п'ятому етапі виконаємо отвір циліндричної форми. Для цього аналогічно попередній операції створимо ще одну допоміжну площину, дотичну тієї ж грані. Тільки тепер, ця площина буде паралельна **Площині ZX**.

Створюємо новий ескіз на допоміжній горизонтальній площині, зображуємо окружність і встановлюємо за допомогою розмірів її положення й діаметр, після чого повторюємо операцію видавлювання (рис. 5.6. 9).

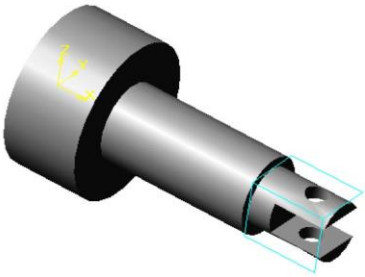


Рисунок 5.6. 9 – Створення отвору

На шостому, заключному етапі формуємо фаски, для цього вибираємо ребро, у нашому випадку - це окружність, натискаємо на панелі **Побудова деталі** кнопку **Фаска**, і в рядку **параметрів об'єктів** установлюємо необхідні параметри, після чого мишею вибираємо кнопку **Створити**.

Склад звіту:

1. Тема та мета лабораторної роботи;
2. Завдання;
3. План виконання роботи;
4. Зображення накресленої деталі;
5. Висновки.

Контрольні питання:

1. Які способи побудови 3-х мірних моделей тіл обертання в Компас 3D LT ви знаєте?
2. Який алгоритм побудови 3-х мірної моделі циліндра?
3. Який алгоритм побудови 3-х мірної моделі паралелепіпеда?
4. Як створити отвір?

Критерії оцінювання

Присутність на практичних заняттях – 0,5 бали;

Виконання практичної роботи – 1 бал;

Відповіді на питання при захисті робіт:

2 бали - студент дає вичерпну, змістовну і правильну відповідь на поставлене питання, при цьому вільно володіє знаннями, та вміло застосовує їх на практиці;

1 бал - студент в основному правильно відповів на поставлене запитання, але припустив деякі неточності у визначенні змісту окремих визначень, не досить переконливо аргументував свою відповідь;

0 балів - студент не знає або невірно сформулював відповідь на поставлене питання, припустився істотних помилок при відповіді на питання,

показав незнання роботи, та невміння аргументувати свою відповідь на поставлене питання.

Практична робота № 7

Тема роботи: Інтерфейс програмного комплексу Autocad. Побудова 2D моделі в середовищі AutoCAD

Мета роботи: Ознайомитись з стрічковим інтерфейсом програмного комплексу Autocad та його основними елементами

Завдання:

1. На початку пари студенти повинні завантажити програму "Автокад". Для цього потрібно зайти на офіційний сайт компанії розробника Autodesk і зареєструвати на ньому обліковий запис (попередньо заповнити анкету з місцем навчання, спеціальності та іншим), потім необхідно знайти продукт AutoCAD, скачати його в потрібній версії і встановити.

2. Протягом даної практичної роботи студенти мають ознайомитись з будовою стрічкового інтерфейсу Autocad, його основними елементами: стрічка, вкладки, панелі, рядок стану, командний рядок, палітри тощо. Необхідно детально розглянути кожний з елементів та навчитись налаштувати інтерфейс програми.

3. Крім того необхідно розглянути поняття шаблону та робочого простору, роботу довідкової системи та процедури збереження файлів (різні версії формату.

4. Студент повинен вивчити чотири способи виклику команд в середовищі Autocad: через командний рядок, строку меню, за допомогою швидких клавіш (скорочених команд) та піктограм, розміщених на стрічці (у відповідній панелі).

5. Наприкінці практичної роботи студенти можуть ознайомитись з прикладами готових проектів, виконаних в програмі Autocad.

6. Навчитися використовувати програмне середовище для побудови 2D моделі деталі

Теоретичні відомості

1. Побудова спряження

В інженерній практиці під час виконання креслень плоских контурів дуже часто зустрічається побудова сполучень: сполучення двох прямих ліній, сполучення прямої і кола, сполучення двох кіл.

Для виконання вказаних геометричних побудов в AutoCAD використовуються команди:

- **Відрізок** (LINE) з використанням режиму об'єктної прив'язки *Дотична.*
- **Коло** (CIRCLE) **з** використанням опції *2 точок дотику*, *радіус*.
- **Сполучення** (FILLET).

2. Побудова дотичних до двох кіл

Побудова дотичних до двох кіл виконується таким чином (рис. 1):

- Клацнути на піктограмі команди **Відрізок** (LINE) .
- Вибрати в налаштуваннях об'єктної прив'язки функцію *Дотична.*
- Клацнути курсором в точці **1 (**рис. 7.1 ***а)***.
- Клацнути курсором в точці **2** (умовне місце розташування точки доти ку другого кола).

Результат побудови показаний на рис. 1.1, ***б***. Нижня дотична побудованааналогічним чином.



а **б**

Рисунок 7.1 – Побудова дотичних двох кіл

3. Спряження двох прямих, що перетинаються

Для спряження двох прямих, що перетинаються, дугою кола заданогорадіусу необхідно виконати наступну послідовність дій:

Вибрати команду **Спряження** (FILLET) .

- Клацнути правою кнопкою миші (за умови включеного режиму динамічного введення) і в контекстному меню, щоб відкрилося (рис. 1.2.), вибрати опцію *Радіус.*
- З клавіатури ввести значення радіусу та натиснути клавішу **Enter**.
- У командному рядку з’явиться запит про вибір першого об’єкта. Клацнути курсором на першому відрізку (рис. 7.2, ***а).*** Потім вказати курсором на другий відрізок.

Результат побудови спряження показано на рис. 7.2, ***б***. Зверніть увагу, що після виконання спряження автоматично обрізуються частини прямої, що знаходяться за дугою.

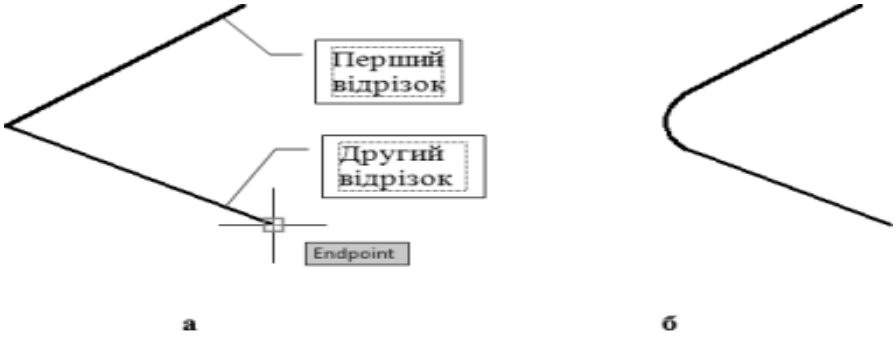


Рисунок 7.2 - Спряження двох прямих, що перетинаються

4. Зовнішнє сполучення двох кіл

Під час зовнішнього спряження центри кіл, що сполучаються, лежать за дугою, яка їх сполучає. Для виконання зовнішнього сполучення рекомендується використати команду **Спряження** (FILLET) .

Порядок побудов наступний:

- Вибрати команду **Спряження** (FILLET).
- Клацнути правою кнопкою миші і в контекстному меню, що відкрилося, вибрати опцію **Радіус (**RADIUS**)**.
- З клавіатури ввести задане значення радіусу та натиснути клавішу **Enter.**

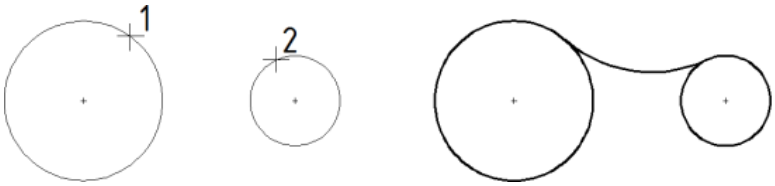
У командному рядку з’явиться повідомлення

Виберіть перший об’єкт або.

Клацнути курсором на першому колі приблизно у тому місці, де ви припускаєте точку сполучення – точка **1** (рис. 7.3 ***а).***

У командному рядку з’явиться повідомлення про вибір другого об’єкта. Клацнути курсором на другому колі в точці **2.**

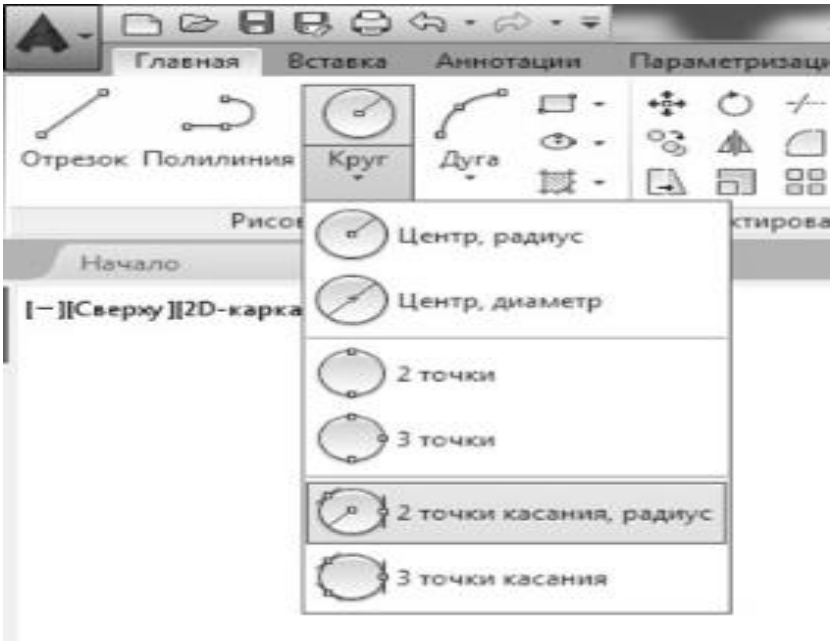
Результат побудови зовнішнього сполучення кіл показано на рис.7.3.



а **б**

Рисунок 7.3 - Побудова зовнішнього сполучення кіл

5. Внутрішнє сполучення двох кіл



При внутрішньому сполученні центри кіл, що сполучаються, лежать усередині дуги, яка їх сполучає. Для виконання внутрішнього сполучення рекомендується застосовувати команду **Коло (**CIRCLE**)** з використанням опції *2 точки дотику, радіус (Tan, Tan, Radius).*

Порядок побудови внутрішнього сполучення:

- Вибрати команду **Коло (**CIRCLE**)** панелі інструментів Малювання.
- У меню, що відкрилося, вибрати опцію

У командному рядку з'явиться повідомлення:

Вкажіть точку на об'єкті,що задає першу дотичну.

Клацнути лівою кнопкою миші на першому колі. За такої умови на колі з'являється значок *Затримання дотичної* (рис. 7.5.).



Рисунок 7.5 – Утримана дотична

Для правильного виконання спряження, необхідно вказувати ту четвертину кола, де передбачається точка спряження.

У командному рядку з'явиться повідомлення:

Укажіть точку на об'єкті, яка задає другу дотичн:.

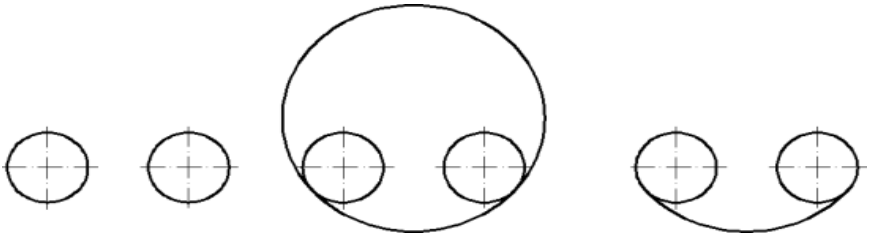
Клацнути лівою кнопкою миші на другому колі.

- Наступне повідомлення в командному рядку: *Радіус кола.*

Необхідно ввести з клавіатури значення радіусу дуги спряження і натиснути **Enter.**

Результат побудов показано на рис. 7.6 *б.* Частину кола, що лежить вище за точки спряження треба видалити, використовуючи команду **Обрізати (**TRIM**)** .

За ріжучі кромки прийняти початкові кола. Остаточний результат побудов показаний на рис. 1.6, ***в***.



а б в

Рисунок 7.6 - Результат побудови

Завдання

Накреслити геометричну модель деталі **2D** використовуючи кола і відрізки.

Завдання виконують в наступній послідовності:

1. Відкрити програмне середовище AutoCAD

2. Відкриваємо «робочий простір» «Малювання і анотація»

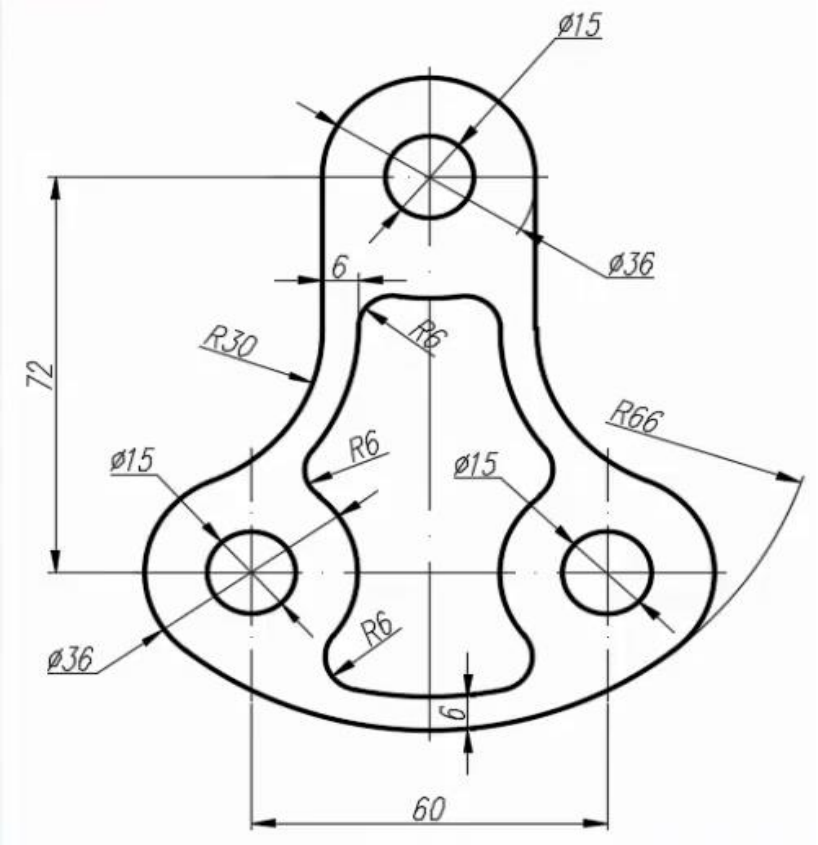


Рисунок 7.7 - Результат побудови деталі

3. На панелі інструментів вибираємо Команди для виконання завдання.
4. Виконуємо завдання 2D модель
5. Наносимо розміри.

Запитання для самоперевірки

1. Які основні елементи інтерфейсу користувача комп'ютерної системи автоматизованого проектування AutoCAD Ви знаєте?
2. Яким чином можна змінити характеристики об'єкта, наприклад тип лінії?
3. Поясніть поняття «базова точка»
4. Як можна скопіювати й перемістити об'єкт ? Чи можна зробити кілька копій однією командою?
5. Як виконують плавне сполучення із заданим радіусом двох ліній?

Практична робота № 8

Тема роботи: побудова конструктивних вузлів.

Мета роботи: Навчитися будувати конструктивні вузли промислових будівель в програмі AutoCAD за допомогою основних режимів та команд

Завдання: Створити конструктивний будівельний вузол в масштабі (М 1:10)

Хід роботи:

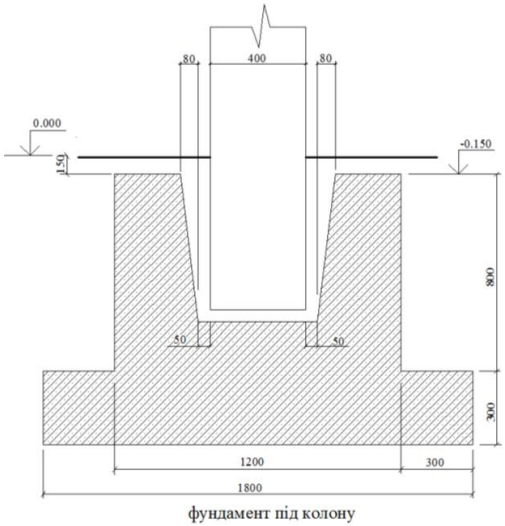
- Відкрити програму AutoCAD (*Пуск*/*Всі програми*/*Autodesk*/*AutoCAD).*
- Надати створеному кресленню ім'я «Практична робота №8».
- Задайте параметри креслення в програмі *Формат*/*Лимиты*/*420297*/*Enter).*
- Увімкніть режими ОРТО; ПРИВ'ЯЗКА.

- За допомогою основних команд побудови графічних об’єктів:

 лінія;  стерти;  перемістити;  обрізати;  подовжити;

 розірвати;  з’єднати;  штриховка;  багаторядковий.

- Створити конструктивний вузол в масштабі (М 1:10) за зразком.



фундамент під колону

Рисунок 8.1 – Фундамент під колону (схема)

- В результаті виконання завдання та умов креслення конструктивного вузла отримуємо.

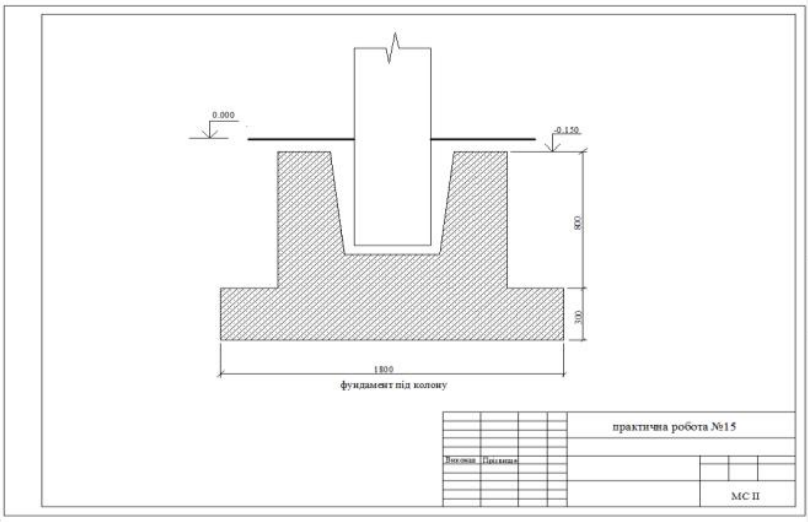


Рисунок 8.2 – Фундамент під колону (креслення)

Запитання для самоперевірки:

1. Дайте визначення програмі AutoCAD?

(AutoCAD – діалогова програма, тому в процесі роботи весь час відбувається обмін інформації між користувачем і програмою: користувач тим чи іншим способом віддає команди, а програма виводить на екран підказки щодо можливостей даної команди, запити щодо даних, які користувач повинен надати програмі для її подальшої роботи.)

2. Які можливості надає програми AutoCAD?

(Програма AutoCAD дозволяє створювати та редагувати креслення й ескізи, зберігати їх і виводити на друк за допомогою плотера або принтера.

3. Які операції над кресленням дає змогу здійснювати програма AutoCAD?

(Програма AutoCAD дає змогу користувачу здійснювати над кресленнями такі операції, які неможливо виконати звичайними засобами: це робота з фрагментами креслення (копіювання, розмножування, вилучення, переміщення), збільшення, зменшення, панорамування креслення, побудова як площинного зображення, так і проекцій тривимірних об'єктів.)

4. Назвіть основні режими, які необхідно ввімкнути для побудови графічних об'єктів в програмі AutoCAD?

(Для побудови графічних об'єктів в програмі AutoCAD достатньо ввімкнути такі режими як ОРТО та ПРИВ'ЯЗКА.

5. **ОРТО** – режим, при якому курсор миші може переміщатися лише в горизонтальному або вертикальному напрямах.

6. **ПРИВ'ЯЗКА** – режим об'єктної прив'язки, який автоматизує пошук розташування характерних точок графічних об'єктів)

8. Рекомендована література та джерела інформації

8.1 Основна література

1. Єщенко О.А. Основи САПР [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. напряму 6.050503 “Машинобудування” ден. і заочн. форм навчання. / Єщенко О.А., Р.Л. Якобчук, Змієвський Ю.Г. – К.: НУХТ, 2014. – 205 с.

2. Тимченко А. А. Основи системного проектування та системного аналізу складних об’єктів: Основи САПР та системного проектування складних об’єктів: Підручник / за ред.. В.І.Бикова.- 2-ге вид. – К.: Либідь, 2003. – 272 с.

3. Наумчук О. М. Основи систем автоматизованого проектування. – Рівне : НУВГП, 2008. – 136 с.

4. Прогнозування процесів на основі моделювання часових рядів: навч.
Посіб./П.І.Бідюк, В.Ю.Щербань, Є.О.Демківський, Т.І.Демківська.-
К.:КНУТД, 2017. - 324 с.

5. В.Ю. Щербань, С.М. Краснитський, В.Г. Резанова. Математичні моделі в САПР. Обрані розділи та приклади застосування: Навчальний посібник. – К.: КНУТД, 2011. – 219 с.: - Бібліогр.: 214 с.: - бібліогр. назв 52.: - іл. 67.: - табл. 6. Укр. Мовою.

6. Математичне моделювання систем і процесів: навч. посібник / П. М. Павленко, С. Ф. Філоненко, О. М. Чередніков, В. В. Трейтяк. - К. : НАУ, 2017. – 392 с.

7. Математичне моделювання та оптимізація процесів і систем. Частина 1 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Інженерія програмного забезпечення інтелектуальних кібер-фізичних систем в енергетиці» спеціальності 121

Інженерія програмного забезпечення / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: О. В. Барабаш, О. В. Свинчук, А. П. Мусієнко. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,92 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 160 с.

8. Саєнко С. Ю. Основи САПР / С. Ю. Саєнко, І. В. Нечипоренко – Х. : ХДУХТ, 2017. – 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. –

9. Системи автоматизованого проєктування: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізації «Комп'ютерноінтегровані системи та технології в приладобудуванні» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; автори: К.С. Барандич, О.О. Подолян, М.М. Гладський. – Електронні текстові дані (1 файл 3,05 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 97 с.

10. САПР об'єктів середовища. Навчально-методичний посібник / Гервас Ольга Геннадіївна. – Умань: Візаві, 2018. –
160 с.

11. Математичні, алгоритмічні та програмні компоненти САПР / В.Ю.Щербань, О.З.Колиско, Ю.Ю.Щербань, Г.В.Мельник, М.І.Гольдберг, А.М.Кириченко. – К.: Освіта України, 2022. – 937 с.

Сучасні технології, цифровізація та Industry 4.0

12. Gilchrist A. Industry 4.0: The Industrial Internet of Things. Berkeley, CA : Apress, 2016. 250 p.

13. Lasi H., Fettke P., Kemper H.-G., Feld T., Hoffmann M. Industry 4.0. Business & Information Systems Engineering. 2014. Vol. 6. P. 239–242. DOI: 10.1007/s12599-014-0334-4.

14. Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group. Frankfurt am Main : acatech, 2013. 82 p.

15. Lee J., Bagheri B., Kao H.-A. A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. Manufacturing Letters. 2015. Vol. 3. P. 18–23. DOI: 10.1016/j.mfglet.2014.12.001.

16. Tao F., Qi Q., Wang L., Nee A. Y. C. Digital Twins and Cyber–Physical Systems toward Smart Manufacturing and Industry 4.0: Correlation and Comparison. Engineering. 2019. Vol. 5, No. 4. P. 653–661. DOI: 10.1016/j.eng.2019.01.014.

Автоматизація, роботизація та автономні машини

17. Siciliano B., Khatib O. (eds.). Springer Handbook of Robotics. 2nd ed. Cham : Springer, 2016. 2227 p. DOI: 10.1007/978-3-319-32552-1.

18. Siegwart R., Nourbakhsh I. R., Scaramuzza D. Introduction to Autonomous Mobile Robots. 2nd ed. Cambridge, MA : MIT Press, 2011. 472 p.

19. Thrun S., Burgard W., Fox D. Probabilistic Robotics. Cambridge, MA : MIT Press, 2005. 647 p.

20. Rajamani R. Vehicle Dynamics and Control. 2nd ed. New York : Springer, 2012. 496 p.

Електронні ресурси

21. Міністерство освіти і науки України : офіційний вебсайт. URL: https://mon.gov.ua/ (дата звернення: 31.08.2026).

22. International Organization for Standardization : official website. URL: https://www.iso.org/ (дата звернення: 31.08.2026).

23. SAE International : official website. URL: https://www.sae.org/ (дата звернення: 31.08.2026).

24. IEEE Xplore Digital Library : official website. URL: https://ieeexplore.ieee.org/ (дата звернення: 31.08.2026).

25. ScienceDirect : scientific database. URL: https://www.sciencedirect.com/ (дата звернення: 10.09.2026).

26. SpringerLink : scientific database. URL: https://link.springer.com/ (дата звернення: 10.09.2026).

Додаток 1 - Варіанти виконання необхідних обчислень для побудови графіків

№	Спростити чи вирішити вираз	Операції з матрицями	Побудувати графік
1	2	3	4
1	$\lim\limits_{x \to 0} (1+3\operatorname{tg}^2 x)^{\operatorname{ctg}^2 x}$	Знайти визначник $\begin{pmatrix} 3 & 5 & 9 \\ 4 & 3 & 25 \\ 4 & 5 & 5 \end{pmatrix}$	$y(x) = 2\left(\frac{1}{3}\right)^x + 1$
2	$\lim\limits_{x \to +0} e^{-\frac{1}{x}}$	$\begin{pmatrix} 3 & 6 & 8 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & 6 & 76 \end{pmatrix}$	$y(x) = 2^x + \frac{x}{2}$
3	$I = \int \frac{-x^3 + 2x^2 - 3x + 4}{x^4 - 2x^3 + 2x^2 - 2x + 1} dx.$	$\begin{pmatrix} 2 & 6 & 8 \\ 3 & 6 & 7 \\ 86 & 6 & 5 \end{pmatrix}$	$y(x) = x^2 + 5x$
4	$\int \frac{1+\sin 2x}{\sin^2 x} dx.$	$\begin{pmatrix} 6 & 4 & 8 \\ 8 & 9 & 7 \\ 6 & 6 & 9 \end{pmatrix}$	$y(x) = \ln x + 12$
5	$\int_0^1 (x^2 + 5x + 3) dx.$	$\begin{pmatrix} 1 & 4 & 3 \\ 4 & 9 & 7 \\ 8 & 6 & 9 \end{pmatrix}$	$y(x) = x^2 + 7$
6	$\int_0^1 \sin(\sin x) dx$	$\begin{pmatrix} 9 & 4 & 3 \\ 0 & 9 & 7 \\ 8 & 6 & 8 \end{pmatrix}$	$y(x) = 4\left(\frac{9}{3}\right)^x + 2$
7	$\int_0^{\frac{\pi}{4}} \sin(x^2) dx$	$\begin{pmatrix} 6 & 4 & 3 \\ 4 & 7 & 7 \\ 7 & 6 & 8 \end{pmatrix}$	$y(x) = 44^x + x$

8	$\int_0^1 \frac{x}{1+x^4}dx$	$\begin{pmatrix} 8 & 4 & 3 \\ 40 & 7 & 7 \\ 7 & 4 & 8 \end{pmatrix}$	$y(x)=\left(\frac{1}{x}\right)-31$
9	$\int_0^1 xe^{-x}dx$	$\begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 \\ 6 & 7 & 7 \\ 3 & 4 & 4 \end{pmatrix}$	$y(x)=1+2x^2$
10	$\int_{-1}^1 x\cdot \operatorname{arctg}(x)dx$	$\begin{pmatrix} 8 & 4 & 5 \\ 3 & 2 & 7 \\ 8 & 4 & 4 \end{pmatrix}$	$y(x)=x^4+1$
11	$\lim\limits_{x\to 0}(1+3\operatorname{tg}^2 x)^{\operatorname{ctg}^2 x}$	Знайти обернену $\begin{pmatrix} 3 & 5 & 9 \\ 4 & 3 & 25 \\ 4 & 5 & 5 \end{pmatrix}$	$y(x)=2\cdot(\ln x)$
12	$\lim\limits_{x\to +0} e^{-\frac{1}{x}}$	$\begin{pmatrix} 3 & 6 & 8 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & 6 & 76 \end{pmatrix}$	$y(x)=x+1$
13	$I=\int\frac{-x^3+2x^2-3x+4}{x^4-2x^3+2x^2-2x+1}dx.$	$\begin{pmatrix} 2 & 6 & 8 \\ 3 & 6 & 7 \\ 86 & 6 & 5 \end{pmatrix}$	$y(x)=\frac{6x^5}{4}$
14	$\int\frac{1+\sin 2x}{\sin^2 x}dx.$	$\begin{pmatrix} 6 & 4 & 8 \\ 8 & 9 & 7 \\ 6 & 6 & 9 \end{pmatrix}$	$y(x)=\left(\frac{1}{3}\right)^x+1$
15	$\int_0^1(x^2+5x+3)dx.$	$\begin{pmatrix} 1 & 4 & 3 \\ 4 & 9 & 7 \\ 8 & 6 & 9 \end{pmatrix}$	$y(x)=x^3$

16	$\int_0^1 \sin(\sin\ x)dx$	$\begin{pmatrix} 9 & 4 & 3 \\ 0 & 9 & 7 \\ 8 & 6 & 8 \end{pmatrix}$	$y(x) = e^x$
17	$\int_0^{\frac{\pi}{4}} \sin(x^2)dx$	$\begin{pmatrix} 6 & 4 & 3 \\ 4 & 7 & 7 \\ 7 & 6 & 8 \end{pmatrix}$	$y(x) = \sin x + 12$
18	$\int_0^1 \frac{x}{1+x^4}dx$	$\begin{pmatrix} 8 & 4 & 3 \\ 40 & 7 & 7 \\ 7 & 4 & 8 \end{pmatrix}$	$y(x) = \mathrm{tg}x$
19	$\int_0^1 xe^{-x}dx$	$\begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 \\ 6 & 7 & 7 \\ 3 & 4 & 4 \end{pmatrix}$	$y(x) = \cos x$
20	$\int_{-1}^1 x \cdot \mathrm{arctg}(x)dx$	$\begin{pmatrix} 8 & 4 & 5 \\ 3 & 2 & 7 \\ 8 & 4 & 4 \end{pmatrix}$	$y(x) = x^{99}$
21	$\lim\limits_{x \to 0} (1+3\mathrm{tg}^2 x)^{\mathrm{ctg}^2 x}$	Знайти транспоновану $\begin{pmatrix} 3 & 5 & 9 \\ 4 & 3 & 25 \\ 4 & 5 & 5 \end{pmatrix}$	$y(x) = \sin x + \cos x$
22	$\lim\limits_{x \to +0} e^{-\frac{1}{x}}$	$\begin{pmatrix} 3 & 6 & 8 \\ 3 & 4 & 7 \\ 6 & 6 & 76 \end{pmatrix}$	$y(x) = \sin x - \cos x$
23	$I = \int \frac{-x^3 + 2x^2 - 3x + 4}{x^4 - 2x^3 + 2x^2 - 2x + 1}dx.$	$\begin{pmatrix} 2 & 6 & 8 \\ 3 & 6 & 7 \\ 86 & 6 & 5 \end{pmatrix}$	$y(x) = 5^x + 1$

24	$\int \frac{1+\sin 2x}{\sin^2 x} dx.$	$\begin{pmatrix} 6 & 4 & 8 \\ 8 & 9 & 7 \\ 6 & 6 & 9 \end{pmatrix}$	$y(x) = 2x^4$
25	$\int_0^1 (x^2 + 5x + 3) dx.$	$\begin{pmatrix} 1 & 4 & 3 \\ 4 & 9 & 7 \\ 8 & 6 & 9 \end{pmatrix}$	$y(x) = 5x^3$
26	$\int_0^1 \sin(\sin x) dx$	$\begin{pmatrix} 9 & 4 & 3 \\ 0 & 9 & 7 \\ 8 & 6 & 8 \end{pmatrix}$	$y(x) = \log x$
27	$\int_0^{\frac{\pi}{4}} \sin(x^2) dx$	$\begin{pmatrix} 6 & 4 & 3 \\ 4 & 7 & 7 \\ 7 & 6 & 8 \end{pmatrix}$	$y(x) = \log 4x$
28	$\int_0^1 \frac{x}{1+x^4} dx$	$\begin{pmatrix} 8 & 4 & 3 \\ 40 & 7 & 7 \\ 7 & 4 & 8 \end{pmatrix}$	$y(x) = 5 \cdot \ln x$
29	$\int_0^1 x e^{-x} dx$	$\begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 \\ 6 & 7 & 7 \\ 3 & 4 & 4 \end{pmatrix}$	$y(x) = \frac{1}{x^2}$
30	$\int_{-1}^1 x \cdot \operatorname{arctg}(x) dx$	$\begin{pmatrix} 8 & 4 & 5 \\ 3 & 2 & 7 \\ 8 & 4 & 4 \end{pmatrix}$	$y(x) = 2\left(\frac{1}{3}\right)^{2 \cdot x} + 1$

Додаток 2 - Варіанти виконання необхідних обчислень використовуючи програмний продукт MathCAD

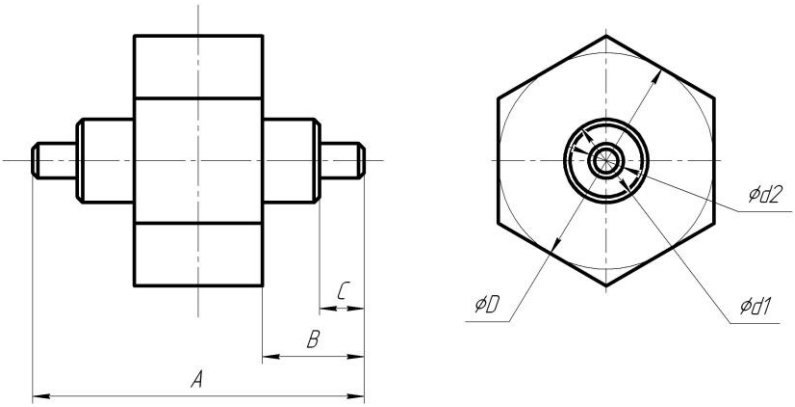
1	$\sin(x_1+x_2)-x_2-1.2=0$ $2x_1+\cos x_2-2=0$	16	$\sin(0.5x_1+x_2)-1.2x_1-1=0$ $x_1^2+x_2^2-1=0$
2	$\cos(x_1-1)+x_2-0.5=0$ $\sin x_1+2x_2-2=0$	17	$\tan(x_1x_2+0.3)-x_1^2=0$ $0.9x_1^2+2x_2^2-1=0$
3	$\sin x_1+2x_2-2=0$ $\cos x_1+x_2-1.5=0$	18	$\sin(x_1+x_2)-1.3x_1-1=0$ $x_1^2+0.2x_2^2-1=0$
4	$\cos x_1+x_2-1.5=0$ $2x_1-\sin(x_2-0.5)-1=0$	19	$\tan(x_1x_2)-x_1^2=0$ $0.8x_1^2+2x_2^2-1=0$
5	$\sin(x_1+1.5)-x_2+2.9=0$ $\cos(x_2-2)+x_1=0$	20	$\sin(x_1+x_2)-1.5x_1-0.1=0$ $3x_1^2+x_2^2-1=0$
6	$\cos(x_1+0.5)+x_2-0.8=0$ $\sin x_2-2x_1-1.6=0$	21	$\tan(x_1x_2)-x_1^2=0$ $0.7x_1^2+2x_2^2-1=0$
7	$\sin(x_1-1)+x_2-0.1=0$ $x_1-\sin(x_2+1)-0.8=0$	22	$\sin(x_1+x_2)-1.2x_1-0.1=0$ $x_1^2+x_2^2-1=0$
8	$\cos(x_1+x_2)+2x_2=0$ $x_1+\sin x_2-0.6=0$	23	$\tan(x_1x_2+0.2)-x_1^2=0$ $0.6x_1^2+2x_2^2-1=0$

9	$\cos(x_1+0.5)-x_2-2=0$ $\sin x_2-2x_1-1=0$	24	$\sin(x_1+x_2)-x_1+0.1=0$ $x_2-\cos(3x_1)+0.1=0$
10	$\sin(x_1+x_2)-x_2-1.5=0$ $x_1+\cos(x_2-0.5)-0.5=0$	25	$\cos(x_1+0.5)+x_2-1=0$ $\sin x_2-2x_1-2=0$
11	$\sin(x_2+1)-x_1-1.2=0$ $2x_1^2+x_2-2=0$	26	$\cos(x_2-2)+x_1=0$ $\sin(x_1+0.5)-x_2+2.9=0$
12	$\cos(x_2-1)+x_1-0.5=0$ $x_2-\cos x_1-3=0$	27	$\sin(x_1-1)+x_2-1.5=0$ $x_1-\sin(x_2-1)-1=0$
13	$\tan(x_1x_2+0.4)-x_1^2=0$ $0.6x_1^2+2x_2^2-1=0$	28	$\sin(x_2+1)-x_1-1=0$ $2x_2+\cos x_1-0.5=0$
14	$\sin(x_1+x_2)-1.6x_1-1=0$ $x_1^2+x_2^2-1=0$	29	$\cos(x_2-1)+x_1-0.8=0$ $x_2-\cos x_1-2=0$
15	$\tan(x_1x_2+0.1)-x_1^2=0$ $x_1^2+2x_2^2-1=0$	30	$\cos(x_1-1)+x_2-1=0$ $\sin x_2+2x_1-1.6=0$

Додаток 3 - Варіанти для створення тривимірної деталі

№	A	B	C	D	d1	d2	№	A	B	C	D	d1	d2
1	100	30	15	65	25	10	**16**	75	30	15	84	44	15
2	105	28	14	70	30	10	**17**	70	25	10	82	42	15
3	110	25	12	75	35	10	**18**	65	20	10	80	40	15
4	115	22	11	80	40	10	**19**	60	15	7	78	38	15

5	120	20	10	85	45	15	**20**	55	10	5	76	36	10
6	125	35	18	90	50	15	**21**	50	10	5	74	34	10
7	130	38	22	95	55	15	**22**	155	40	20	72	32	10
8	135	40	20	100	60	15	**23**	160	45	22	70	30	10
9	140	42	21	98	58	20	**24**	165	50	25	80	35	10
10	145	44	22	96	56	20	**25**	170	55	28	90	40	10
11	150	46	23	94	54	20	**26**	175	60	30	100	45	25
12	95	48	24	92	52	20	**27**	180	65	32	110	50	25
13	90	50	25	90	50	15	**28**	185	70	35	120	55	25
14	85	30	16	88	48	15	**29**	190	75	38	130	60	25
15	80	35	18	86	46	15	**30**	200	80	40	140	65	25



Зміст

Вступ …….. 5

1. Практична робота № 1. Ознайомлення з пакетом програм MathCAD ……. 6

2. Практична робота № 2. Практичне застосування MathCAD.. 16

3, Практична робота № 3. Рішення системи рівнянь…….. 19

4. Практична робота № 4. Ознайомлення з пакетом програм КОМПАС …… 22

5. Практична робота № 5 – 6. Створення тривимірної деталі… 25

6. Практична робота № 7. Інтерфейс програмного комплексу Autocad. Побудова 2D моделі в середовищі AutoCAD …… 32

7. Практична робота № 8. Побудова конструктивних вузлів в середовищі AutoCAD …….. 40

8. Рекомендована література та джерела інформації……... 44

8.1. Основна література …… 44

8.2. Сучасні технології, цифровізація та Industry 4.0 …… 46

8.3. Автоматизація, роботизація та автономні машини …… 47

8.4. Електронні ресурси …… 47

9. Додатки …… 48

9.1. Додаток 1. Варіанти виконання необхідних обчислень для побудови графіків …….. 49

9.2. Додаток 2. Варіанти виконання необхідних обчислень використовуючи програмний продукт MathCAD …….. 53

9.3. Додаток 3. Варіанти для створення тривимірної деталі …… 54