

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

В.А. Ковальов, А.Ю. Гаврушкевич, Н.В. Гаврушкевич

# ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА: ВЕРСТАТИ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ: ПРАКТИКУМ

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для студентів,  
які навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» спеціалізацією  
«Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» та  
спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізацією «Металорізальні  
верстати та системи»*

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2019

Рецензенти: Біланенко В.Г., канд. техн. наук, доцент кафедри Технології машинобудування КПІ" ім. Ігоря Сікорського  
Філатов Ю.Д., докт. техн. наук, професор, провідний науковий співробітник Інституту надтвердих матеріалів імені В.М. Бакуля Національної Академії Наук України

Відповідальний редактор: СТРУТИНСЬКИЙ ВАСИЛЬ БОРИСОВИЧ, докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри конструювання верстатів та машин КПІ ім. Ігоря Сікорського

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 7 від 01.04.2019 р.)*

*за поданням Вченої ради механіко-машинобудівного інституту (протокол № 7 від 25.02.2019 р.)*

Електронне мережеве навчальне видання

*Ковальов Віктор Андрійович, канд. техн. наук, доц.  
Гаврушкевич Андрій Юрійович, канд. техн. наук, доц.  
Гаврушкевич Наталія Валеріївна*

## ОБЛАДНАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА: ВЕРСТАТИ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ: ПРАКТИКУМ

Обладнання автоматизованого виробництва: Верстати з числовим програмним керуванням: Практикум [Електронний ресурс]: навч. посібник для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин», спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Металорізальні верстати та системи»/ Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 19,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 115с.

В даному навчальному посібнику подано завдання для виконання практичних робіт з програмування на верстатах з числовим програмним керуванням. Посібник містить методику виконання практичного програмування оброблювання окремих деталей на верстатах з ЧПК. Даний посібник є доповненням до посібника «Обладнання автоматизованого виробництва: Верстати з числовим програмним керуванням: Програмування в системі Heidenhain TNC 640» і містить інформацію у вигляді креслень для програмування. Структура і зміст навчального посібника відповідає актуальним вимогам державного освітнього стандарту вищої освіти.

Навчальний посібник «Обладнання автоматизованого виробництва: Верстати з числовим програмним керуванням: Практикум» призначений для підготовки бакалаврів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» та спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Металорізальні верстати та системи».

© Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В., 2019

© КПІ ім.Ігоря Сікорського, 2019

**Зміст**

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	4
Практична робота №1.....	4
Знайомство з режимами системи ЧПК.....	4
Практична робота №2.....	13
Введення в програмування мовою HeidenHain.....	13
Практична робота №3.....	21
Простий контур.....	21
Практична робота №4.....	29
Простий контур. Функції траєкторії.....	29
Практична робота №5.....	35
Вільний контур.....	35
Практична робота №6.....	42
Способи задання координат точок.....	42
Практична робота №7.....	48
Цикли: група отворів, розташованих на прямій та по колу (цикл Шаблони).....	48
Практична робота №8.....	55
Цикли фрезерування.....	55
Додатки.....	65
Додаток А.....	65
Завдання на практичну роботу №2.....	65
Додаток Б.....	67
Завдання на практичної роботи №4 за варіантами.....	67
Додаток В.....	72
Таблиця В.1 - Завдання до практичної роботи №6 за варіантами.....	72
Додаток Г.....	82
Таблиця Г.1 - Завдання до практичної роботи №7 за варіантами.....	82
Додаток Д.....	86
Таблиця Д.1 - Завдання до практичної роботи №8 за варіантами.....	86
Додаток Е.....	88
Приклади написання програм обробки деталі.....	88
Список літератури.....	115

## **ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ**

Практичні роботи з дисципліни «Обладнання автоматизованого виробництва – 1. Верстати з ЧПК» є етапом вивчення курсу і мають на меті допомогти студенту використовувати теоретичні знання при розробці програми управління для обробки деталей на верстатах з ЧПУ.

Завдання на практичні роботи наведені в додатках і вибирається відповідно до номера варіанта, виданого викладачем.

Завдання полягає в набутті практичних знань по роботі на системі ЧПУ Heidenhain TNC640.

Кожна практична робота містить: загальну частину та індивідуальні завдання. Назва робіт і їх короткий опис наведено нижче.

Практичні роботи включають:

- Вивчення теоретичної частини;
- Розробку технології обробки;
- Вибір ріжучих інструментів і режимів обробки;
- Керуючу програму для системи ЧПУ з коментарями;
- Висновки;
- Список літератури.

### **Практична робота №1**

#### **Знайомство з режимами системи ЧПК**

##### **Мета роботи:**

- Отримання загальних відомостей про систему ЧПК Heidenhain TNC640.
- Вивчення інтерфейсу оператора.
- Вивчення системи команд і роботи в різних режимах.

Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитись з теоретичною частиною: отримати загальні відомості про систему ЧПК Heidenhain TNC640, вивчити інтерфейс оператора, системи команд і роботи в різних режимах.
2. Встановити систему ЧПК Heidenhain TNC640 на свій ПК.
3. Оформлення протоколу до даної роботи не вимагається.

## ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

### 1. Установка і видалення програмного забезпечення для TNC640

#### 1.1. Установка програмного забезпечення для TNC640

1. Запустити файл *Setup.exe* із папки з інсталяційними файлами (рис.1.1).

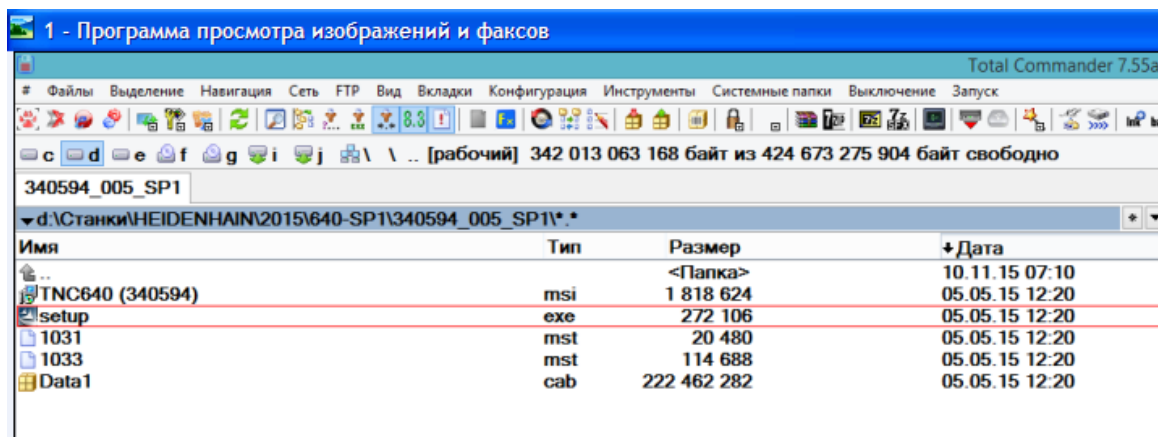


Рисунок 1.1- Запуск файла *Setup.exe*

2. Вибрати мову інсталяції із запропонованих: англійської та німецької (рис.1.2).



Рисунок 1.2- Вибір мови інсталяції

3. У діалоговому вікні натиснути *Continue*, в наступному вікні – *Continue* ( рис.1.3, 1.4).

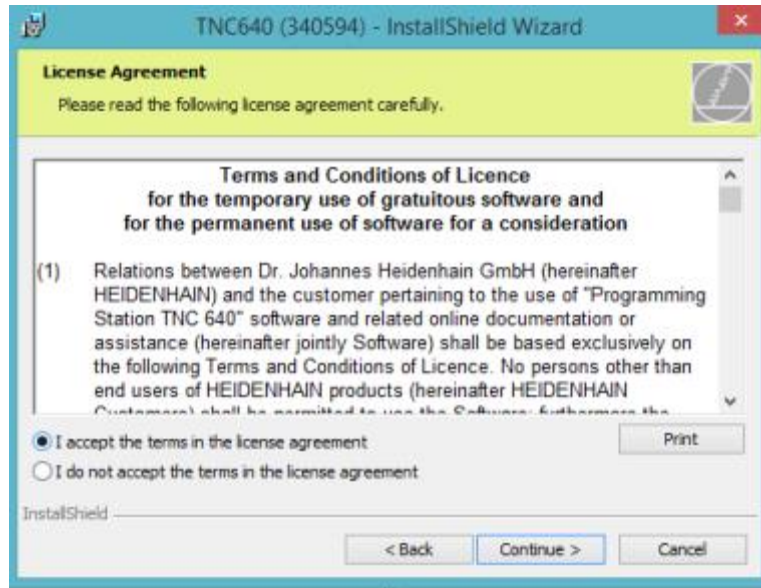


Рисунок 1.4 – Діалогове вікно

4. Вибрати папку установки або погодитися з обраною за замовчуванням і натиснути *Continue* ( рис.1.5).

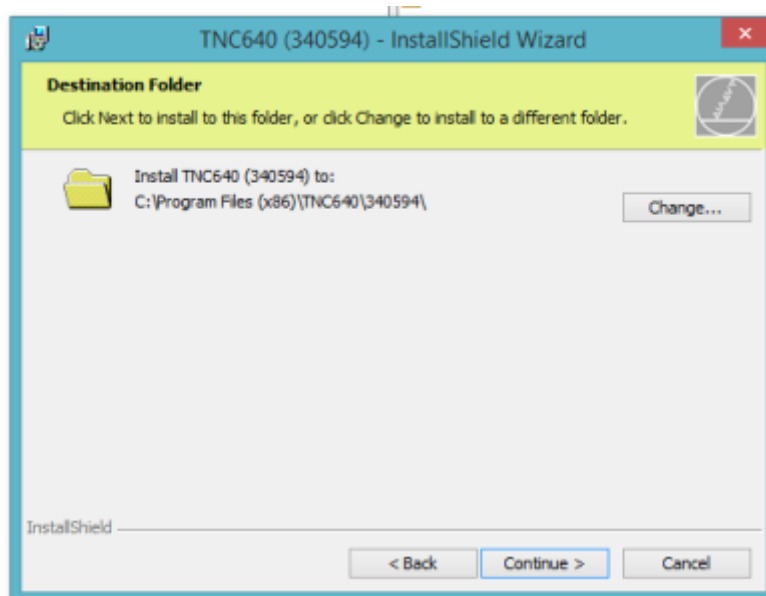


Рисунок 1.5 - Вибір папки установки

5. Вибрати тип установки і натиснути *Continue* ( рис.1.6).

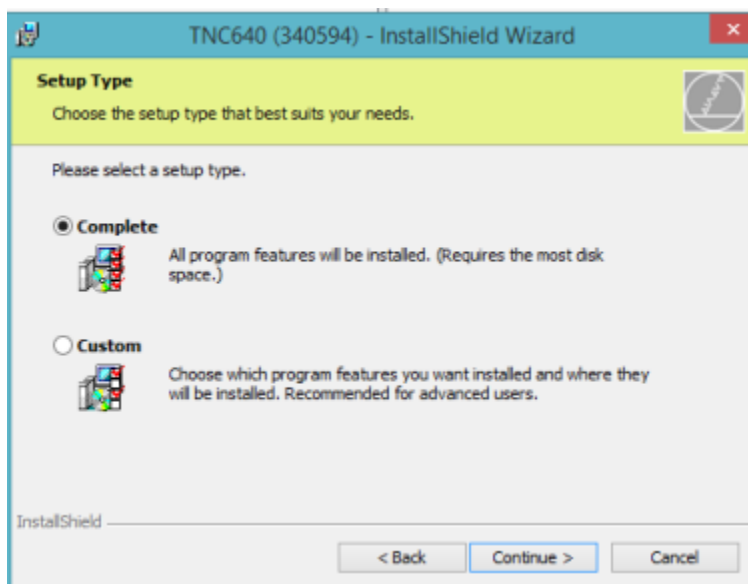


Рисунок 1.6- Вибір типу установки

6. У діалоговому вікні натиснути **Instal** і чекати закінчення установки.  
(рис.1.7, 1.8).

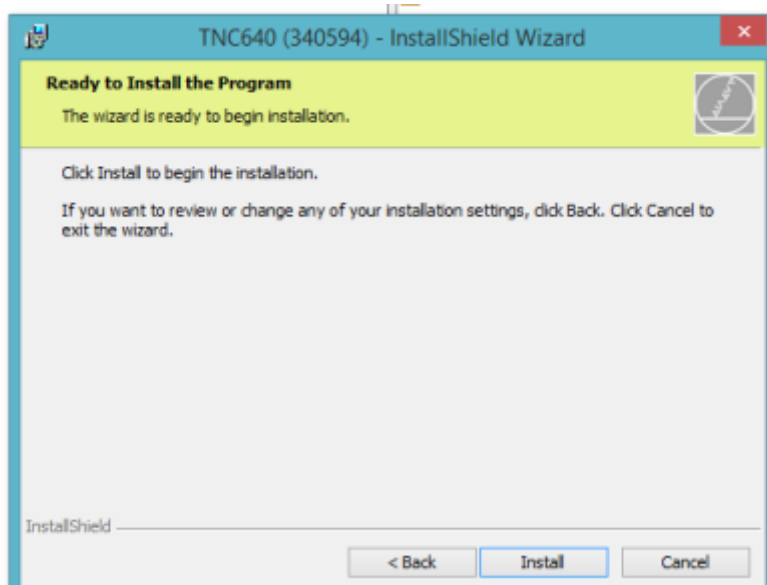


Рисунок 1.7- Діалогове вікно

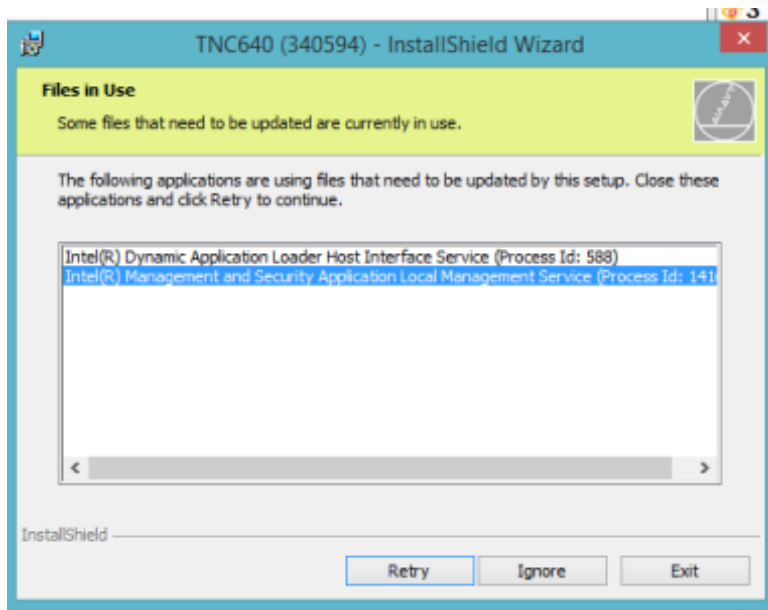


Рисунок 1.8- Діалогове вікно

7. Після появи вікна про успішну установку програми натиснути Finish (рис.1.9).

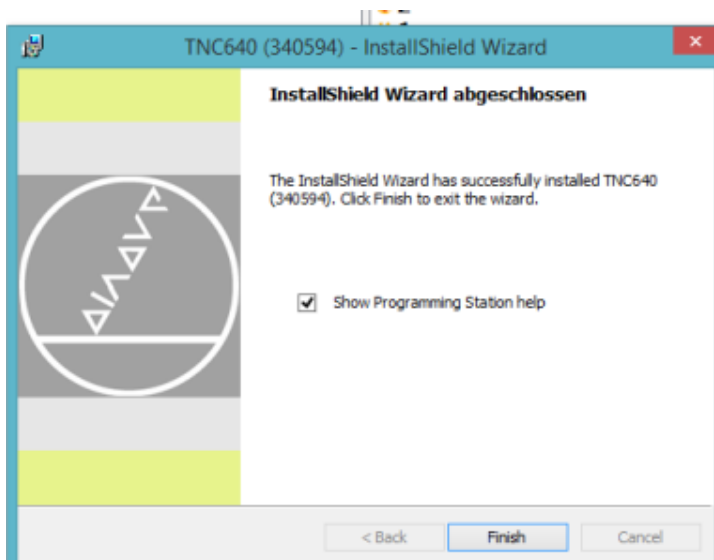


Рисунок 1.9- Закінчення установки

## 1.2. Видалення програмного забезпечення для *TNC640*

Видалення програми здійснюється через меню Пуск> Програми> (рис.1.10).



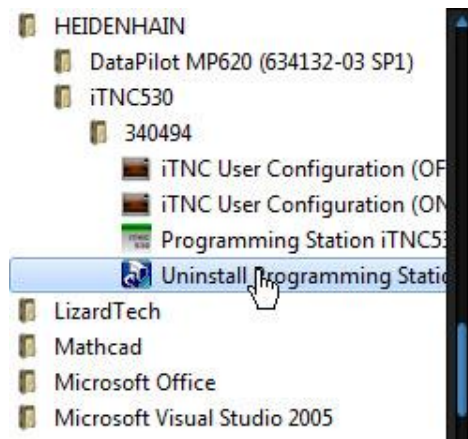


Рисунок 1.10- Видалення програмного забезпечення для *TNC640*

## 2. Запуск, русифікація та вимикання програмного забезпечення для *TNC640*

### 1.2.1. Запуск програми

Запуск програми здійснюється через меню Пуск> Програми> ... . або ярлик на робочому столі (рис.1.11).

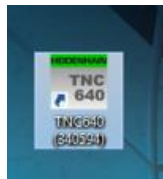


Рисунок 1.11 – Ярлик на робочому столі

Перше завантаження програми буде тривалішим наступних.

На екрані з'явиться три вікна: головна панель іTNC640, панель управління - TNCControlPanel і екранна клавіатура - *Keypad*.

У вікні іTNC640 з'явиться повідомлення про демо-версії (рис.1.12).

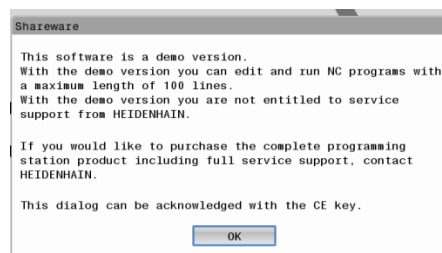



Рисунок 1.12 – Повідомлення про демо-версію

На екранній клавіатурі знову натиснути клавішу .

Після стабілізації змін на екрані ще раз натиснути клавішу . Тепер система ЧПК готова до експлуатації і знаходиться в режимі роботи **Ручное управление** (рис.1.13).

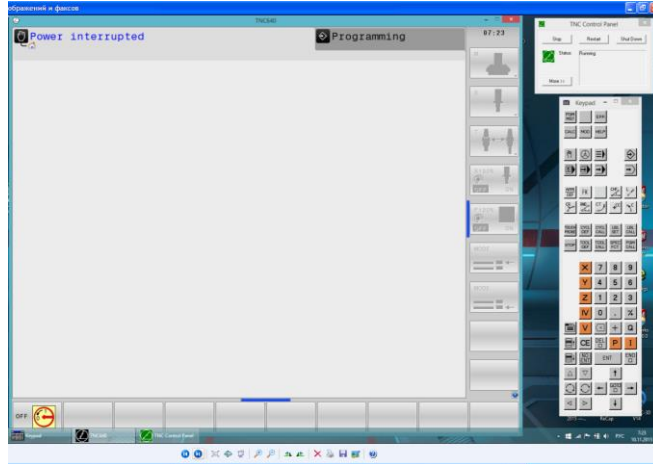

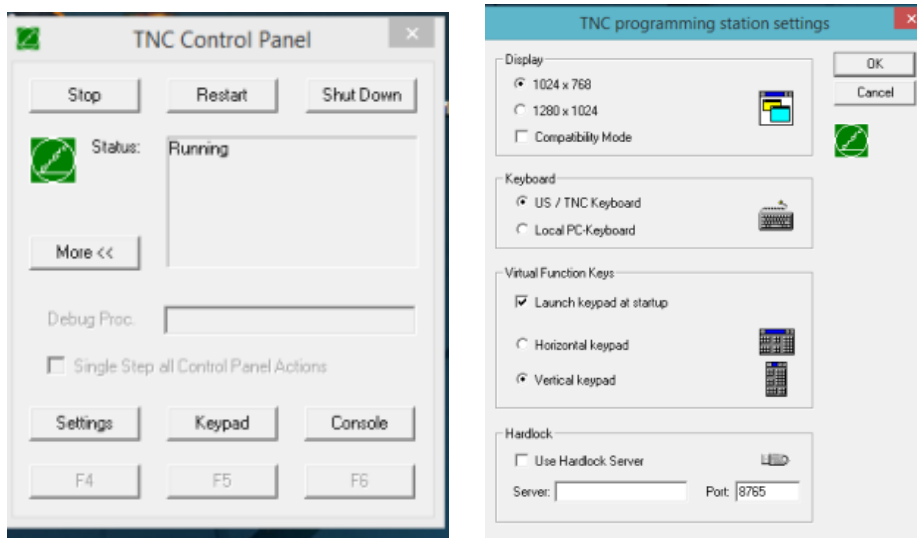


Рисунок 1.13 – Режими роботи

## 2.2. Налаштування панелей

Через панель управління iTNCControlPanel можна налаштувати режими розташування робочих панелей. Якщо вона не відображена на екрані, то її можна викликати подвійним натисканням на іконку  (рис.1.14, а).



а

б

Рисунок 1.14- Налаштування режимів розташування робочих панелей

Розширити функції панелі управління можна за допомогою кнопки **More** і далі натиснути **Settings** (рис.1.14, б). В полі **Display** вибрати розширення екрана.

Також потрібно вибрати горизонтальне або вертикальне розташування екранної клавіатури. Для широкоекранних моніторів зручним є вертикальне розташування екранної клавіатури. Натиснути **Ok** і **Restart**.

### 2.3. Русифікація програмного забезпечення для TNC640

1. Після перезавантаження програми натиснути **MOD** ( рис.1.15).

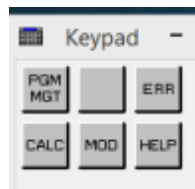


Рисунок 1.15 – Розташування клавiші **MOD** на клавіатурі  
Потім у вікні ввести код **123** (рис.1.16).

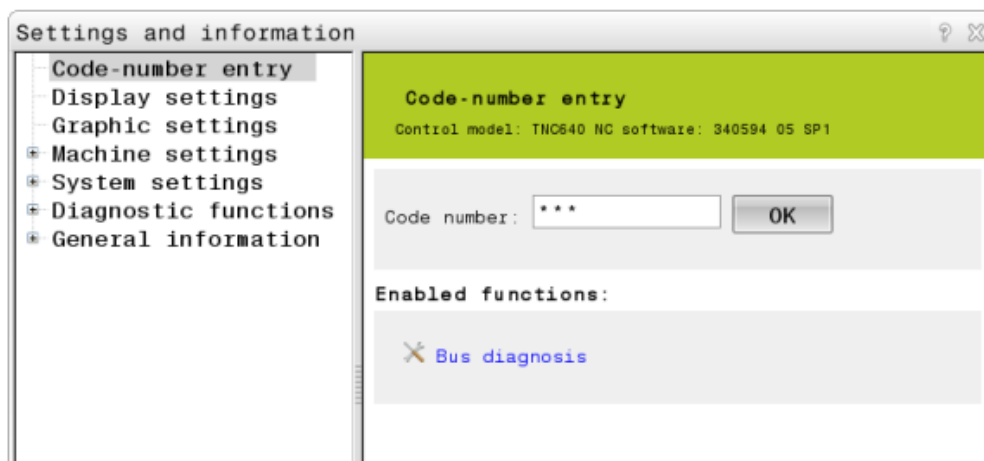
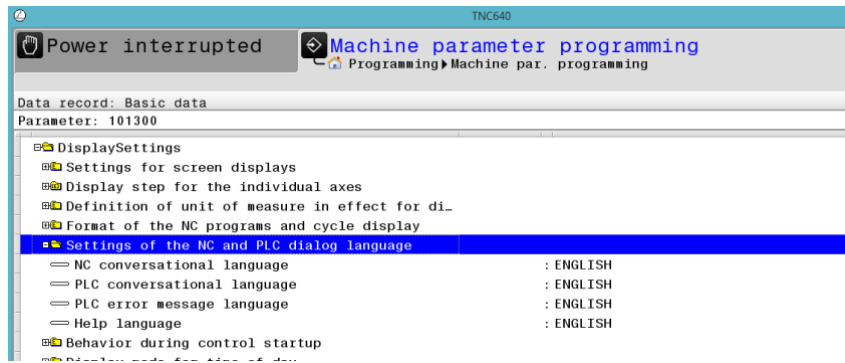
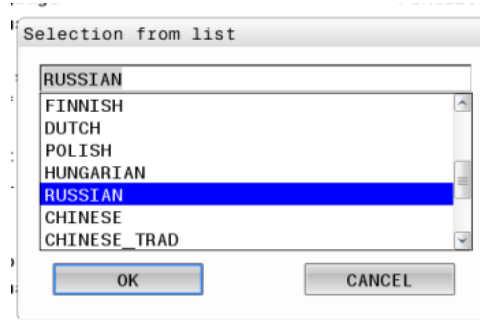


Рисунок 1.16 – Вікно для введення коду

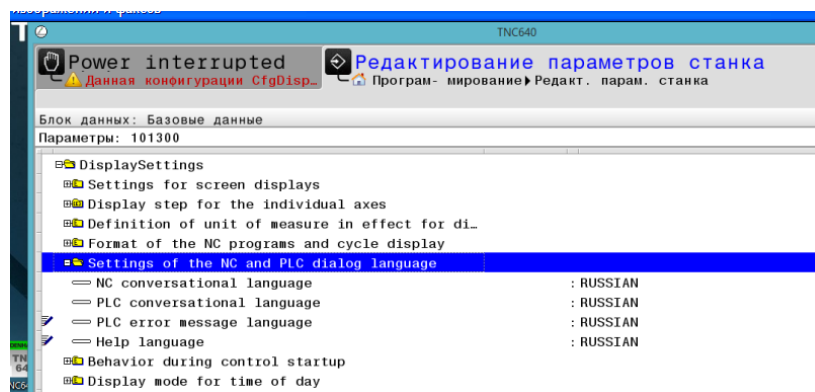
Далі встановити російську мову в кожному пункті і натиснути кнопку **КОНЕЦ** (рис.1.17).



а



б



в

Рисунок 1.17 – Послідовність введення даних для русифікації програмного забезпечення

## 2.4. Вимкнення програмного забезпечення для TNC640

Для виключення програми потрібно перейти в один з режимів: **Ручное**

**управление**  або **Электронный маховичок** .

1. Натиснути крайню праву вузьку смужку - закладку - безпосередньо над панеллю *Softkey*, що внизу екрану. Клавiші панелі *Softkey* змінять своє значення.

2. Потім натиснути крайню ліву клавiшу панелі *Softkey* і підтвердити вимикання (рис.1.18).

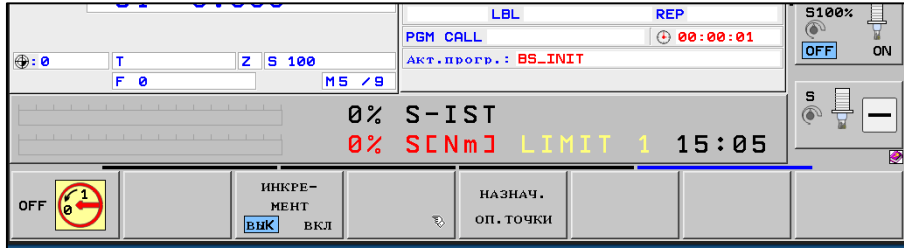


Рисунок 1.18 – Підтвердження вимикання

## Практична робота №2

### Введення в програмування мовою HeidenHain

**Мета:** Опанувати основні поняття: структуру побудови програми, структуру кадру, функції вибору інструменту, задання заготовки, М-функції і розробити програму обробки деталі в середовищі HeidenHain за заданими вихідними даними.

#### Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитись з теоретичною частиною: зі структурою побудови програми, структурою кадру, функціями вибору інструменту, задання заготовки, М-функціями.
2. Отримати завдання.
3. Виконати креслення/ескіз деталі згідно завдання.
4. Вибрати нуль деталі, призначити систему координат.
5. Вибрати інструмент-свердло спіральне (розміри, матеріал).
6. Вибрати за довідниками режими різання (подачу, швидкість різання).
7. Написати програму обробки деталі з поясненнями до кожного кадру.

8. Зробити СКРІН екрану при тестуванні програми.

9. Зробити висновок.

10. Список використаної літератури (довідники, за якими Ви обирали режими різання).

11. Оформити протокол –на А4 (штамп на 40мм- 1 сторінка, наступні- на15мм).

### Теоретична частина

#### Структура NC-програми в діалозі відкритим текстом HEIDENHAIN

Програма обробки складається з ряду кадрів програми.

Система ЧПК нумерує кадри програми обробки по зростаючій (рис.2.1).

Перший кадр програми позначається за допомогою **BEGIN PGM**, імені програми та діючої одиниці виміру.

Наступні кадри несуть в собі наступну інформацію:

- Параметри заготовки.
- Параметри інструменту, вісь шпинделя, частота обертання, подача.
- Переміщення інструменту в безпечну позицію.
- Рух по траєкторіях, цикли та інші функції.
- Відведення інструменту в безпечну позицію.

Останній кадр програми позначений за допомогою **END PGM**, імені програми та діючої одиниці виміру.

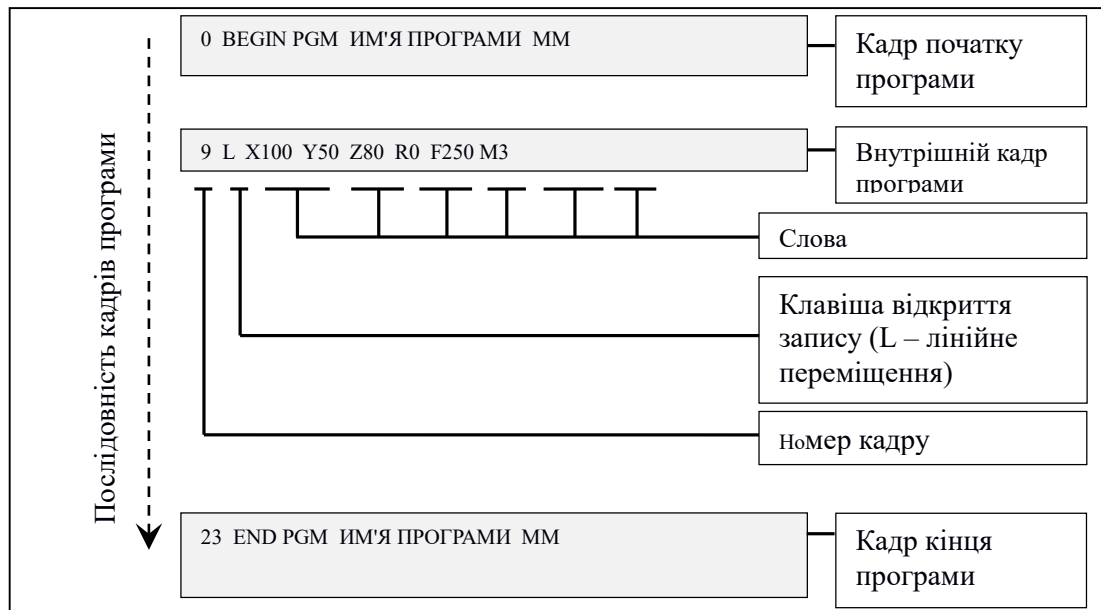


Рисунок 2.1- Структура запису даних

### Визначення параметрів заготовки

Відразу після того, як буде відкрита нова програма, ЧПК запустить діалогове вікно введення визначення заготовки.

Для додаткового визначення заготовки натиснути кнопку ***SPEC FCT***, потім ***Softkey*** СТАНДАРТНІ ЗНАЧЕННЯ ПРОГРАМИ, а після цього - ***Softkey*** ***BLK FORM***.

Для визначення заготовки в iTNC530 завжди використовується паралелепіпед, для якого задаються MIN- і MAX-точки щодо обраної точки прив'язки.

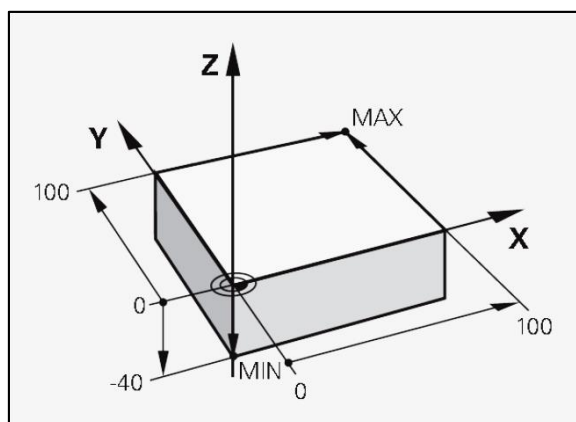




Рисунок 2.2- Визначення точок прив'язки заготовки

Порядок внесення даних наступний:

- **Вісь шпинделя?** Вводимо Z.
- **Мін. розмір?** Введіть послідовно X-, Y- и Z-координати MIN-точки, кожен раз підтверджуючи введення клавішею .
- **Макс. розмір?** Введіть послідовно X-, Y- и Z-координати MAX-точки, кожен раз підтверджуючи введення клавішею .

```


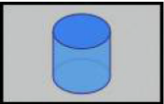
0 BEGIN PGM Name MM
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-40
2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0
3 END PGM Name MM

```

Рисунок 2.3 – Фрагмент програми

Система ЧПК TNC640 пропонує використати різні форми заготовок, представлені в табл 2.1.

Таблиця 2.1- Способи задання заготовки в системі ЧПК TNC640

Функція, клавіша SoftKey	Приклад індикації <b>BLK FORM</b>	Пояснення
Визначення прямокутної заготовки 	<pre> 0 BEGIN PGM NEU MM 1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-40 2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0 3 END PGM NEU MM </pre>	Введення активної вісі шпинделя. Опис заготовки двома кутовими точками MIN-точка (найменші координати X,Y,Z паралелепіпеда) MAX – точка (найбільші координати X,Y,Z паралелепіпеда)
Визначення циліндричної заготовки 	<pre> 0 BEGIN PGM NEU MM 1 BLK FORM CYLINDER Z R50 L105 DIST +5 RI110 2 END PGM NEU MM </pre>	Ввід активної вісі шпинделя X, Y, Z. Радіус циліндра (з додатнім знаком), довжина циліндра (з додатнім знаком). DIST- зміщення вздовж вісі обертання. RL – внутрішній радіус для порожнистого циліндра



Функція, клавіша SoftKey	Приклад індикації <b>BLK FORM</b>	Пояснення
Визначення заготовки будь-якої форми, симетричної відносно вісі обертання 	Контур заготовки повинен бути заданий в підпрограмі, в визначенні заготовки ви зсилаєтесь на опис контура. Контур повинен бути замкненим.	DIM_D, DIM_R – діаметр або радіус заготовки, що симетрична відносно вісі обертання. LBT – підпрограма з описом контура.

### Виклик і зміна інструменту

Виклик або зміна інструменту здійснюється клавішею .

- Виклик інструменту?** За допомогою клавіш *Softkey* можна викликати інструмент по його номеру, назвою або безпосередньо з таблиці інструментів. За замовчуванням, номер інструменту відповідає його радіусу.
- Вісь шпинделя?** Вводимо Z.
- Швидкість обертання шпинделя? S** Вводимо частоту обертання або швидкість різання.
- Подача? F**
- Похибка довжини інструмента? DL**
- Похибка радіуса інструмента? DR**
- Похибка радіуса інструмента 2? DR2** Для радіусної фрези.

```
3  TOOL CALL 4 Z S1000 F200 DL+1
DR+0.5 DR2:+0.5
```

Рисунок 2.4 – Фрагмент програми

Таблиця 2.2 - Додаткові М-функції

Функція	Дія
M0	Останов виконання програми. останов шпинделя
M1	Виконання програми. Останов за вибором оператора. Останов за необхідності.
M2	Останов виконання програми. Останов шпинделя. Подача ЗОР виключена. Повертання до кадру 1.
M3	Включення обертання шпинделя за годинниковою стрілкою
M4	Включення обертання шпинделя проти годинникової стрілки
M5	Останов шпинделя
M6	Зміна інструменту. Останов шпинделя. Останов виконання програми
M8	Включення подачі ЗОР
M9	Виключення подачі ЗОР
M13	Включення обертання шпинделя за годинниковою стрілкою. Включення подачі ЗОР
M14	Включення обертання шпинделя проти годинникової стрілки. Включення подачі ЗОР
M30	Останов виконання програми. Останов шпинделя. Подача ЗОР виключена.

### Приклад виконання практичної роботи №2

(деякі пункти порядку виконання роботи не наведені)

Вихідні дані:

Тип виробництва – дрібносерійне. Шорсткість поверхні Ra12,5мкм.

Квалітет точності -14.

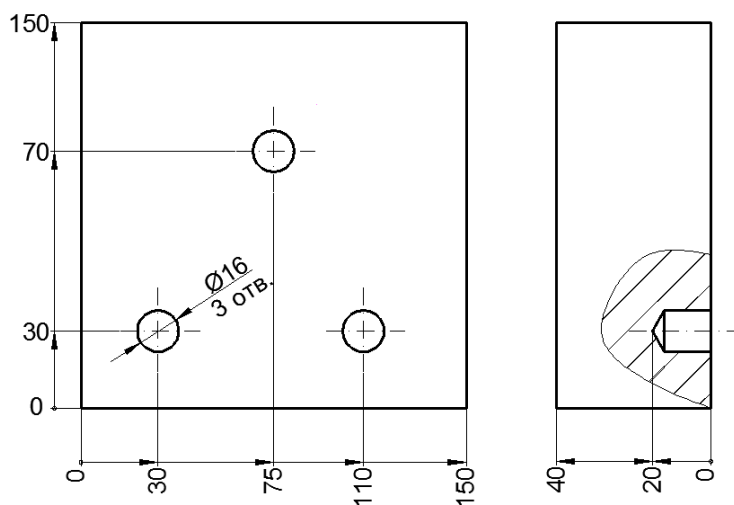


Рисунок 2.5- Ескіз деталі

Таблиця 2.3 – Програма обробки деталі з поясненнями

Програма	Пояснення до кадру
0 BEGIN PGM 01.2016 MM	Початок програми 01.2016
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-60	Задання параметрів заготовки призматичної форми 150x150x60мм
2 BLK FORM 0.2 X+150 Y+150 Z+0	
3 TOOL CALL 230 Z S2000	Виклик інструменту – свердло спіральне Ø8мм, частота обертання шпинделя n=2000об/хв
4 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX M3	Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, ввімкнення обертання шпинделя
5 L X+30 Y+30 Z+200 R0 FMAX	Вихід на координати отвору
6 L Z+2 R0 FMAX	Підвід інструменту до поверхні заготовки
7 L Z-20 R0 F200	Свердління з подачею s=200мм/хв
8 L Z+2 R0 FMAX	Виведення інструменту з отвору на максимальній подачі
9 L X+110 Y+30 R0 FMAX	Вихід на координати отвору на максимальній подачі
10 L Z-20 R0 F200	Свердління
11 L Z+2 R0 FMAX	Виведення інструменту з отвору на максимальній подачі
12 L X+75 Y+100 R0 FMAX	Вихід на координати отвору на максимальній подачі
13 L Z-20 R0 F200	Свердління
14 L Z+2 R0 FMAX	Виведення інструменту з отвору на максимальній подачі
15 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX M30	Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, вимкнення обертання шпинделя
16 END PGM 01.2016 MM	Закінчення програми

## Тестування програми.

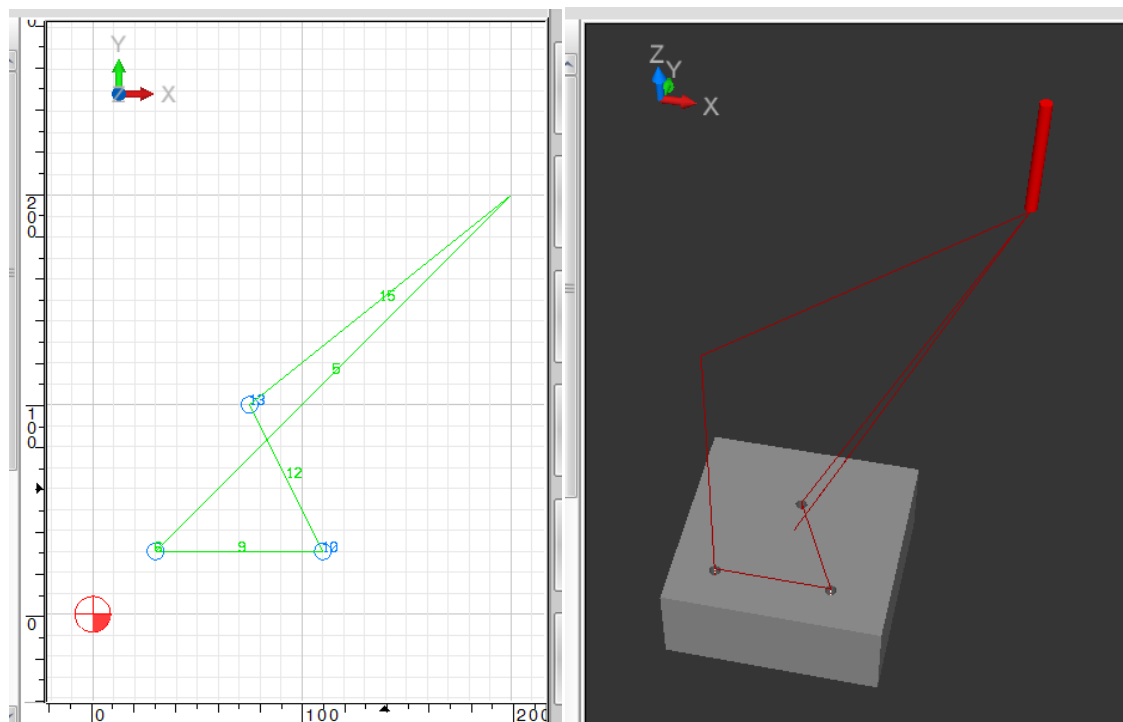


Рисунок 2.6 – Тестування програми обробки деталі

Висновок:

Програма обробки деталі складається з \_\_\_\_ кадрів, необхідний час для виконання обробки \_\_\_\_

**PS: Не варто повністю копіювати програму і коментарі з прикладу. В них можливі помилки!!!!!!!**

Завдання для виконання практичної роботи №2 наведено в додатку А (номер варіанта співпадає з номером по списку студента).

## Практична робота №3

### Простий контур

**Мета:** Опанувати використання функцій підведення-відведення інструменту (використати APR LN/DEP LN, APR CT/DEP CT, APR LT/DEP LT, функції переміщення при програмуванні простого контуру і розробити програму обробки деталі в середовищі HeidenHain за заданими вихідними даними.

### Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитися з функціями підведення-відведення інструменту (використати APR LN/DEP LN, APR CT/DEP CT, APR LT/DEP LT, функціями переміщення при програмуванні простого контуру.
2. Отримати завдання.
3. Виконати ескіз/креслення деталі.
4. Вибрати інструмент.
5. Вибрати режими різання.
6. Написати програму обробки деталі з поясненнями до кадрів.
7. Тест програми. Навести скріни режиму тестування програми.
8. Написати програму обробки деталі з поясненнями до кадрів, змінивши напрямок обробки (проти годинникової стрілки), використати функції траєкторії підведення-відведення інструменту (використати APR LN/DEP LN, APR CT/DEP CT, APR LT/DEP LT).
9. Навести текст програми з поясненнями до кадрів.
10. Тест програми. Навести скріни режиму тестування програми.
11. Висновок.
12. Список використаної літератури (довідники, за якими Ви обирали режими різання).
13. Оформити протокол –на А4 (штамп на 40мм- 1 сторінка, наступні- на15мм).

## ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Підведення-відведення інструменту при фрезеруванні зовнішнього контуру виконується за допомогою функцій APR LN/DEP LN, APR ST/DEP ST, APR LT/DEP LT. В таблиці наведені схеми обробки з використанням функцій APR LN/DEP LN, APR ST/DEP ST, APR LT/DEP LT та пояснення до них.

### Приклад написання програми

Вихідні дані:

Матеріал деталі-сталь 45 ГОСТ1050-88.

Квалітет точності-14.

Шорсткість поверхні-Ra12,5мкм.

Тип виробництва-дрібносерійний.

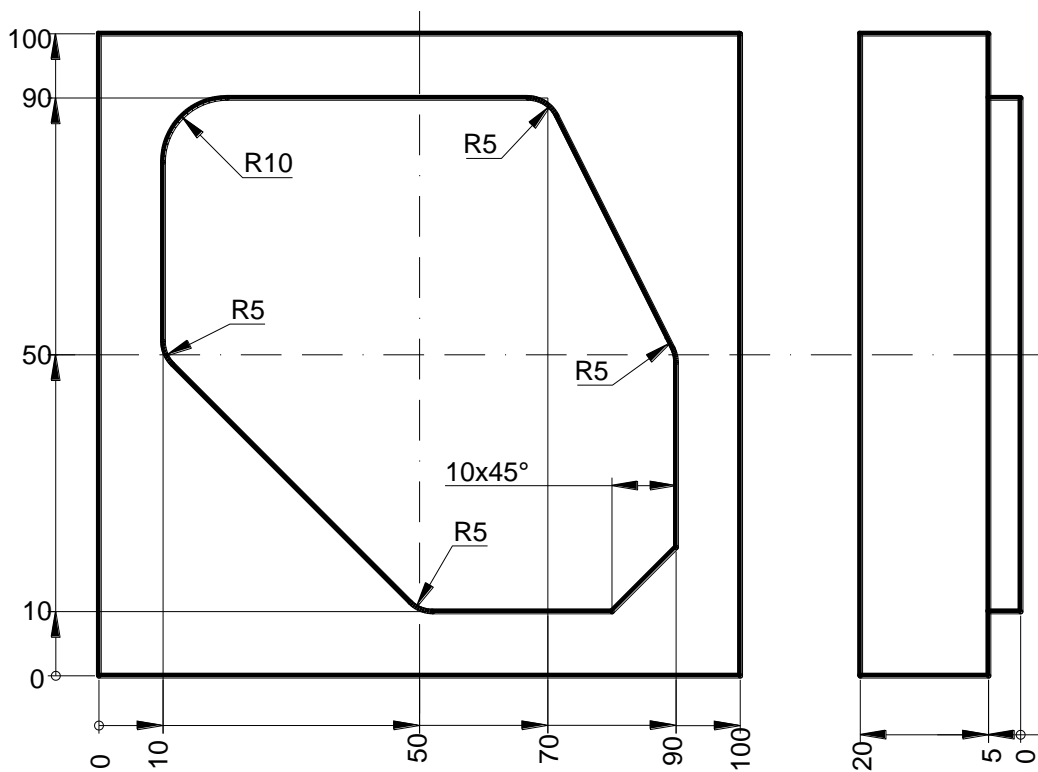

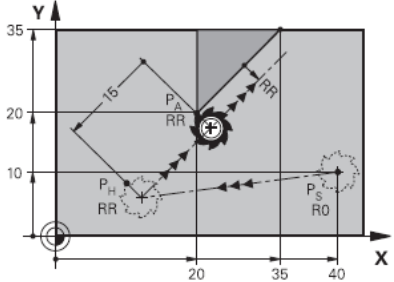

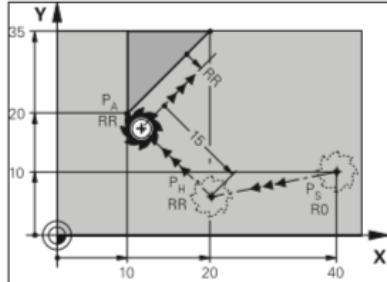

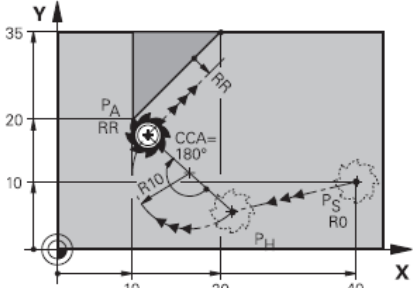



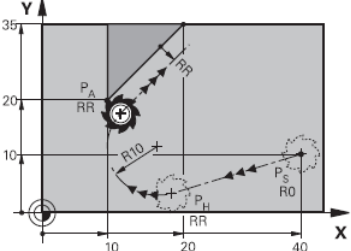

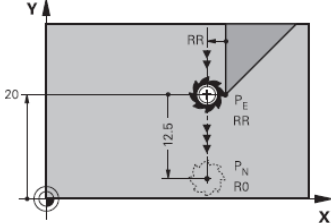
Рисунок 3.2- Ескіз деталі


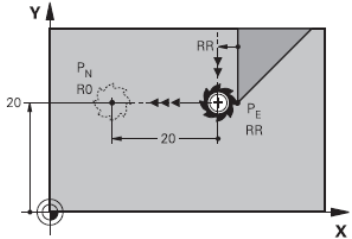

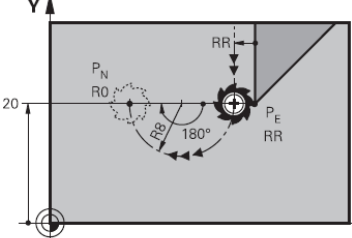
Таблиця 3.1– Функції підводу-відводу інструменту


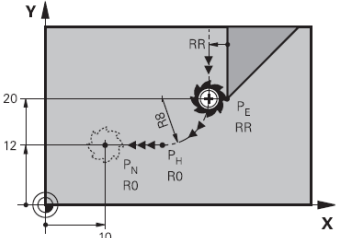
Зображення клавiші Softkey	Схема обробки	Опис траєкторії	Дані, що вводяться
	<p>Наїзд по прямій з тангенціальним примиканням APPR LT/ APPR PLT</p> 	<p>Траєкторія руху інструменту показана стрілками від точки старту PS до допоміжної точки PH та до першої точки контуру PA по прямій, що є дотичною.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Координати першої точки контуру PA;</li> <li>2. LEN: відстань від допоміжної точки PH до першої точки контуру PA;</li> <li>3. Поправка на радіус RR/RL для обробки</li> </ol>
<p>Приклади NC-кадрів</p>	<p>7 L X+40 Y+10 R0 FMAX M3        8 APPR LT X+20 Y+20 Z-10 LEN15RRF100        9 L X+20 Y+35        10 L...</p>	<p>PS Підвід без поправки на радіус.        PA з поправкою на радіус RR, відстань від PH до PA LEN=15        Кінцева точка першого елемента контура        Наступний елемент контура</p>	
	<p>Підведення по прямій перпендикулярно до першої точки контуру: APPR LN/ APPR PLN</p> 		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Координати першої точки контуру PA;</li> <li>2. LEN: відстань від допоміжної точки PH;</li> <li>3. Поправка на радіус RR / RL для обробки</li> </ol>

Зображення клавiші Softkey	Схема обробки	Опис траєкторії	Дані, що вводяться
<p>Приклади NC-кадрів</p>	<p>7 L X+40 Y+10 R0 FMAX M3              8 APPR LN X+10 Y+20 Z-10 LEN15 RR F100              9 L X+20 Y+35              10 L...</p>	<p><math>P_S</math> Підвід без поправки на радіус.  <math>P_A</math> з поправкою на радіус RR              Кінцева точка першого елемента контура              Наступний елемент контура</p>	
	<p>Наїзд по круговій траєкторії з тангенціальним примиканням: APPR CT /</p>  <p>APPR PCT</p>	<p>Траєкторія руху інструменту показана стрілками від точки старту <math>P_S</math> по прямій до допоміжної точки <math>P_H</math> та до першої точки контуру <math>P_A</math> по круговій траєкторії.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Координати першої точки контуру <math>P_A</math>;</li> <li>2. Радіус <math>R</math> кругової траєкторії;</li> <li>3. Центральний кут <math>CCA</math> кругової траєкторії. Для <math>CCA</math> повинно задаватися тільки позитивне значення (Max <math>360^\circ</math>);</li> <li>4. Поправка на радіус <math>RR/RL</math> для обробки</li> </ol>
<p>Приклади NC-кадрів</p>	<p>7 L X+40 Y+10 R0 FMAX M3              8 APPR CT X+10 Y+20 Z-10 CCA180 R+10 RR F100              9 L X+20 Y+35              10 L...</p>	<p><math>P_S</math> Підвід без поправки на радіус.  <math>P_A</math> з поправкою на радіус RR, радіус <math>R=10</math>              Кінцева точка першого елемента контура              Наступний елемент контура</p>	



Зображення клавіші Softkey	Схема обробки	Опис траєкторії	Дані, що вводяться
	<p>Підведення уздовж контуру по дотичній дузі, плавно переходить в пряму: APPR LCT/ APPR PLCT</p> 	<p>Траєкторія руху інструменту показана стрілками від точки старту PS по прямій до допоміжної точки PH та до першої точки контуру PA по круговій траєкторії. Кругова траєкторія плавно переходить в пряму PS - PH, а також в перший елемент контуру.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Координати першої точки контуру PA;</li> <li>2. Радіус R кругової траєкторії;</li> <li>3. Поправка на радіус RR/RL для обробки</li> </ol>
<p>Приклади NC-кадрів</p>	<p>7 L X+40 Y+10 R0 FMAX M3              8 APPR LCT X+10 Y+20 Z-10 R10 RR F100              9 L X+20 Y+35              10 L...</p>	<p>Ps Підвід без поправки на радіус.              PA з поправкою на радіус RR, радіус R=10              Кінцева точка першого елемента контура              Наступний елемент контура</p>	
	<p>Відведення по прямій з тангенціальним примиканням: DEP LT/ DEP PLT</p> 	<p>Траєкторія руху інструменту показана стрілками від останньої точки контуру PE до кінцевої точки PN. Пряма продовжує останній елемент контуру.</p>	<p>LEN: відстань до кінцевої точки PN від останнього елемента контуру PE</p>
<p>Приклади NC-кадрів</p>	<p>23 L Y+20 RR F100              24 DEP LT LEN12.5 F100              25 L Z+100 FMAX M2</p>	<p>Останній елемент контуру, з поправкою на радіус              Відвід на LEN=12.5мм              Вихід з матеріалу по вісі Z, повернення, кінець програми.</p>	

Зображення кнопок Softkey	Схема обробки	Опис траєкторії	Дані, що вводяться
	<p>Відведення по прямій перпендикулярно до останньої точки контуру: DEP LN/ DEP PLN</p> 	<p>Траєкторія руху інструменту показана стрілками від останньої точки контуру P<sub>E</sub> до кінцевої точки P<sub>N</sub>. Пряма проходить перпендикулярно контуру в останній точці P<sub>E</sub>. P<sub>N</sub> знаходиться від P<sub>E</sub> на відстані, рівній LEN + радіус інструменту.</p>	<p>LEN: відстань до кінцевої точки P<sub>N</sub></p>
<p>Приклади NC-кадрів</p>	<p>23 L Y+20 RR F100 24 DEP LN LEN+20 F100 25 L Z+100 FMAX M2</p>	<p>Останній елемент контуру, з поправкою на радіус Для відвода контура по нормалі на LEN=20мм Вихід з матеріалу по вісі Z, повернення, кінець програми.</p>	
	<p>Відведення по круговій траєкторії з тангенціальним примиканням: DEP CT/ DEP PCT</p> 	<p>Траєкторія руху інструменту показана стрілками по круговій траєкторії від останньої точки контуру P<sub>E</sub> до кінцевої точки P<sub>N</sub>. Кругова траєкторія примикає до останнього елемента контуру по дотичній.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Центральний кут ССА кругової траєкторії</li> <li>2. Радіус R кругової траєкторії</li> </ol>
<p>Приклади NC-кадрів</p>	<p>23 L Y+20 RR F100 24 DEP CT ССА 180 R+8 F100 25 L Z+100 FMAX M2</p>	<p>Останній елемент контуру, з поправкою на радіус Центральний кут=180°, Радіус колової траєкторії =8мм. Вихід з матеріалу по вісі Z, повернення, кінець програми.</p>	

Зображення клавші Softkey	Схема обробки	Опис траєкторії	Дані, що вводяться
	<p>Відведення уздовж контуру по дотичній дузі, плавно переходить в пряму: DEP LCT/ DEP PLCT</p> 	<p>Траєкторія руху інструменту показана стрілками по круглій траєкторії від останньої точки контуру P<sub>E</sub> до допоміжної точки P<sub>H</sub>, далі по прямій до кінцевої точки P<sub>N</sub>. Останній елемент контуру і пряма P<sub>H</sub> - P<sub>N</sub> мають плавні переходи в кругову траєкторію через радіус R.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Введіть координати кінцевої точки P<sub>N</sub></li> <li>2. Радіус R круглій траєкторії</li> </ol>
<p>Приклади NC-кадрів</p>	<p>23 L Y+20 RR F100  24 DEP LCT X +10 Y+12 R+8 F100  25 L Z+100 FMAX M2</p>	<p>Останній елемент контуру, з поправкою на радіус  Координати P<sub>N</sub>, радіус колової траєкторії= 8мм  Вихід з матеріалу по вісі Z, повернення, кінець програми.</p>	

## Хід роботи:

1. Вибір режимів різання (дані не представлені).
2. Написання програми з поясненнями до кадрів.

Таблиця 3.2 – Програма обробки деталі з поясненнями

Програма	Пояснення до кадру
0 BEGIN PGM 02.4.2016 MM	Початок програми
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-20	Задання параметрів заготовки призматичної форми 100x100x20мм
2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0	
3 TOOL CALL 4 Z S1300	Виклик інструменту, частота обертання шпинделя n=1300об/хв
4 L X+150 Y+150 Z+150 R0 FMAX M3	Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, ввімкнення обертання шпинделя
5 L X-30 Y+70 R0 FMAX	Вихід в проміжну точку
6 L Z+2 R0 FMAX	Підвід інструменту до поверхні заготовки
7 L Z-5 R0 F2000	Глибина оброблення
8 APPR LCT X+10 Y+70 R5 RL F400	Підвід інструменту до контуру на робочій подачі
9 L Y+90	Обробка контуру
10 RND R10	
11 L X+70	
12 RND R5	
13 L X+90 Y+50	
14 RND R5	
15 L Y+10	
16 CHF 8	
17 L X+50	
18 RND R5	
19 L X+10 Y+50	
20 RND R5	
21 L Y+70	
22 DEP LCT X-30 R5	Вихід інструменту із контуру
23 L Z+150 R0 FMAX	Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, вимкнення обертання шпинделя
24 L X+150 Y+150 R0 FMAX M30	
25 END PGM 02.4.2016 MM	Закінчення програми

## 3.Тест програми

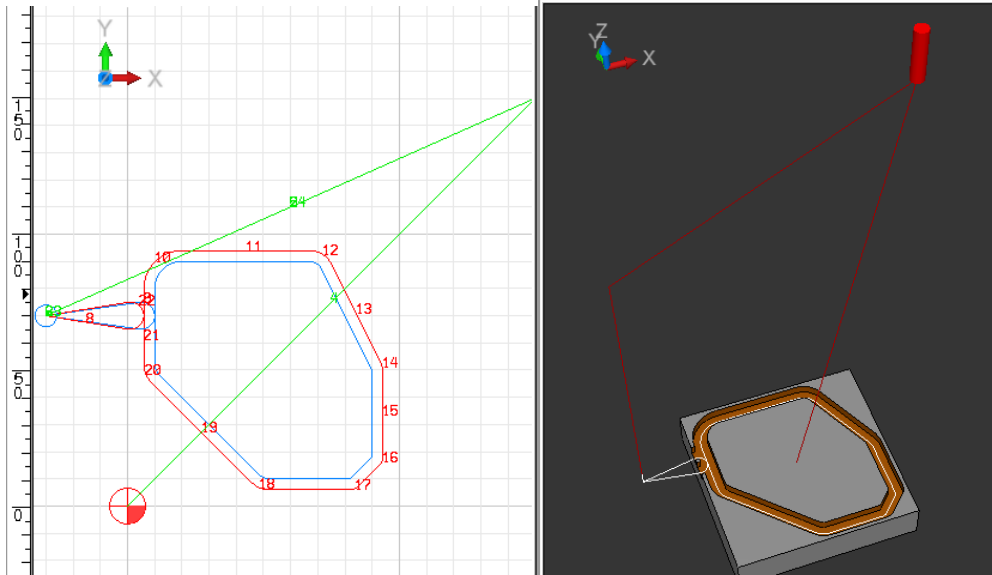


Рисунок 3.3 – Тестування програми обробки деталі

## Практична робота №4

### Простий контур. Функції траєкторії

**Мета:** закріпити знання з використання функцій підведення-відведення інструменту (використати APR LN/DEP LN, APR CT/DEP CT, APR LT/DEP LT, функції переміщення при програмуванні простого контуру) і розробити програму обробки деталі в середовищі Heidenhain за заданими вихідними даними.

#### Порядок виконання роботи:

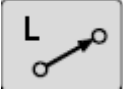
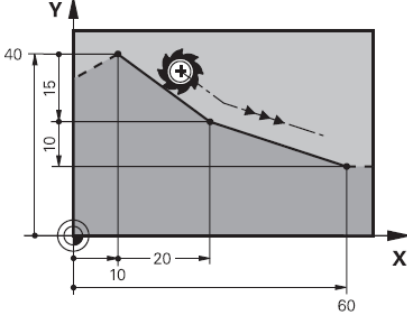
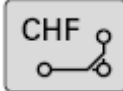
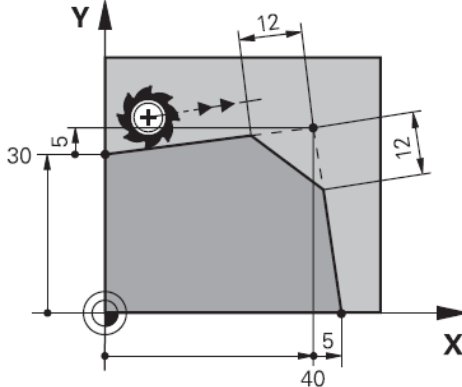
1. Ознайомитися з функціями траєкторії при програмуванні простого контуру: кіл та криволінійних ділянок.
2. Отримати завдання.
3. Виконати ескіз/креслення деталі.
4. Вибрати інструмент.
5. Вибрати режими різання.
6. Написати програму обробки деталі з поясненнями до кадрів.
7. Тест програми. Навести скріни режиму тестування програми.

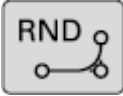
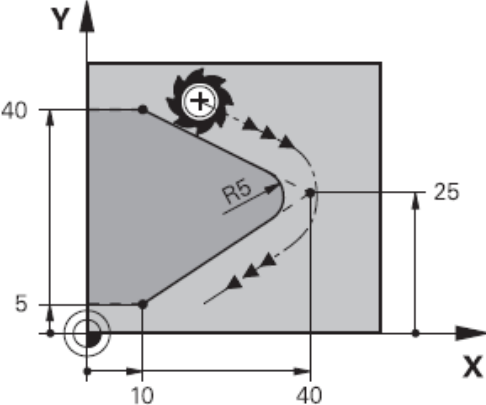
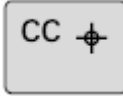
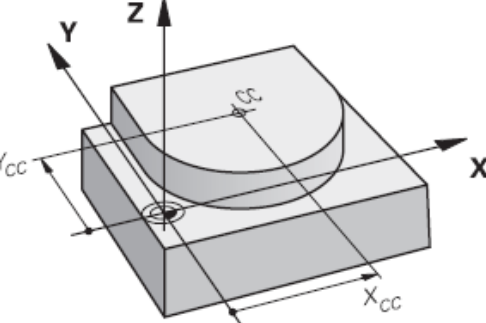
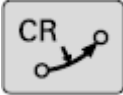
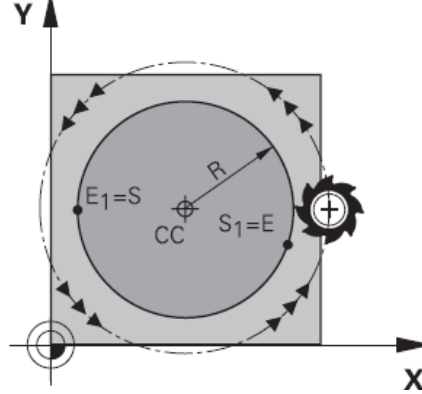
8. Висновок.
9. Список використаної літератури (довідники, за якими Ви обирали режими різання).
10. Оформити протокол –на А4 (штамп на 40мм- 1 сторінка, наступні- на15мм).

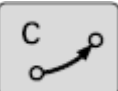
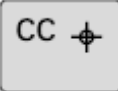
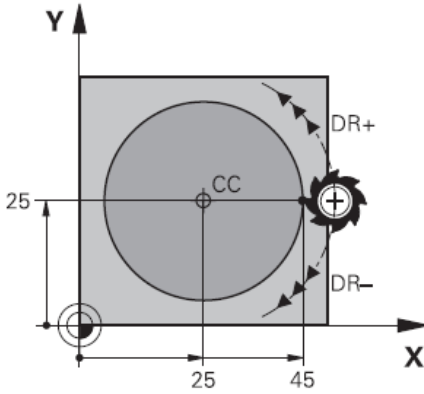
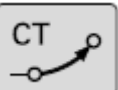
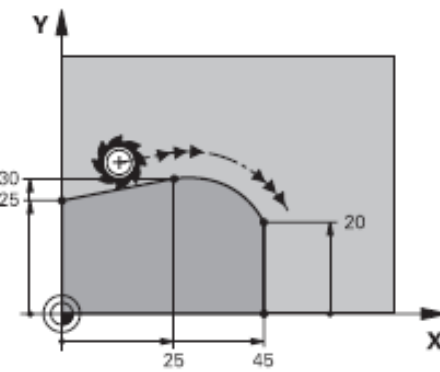
### ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

Функції траєкторії, схеми обробки та приклади NC -кадрів наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Функції траєкторії, схеми обробки та приклади NC -кадрів

Функціональна клавіша	Дані, що вводяться	Схема обробки	Приклади NC-кадрів
 Пряма	Координати кінцевої точки прямої, якщо необхідно, RL/RR/R0, F, додаткова M-функція		7 L X+10 Y+40 RL F200 M3 8 L IX+20 IY-15 9 L X+60 IY-10
 Фаска між двома прямими	Довжина фаски, якщо необхідно, F (активна тільки в CHF-кадрі)		7 L X+0 Y+30 RL F300 M3 8 L X+40 IY+5 9 CHF 12 F250 10 L IX+5 Y+0

Функціональна клавiша	Дані, що вводяться	Схема обробки	Приклади NC-кадрів
 <p>Кругова траекторія з плавними переходами</p>	<p>Радіус кута R, якщо необхідно, F (активна тільки в RND-кадрі)</p>		<p>5 L X+10 Y+40 RL F300 M3 6 L X+40 Y+25 7 RND R5 F100 8 L X+10 Y+5</p>
 <p>Координати центру кола або полюса</p>	<p>Координати центру кола або полюса</p>		<p>5CC X+25 Y+25 АБО 10 L X+25 Y+25 11 CC</p>
 <p>Кругова траекторія з зазначенням радіусу</p>	<p>Координати кінцевої точки кола, радіус кола, напрямок обертання DR (знак числа визначає увігнутий або опуклий вигин!), додаткова M-функція, подача F</p>		

Функціональна клавіша	Дані, що вводяться	Схема обробки	Приклади NC-кадрів
  Кругова траєкторія з центром кола CC, що йде до кінцевої точки дуги кола	Координати кінцевої точки кола, напрямок обертання DR; F, додаткова M-функція		5 CC X+25 Y+25 6 L X+45 Y+25 RR F200 M3 7 C X+45 Y+25 DR+
 Кругова траєкторія з плавними переходами	Координати кінцевої точки кола, якщо необхідно, F, додаткова M-функція		7 L X+0 Y+25 RL F300 M3 8 L X+25 Y+30 9 CT X+45 Y+20 10 L Y+0

### Приклад написання програми

Вихідні дані:

Матеріал деталі-сталь 45 ГОСТ1050-88.

Квалітет точності-14.

Шорсткість поверхні-Ra12,5мкм.

Тип виробництва-дрібносерійний.



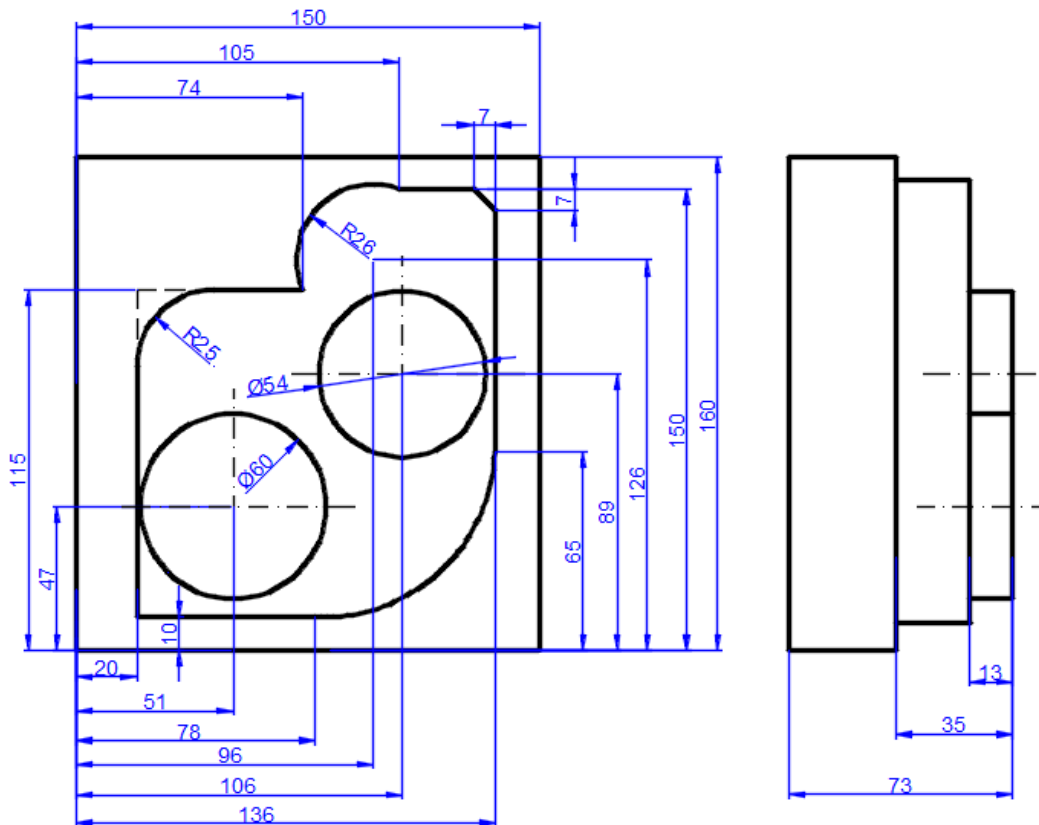


Рисунок 4.1 - Ескіз деталі

Хід роботи:

1. Вибір режимів різання (дані не представлені).
2. Написання програми.

Таблиця 4.2 – Програма обробки деталі з поясненнями

Програма	Пояснення до кадру
0 BEGIN PGM PROSTOY-KONTUR-TRAJEKTORII MM	Початок програми
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-73	Задання параметрів заготовки призматичної форми 100x100x20мм
2 BLK FORM 0.2 X+150 Y+160 Z+0	
3 TOOL CALL 50 Z S1500 F300	Виклик інструменту, частота обертання шпинделя n=1300об/хв
4 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX M3	Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, ввімкнення обертання шпинделя
5 L X-20 Y-20 R0 FMAX	Вихід в проміжну точку
6 L Z-35 FMAX	Підвід інструменту на глибину

Програма	Пояснення до кадру
7 APPR LCT X+20 Y+10 R15 RL F300	оброблення Підвід інструменту до контуру на робочій подачі
8 L Y+115	Обробка контуру
9 RND R25	Обробка зкруглення
10 L X+74	Обробка лінійного відрізка
11 CR X+105 Y+150 R+26 DR-	Обробка по радіусній поверхні
12 L X+136	Обробка лінійного відрізка
13 CHF 7	Обробка поверхні фаски
14 L Y+65	Обробка лінійного відрізка
15 CT X+78 Y+10 F AUTO	Обробка по радіусній поверхні
16 L X+20	Обробка лінійного відрізка
17 DEP LCT X-20 Y-20 R15	Вихід інструменту із зони обробки
18 L Z+200 FMAX	Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі
19 L X+200 Y+200 FMAX	Виклик інструменту, частота обертання шпинделя
20 TOOL CALL 101 Z S1000 F250	n=1000об/хв
21 L X-20 Y-20 R0 FMAX M3	Відведення інструменту в проміжну точку і опускання на глибину 13мм
22 L Z-13 R0 FMAX	Задання центру кола
23 CC X+51 Y+47	Підвід інструменту до контуру на робочій подачі
24 APPR CT X+21 Y+47 CCA100 R+5 RR F AUTO	Обробка контуру кола
25 C X+21 Y+47 DR+	Відвід інструменту з контуру на робочій подачі
26 DEP CT CCA180 R+15	Задання центру кола
27 L Y+115 R0 FMAX	Підвід інструменту до контуру
28 CC X+106 Y+89	Обробка контуру кола
29 APPR LN X+79 Y+89 LEN+35 RL F AUTO	Відвід інструменту з контуру на робочій подачі
30 C DR-	Задання центру кола
31 DEP LN LEN+60 F AUTO	Підвід інструменту до контуру
32 L Z+200 FMAX	Обробка контуру кола
33 L X+200 Y+200 FMAX M30	Відвід інструменту з контуру на робочій подачі
34 END PGM PROSTOY-KONTUR-TRAEKTORII MM	Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, вимкнення обертання шпинделя Закінчення програми

## 3.Тест програми

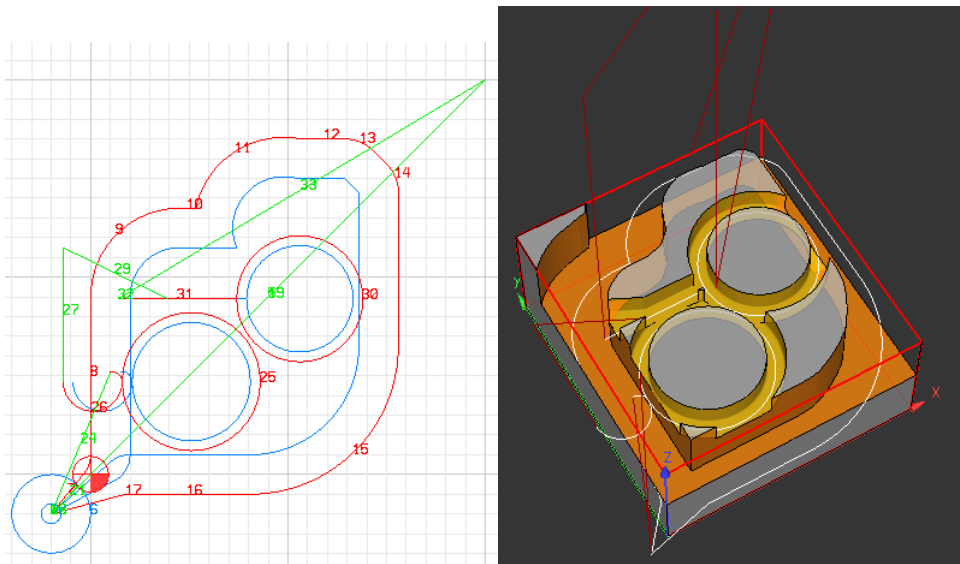


Рисунок 4.2 - Тестування програми обробки деталі

Завдання для виконання практичної роботи №4 наведено в додатку Б (номер варіанта співпадає з номером по списку студента).

## Практична робота №5

### Вільний контур

**Мета:** Опанувати використання функцій переміщення FK і розробити програму обробки деталі в середовищі Heidenhain за заданими вихідними даними.

#### Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитися з функціями переміщення FK при програмуванні вільного контуру.
2. Отримати завдання.
3. Виконати ескіз/креслення деталі.
4. Вибрати інструмент.
5. Вибрати режими різання.
6. Написати програму обробки деталі за годинниковою стрілкою і проти годинникової стрілки з поясненнями до кадрів.

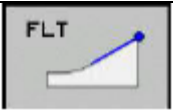
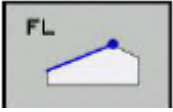
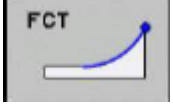
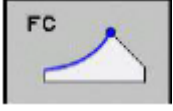
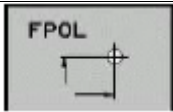
7. Тест програми. Навести скріни режиму тестування програми.
8. Висновок.
9. Список використаної літератури (довідники, за якими Ви обирали режими різання).
10. Оформити протокол –на А4 (штамп на 40мм- 1 сторінка, наступні- на15мм).

### Теоретична частина

Відкриття діалогу FK-програмування

При натисканні клавіші функції траєкторії **FK** ЧПК покаже клавіші **Softkey**, за допомогою яких можна почати FK-діалог ( табл. 5.1)


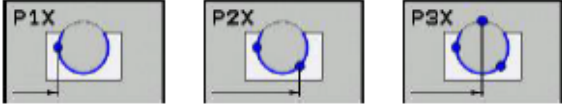
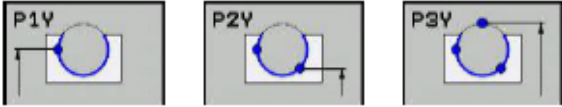


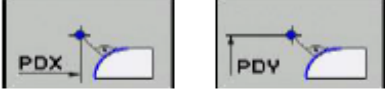

Таблиця 5.1- Функції траєкторії FK

Екранна клавіша	FK-елемент
	Пряма з плавним переходом
	Пряма без плавного переходу
	Дуга кола з плавним переходом
	Дуга кола без плавного переходу
	Координати полюса при FK-програмуванні

За допомогою клавіш **Softkey** можна ввести в кадр все відомі дані (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 - Можливості введення координат кінцевих точок та напрямку і довжини елементів контуру

Екранні клавіші	Відомі дані
	Декартові координати X і Y
	Полярні координати щодо FPOL
	Довжина прямих
	Кут підйому
	Довжина хорди LEN фрагмента дуги кола
	Кут підйому AN до дотичнонь на вході
	Центральний кут фрагмента дуги кола
	Центр в декартових координатах
	Центр в полярних координатах
	Напрямок обертання кругової траєкторії
	Радіус траєкторії
	X-координата допоміжної точки P1 або P2 прямої

Екранні клавіші	Відомі дані
	Y-координата допоміжної точки P1 або P2 прямої
	X-координата допоміжної точки P1, P2 або P3 кругової траєкторії
	Y-координата допоміжної точки P1, P2 або P3 кругової траєкторії
	X- і Y- координата допоміжної точки поруч з прямою
	Відстань від допоміжної точки до прямої
	X- і Y-координата допоміжної точки поруч з кругової траєкторією
	Відстань від допоміжної точки до кругової траєкторії

### Приклад написання програми №1

Вихідні дані:

Матеріал деталі-сталь 45 ГОСТ1050-88.

Квалітет точності-14.

Шорсткість поверхні-Ra12,5мкм.

Тип виробництва-дрібносерійний.

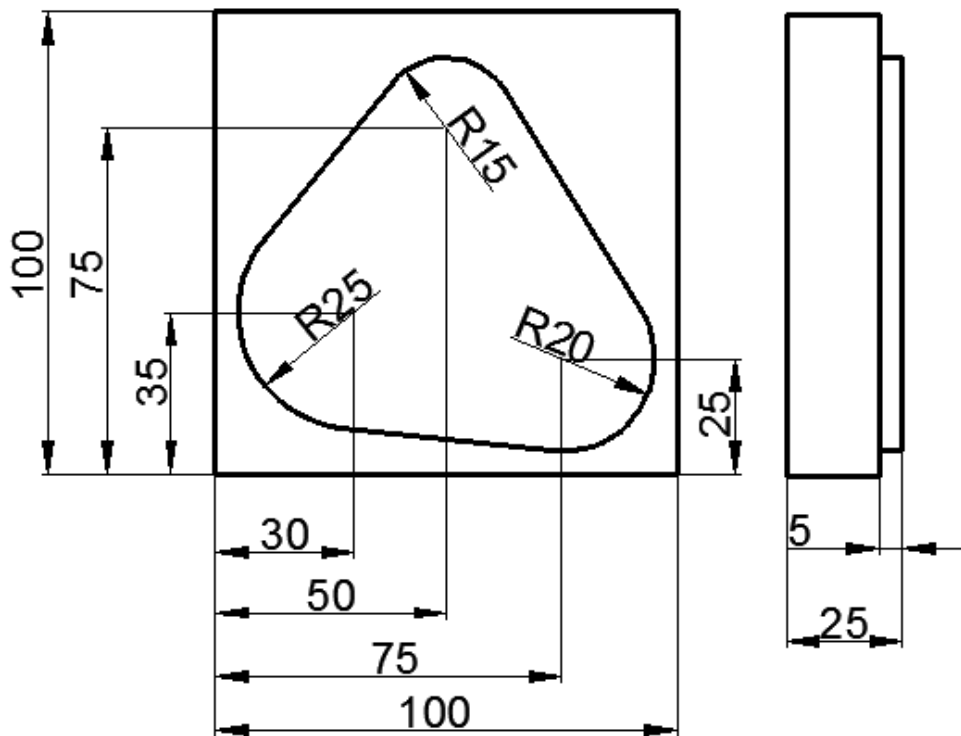


Рисунок 5.1 - Ескіз деталі

Хід роботи:

1. Вибір режимів різання (дані не представлені).
2. Написання програми з поясненнями до кадрів, використовуючи функції переміщення для вільного контуру

Таблиця 5.3 – Програма обробки деталі з поясненнями

Програма	Пояснення до кадру
0 BEGIN PGM 5.02.022 MM	Початок програми
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-20	Задання параметрів заготовки призматичної форми 100x100x20мм
2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0	
3 TOOL CALL 50 Z S800 F300	Виклик інструменту, частота обертання шпинделя $n=2500$ об/хв
4 L X+200 Y+200 Z+70 R0 FMAX M03	Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, ввімкнення обертання шпинделя
5 L X+150 Y+25 Z-5 R0 FMAX	Підвід інструменту на глибину оброблення
6 APPR LCT X+95 Y+25 R5 RL F AUTO	Підвід інструменту до контуру на робочій подачі
7 CR X+75 Y+5 R+20	Обробка контуру

Програма	Пояснення до кадру
DR- 8 FCT DR- R20 CCX+75 CCY+25 9 FLT 10 FCT DR- R25 CCX+30 CCY+35 P1X+5 P1Y+35 11 FLT 12 FCT DR- R15 CCX+50 CCY+75 P1X+50 P1Y+90 13 FLT 14 FCT X+95 Y+25 DR- R20 CCX+75 CCY+25 15 DEP LCT X+150 Y+25 R5 16 L X+200 Y+200 Z+70 R0 FMAX M30 17 END PGM 5.02.022 MM	Вихід інструменту із контуру  Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, вимкнення обертання шпинделя Закінчення програми

### 3.Тест програми

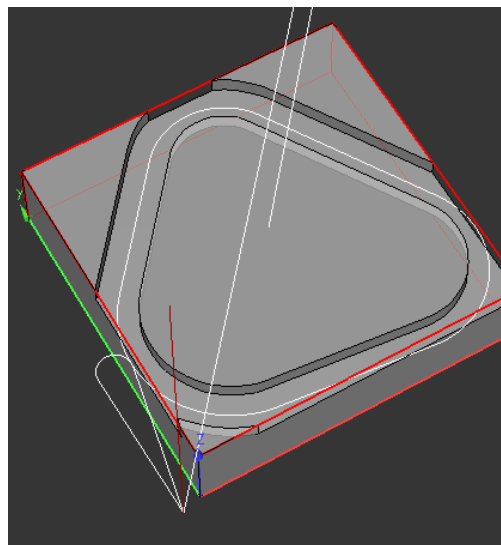
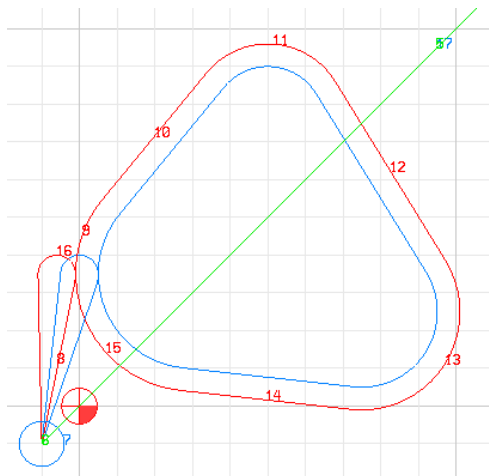


Рисунок 5.2 - Тестування програми обробки деталі

#### Приклад написання програми №2

Вихідні дані:

Матеріал деталі-сталь 45 ГОСТ1050-88.

Квалітет точності-14.

Шорсткість поверхні-Ra12,5мкм.



Тип виробництва-дрібносерійний.

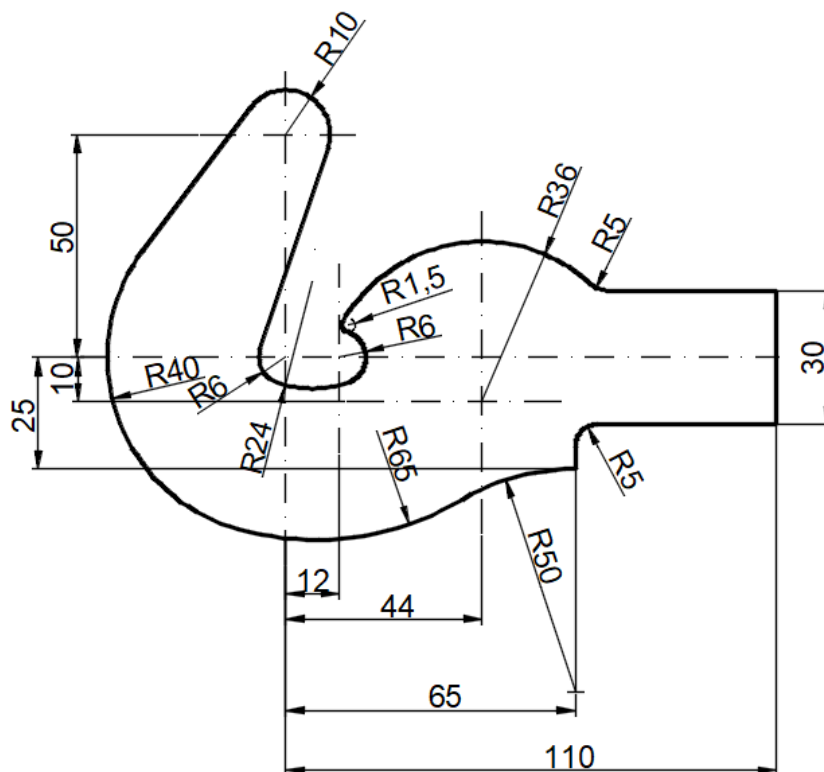


Рисунок 5.3- Ескіз деталі «Крюк»

Керуюча програма обробки деталі «Крюк»

```

0 BEGIN PGM KRYUK MM
1 BLK FORM 0.1 Z X-45 Y-45 Z-20
2 BLK FORM 0.2 X+120 Y+70 Z+0
3 TOOL CALL 1 Z S4500
4 L Z+250 X+200 Y+200 R0 FMAX
5 L X-70 Y+0 R0 FMAX
6 L Z-5 R0 FMAX M3
7 APPR CT X-40 Y+0 CCA90 R+5 RL F250
8 FC DR- R40 CCX+0 CCY+0
9 FLT
10 FCT DR- R10 CCX+0 CCY+50
11 FLT
12 FCT DR+ R6 CCX+0 CCY+0
13 FCT DR+ R24

```

14 FCT DR+ R6 CCX+12 CCY+0  
15 FSELECT2  
16 FCT DR- R1.5  
17 FCT DR- R36 CCX+44 CCY-10  
18 FSELECT2  
19 FCT DR+ R5  
20 FLT X+110 Y+15 AN+0  
21 FL AN-90  
22 FSELECT1  
23 FL X+65 AN+180 DP30 PAR20  
24 RND R5  
25 FL X+65 Y-25 RL  
26 FC DR+ R50 CCX+65 CCY-75 F300  
27 FCT DR- R65  
28 FCT Y+0 X-40 DR- R40 CCX+0 CCY+0  
29 FSELECT2  
30 DEP CT CCA90 R+5  
31 L X-70 Y+0 R0 FMAX  
32 L Z+200 FMAX  
33 L X+200 Y+200 FMAX M30  
34 END PGM KRYUK MM

## **Практична робота №6**

### **Способи задання координат точок**

**Мета:** Опанувати використання функцій переміщення в полярній системі координат, закріпити знання з використання функцій програмування

вільного контуру і розробити програму обробки деталі в середовищі Heidenhain за заданими вихідними даними.

### **Порядок виконання роботи:**

1. Ознайомитися з функціями переміщення в полярній системі координат.
2. Отримати завдання.
3. Виконати ескіз/креслення деталі.
4. Вибрати інструмент.
5. Вибрати режими різання.
6. Написати програму обробки деталі з поясненнями до кадрів.
7. Тест програми. Навести скріни режиму тестування програми.
8. Висновок.
9. Список використаної літератури (довідники, за якими Ви обирали режими різання).
10. Оформити протокол –на А4 (штамп на 40мм- 1 сторінка, наступні- на15мм).

### **Теоретична частина**

В середовищі Heidenhain координати точок можна задати в декартовій або полярній системі координат, абсолютній або інкрементарній, в залежності від вихідних даних ( рис.). Способи задання координат точок представлено в табл.

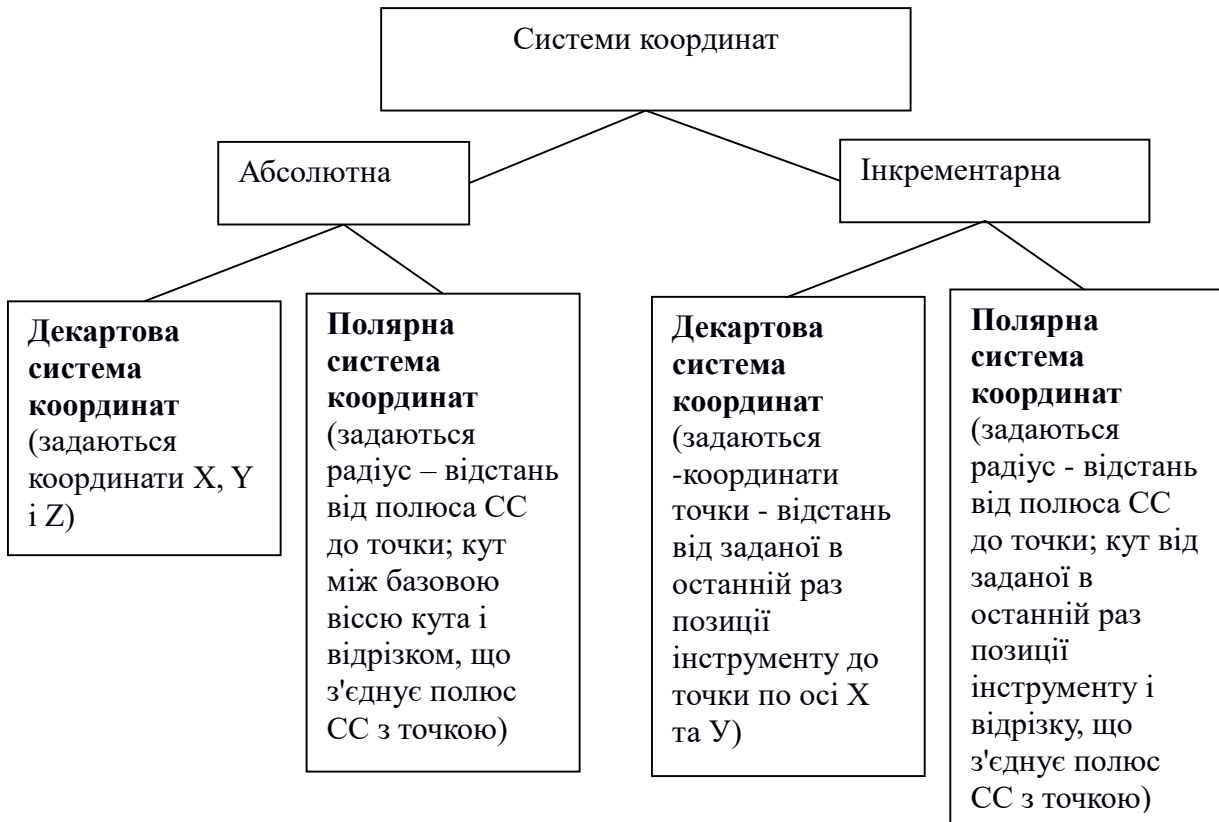
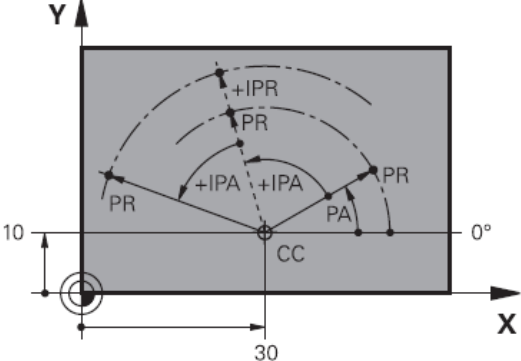

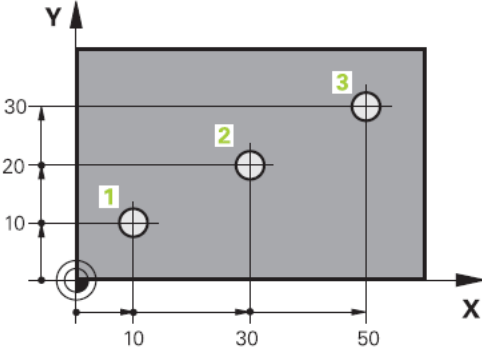
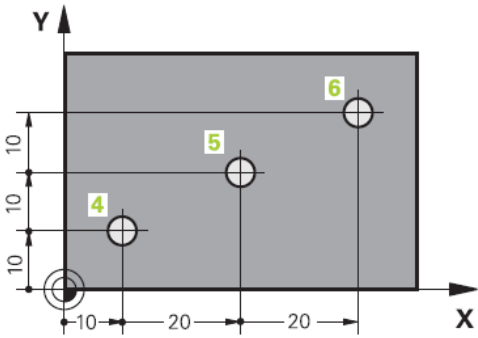



Рисунок 6.1 –Задання точок в різних системах координат

Таблиця 6.1- Способи задання координат точок

Ескіз, система координат	Клавіша <i>Softkey</i>	Особливості визначення положення на площині
<p style="text-align: center;">Абсолютна полярна</p>		<p>Введення даних:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- радіус полярних координат- відстань від полюса СС до точки;</li> <li>- кут полярних координат- кут між базовою віссю кута і відрізком, що з'єднує полюс СС з точкою</li> </ul>

Ескіз, система координат	Клавіша <i>Softkey</i>	Особливості визначення положення на площині
<p>Інкрементальна полярна</p> 		<p>Введення даних :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- радіус полярних координат- відстань від полюса СС до точки;</li> <li>-кут полярних координат- відраховується від заданої в останній раз позиції інструменту. і відрізком, що з'єднує полюс СС з точкою</li> </ul>
<p>Абсолютна декартова</p> 		<p>Введення даних :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-координати точки - відстань від нульової точки до точки по осі Х та У</li> </ul>
<p>Інкрементальна декартова</p> 		<p>Введення даних :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-координати точки - відстань від заданої в останній раз позиції інструменту до точки по осі Х та У</li> </ul>

### Приклад написання програми

Вихідні дані:

Матеріал деталі-сталь 45 ГОСТ1050-88.

Квалітет точності-14.

Шорсткість поверхні-Ra12,5мкм.

Тип виробництва-дрібносерійний.

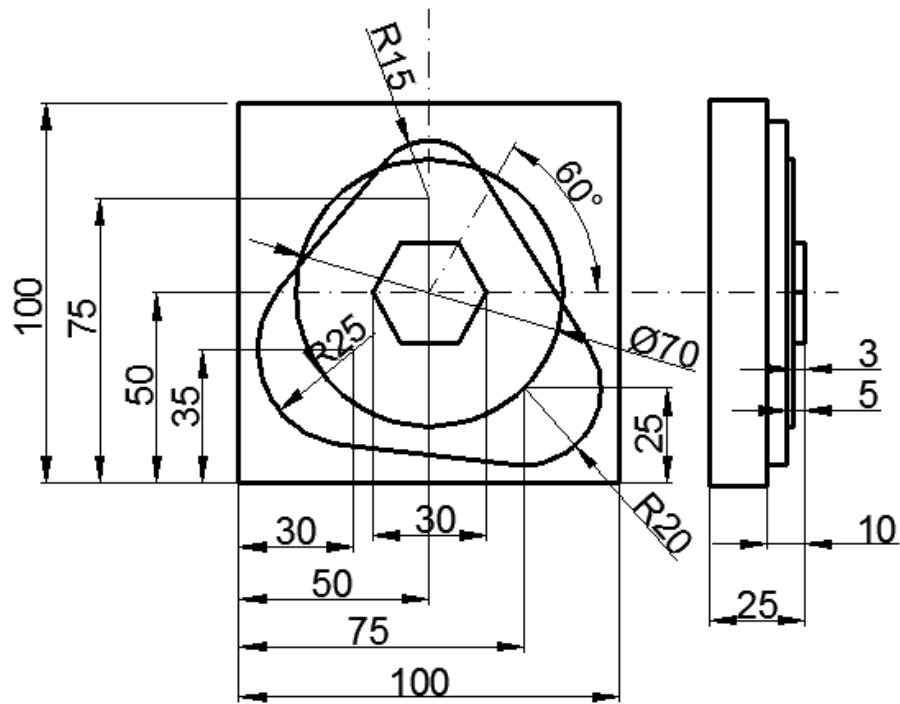


Рисунок 6.2 - Ескіз деталі

**Порядок виконання роботи:**

1. Вибір режимів різання (дані не представлені).
2. Написання програми з поясненнями до кадрів, використовуючи функції переміщення для вільного контуру.

Таблиця 6.2 – Програма обробки деталі з поясненнями

Програма	Пояснення до кадру
0 BEGIN PGM VILNIYKONTURIPOLAR MM	Початок програми Задання параметрів заготовки
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z- 25	призматичної форми 100x100x25мм
2 BLK FORM 0.2 X+100 Y+100 Z+0	
3 TOOL CALL 26 Z S1000 F250	Виклик інструменту
4 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX M3	Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, ввімкнення обертання шпинделя
5 L X-10 Y-10 FMAX	Підвід інструменту в проміжну точку
6 L Z+2 FMAX	
7 L Z-10 FMAX	Глибина оброблення
8 APPR LCT X+5 Y+35 R10 RL F AUTO	Підвід інструменту до контуру на робочій подачі

Програма	Пояснення до кадру
9 FC DR- R25 CCX+30 CCY+35 10 FLT 11 FCT DR- R15 CCX+50 CCY+75 12 FLT 13 FCT DR- R20 CCX+75 CCY+25 14 FLT 15 FCT DR- R25 X+5 Y+35 CCX+30 CCY+35 16 DEP LCT X-10 Y-10 R5 17 L Z-5 R0 FMAX 18 CC X+50 Y+50 19 APPR PLCT PR+35 PA+180 R5 RL F AUTO 20 CP PA+180 DR- F AUTO 21 L Z-3 R0 F AUTO 22 LP PR+15 PA-180 23 LP PA+120 24 LP PA+60 25 LP PA+0 26 LP PA-60 27 LP PA-120 28 LP PA-180	Обробка контуру
29 DEP LCT X-10 Y-10 R5 F AUTO 30 L X+200 Y+200 Z+200 M30 31 END PGM VILNIYKONTURIPOLAR MM	Вихід інструменту із контуру на робочій подачі Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, вимкнення обертання шпинделя Закінчення програми

## 3.Тест програми

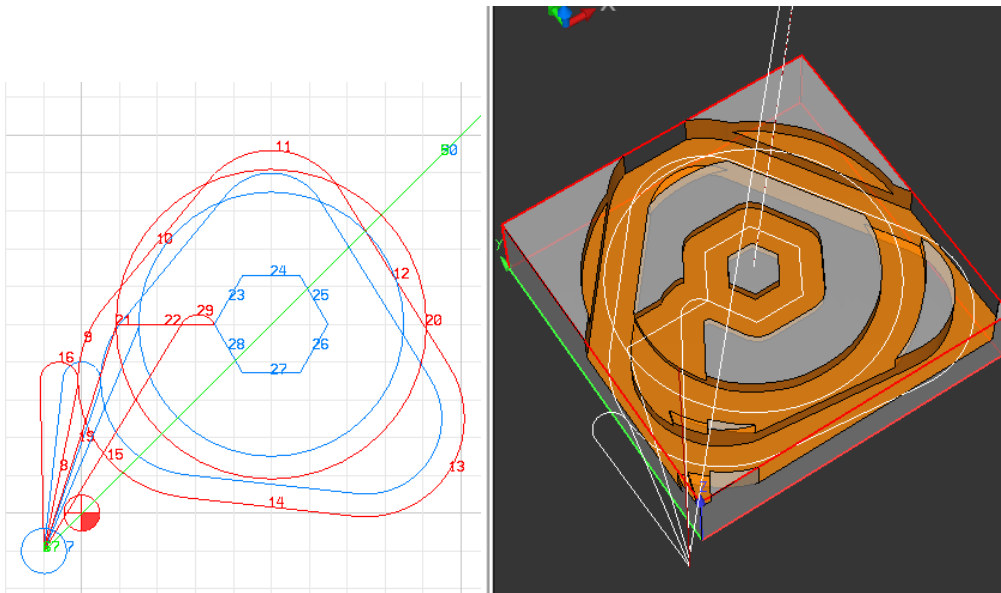


Рисунок 6.3 - Тестування програми обробки деталі

**Завдання** для виконання практичної роботи №6 наведено в додатку В (номер варіанта співпадає з номером по списку студента). Розміри елементів необхідно проставити самостійно, витримуючи пропорції. Глибину обробки приймати на свій розсуд.

### Практична робота №7

**Цикли: група отворів, розташованих на прямій та по колу (цикл Шаблони)**

**Мета:** Опанувати використання циклів: група отворів, розташованих на прямій та по колу, на прикладі циклу свердління і розробити програму обробки деталі в середовищі Heidenhain за заданими вихідними даними.


#### Теоретична частина

Часто повторювані операції обробки, що охоплюють декілька кроків обробки зберігаються в системи ЧПК у вигляді циклів. Перетворення координат і деякі спеціальні функції також доступні в якості циклів (табл. 7.1, 7.2).



Таблиця 7.1 - Групи циклів та відповідна їм клавіша *Softkey*

Групи циклів	Клавіша <i>Softkey</i>
Цикли глибокого свердління, розвертання, розточки та зенківки	СВЕРЛ. / РЕЗЬБА
Цикли нарізання внутрішньої та зовнішньої різьби, різбофрезерування	СВЕРЛ. / РЕЗЬБА
Цикли фрезерування кишень, цапф, канавок, фрезерування на площинах	КАРМАНИ/ СТОЙКИ/ КАНАВКИ
Цикли перетворення координат, за допомогою яких можливо переміщувати, повертати, зеркально відображати, збільшувати або зменшувати будь-які контури	ПРЕОБРАЗ. КООРДИНАТ
SL – цикли ("Subcontur-List"), за допомогою яких обробляються контури, що складаються з декількох фрагментів контура, що накладаються, а також циклів обробки бокової поверхні циліндра і цикли вихрового фрезерування	SL- ЦИКЛИ
Цикли для створення груп отворів, наприклад, кіл з отворів або перфорованих поверхонь	ШАБЛОН
Цикли для токарної обробки і обробки черв'ячною фрезою	ТОЧЕНИЕ
Спеціальні цикли: час витримки, виклик програми, орієнтація шпинделя, гравіювання, допуск, точіння з інтерполяцією, визначення навантаження	СПЕЦ. ЦИКЛИ

Натисканням клавіші  можна викликати панель *Softkey*, яка показує різні групи циклів (рис.7.1).

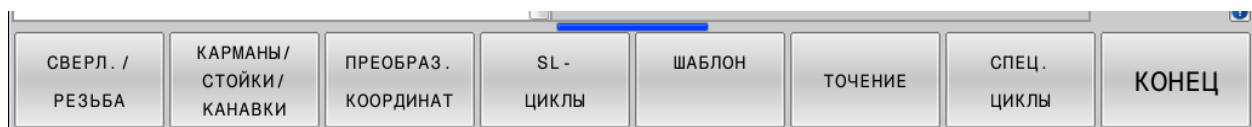
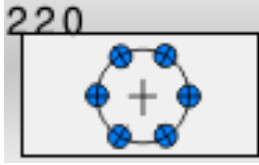
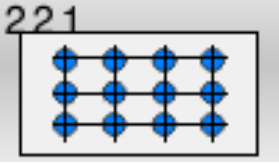


Рисунок 7.1 – Групи циклів

Таблиця 7.2 – Групи циклів Шаблон

№ циклу	Назва циклу	Клавіша <i>Softkey</i>
220	Група отворів, розташованих по колу	
221	Група отворів, розташованих по прямій	

### Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитися з циклами обробки отворів .
2. Отримати завдання.
3. Виконати ескіз/креслення деталі.
4. Вибрати інструмент.
5. Вибрати режими різання.
6. Написати програму обробки деталі з поясненнями до кадрів.
7. Тест програми. Навести скріни режиму тестування програми.
8. Висновок.
9. Список використаної літератури (довідники, за якими Ви обирали режими різання).
10. Оформити протокол –на А4 (штамп на 40мм- 1 сторінка, наступні- на15мм).

### Приклад написання програми

Вихідні дані:

Матеріал деталі-сталь 45 ГОСТ1050-88

Квалітет точності-14

Шорсткість поверхні-Ra12,5мкм

Тип виробництва-дрібносерійний

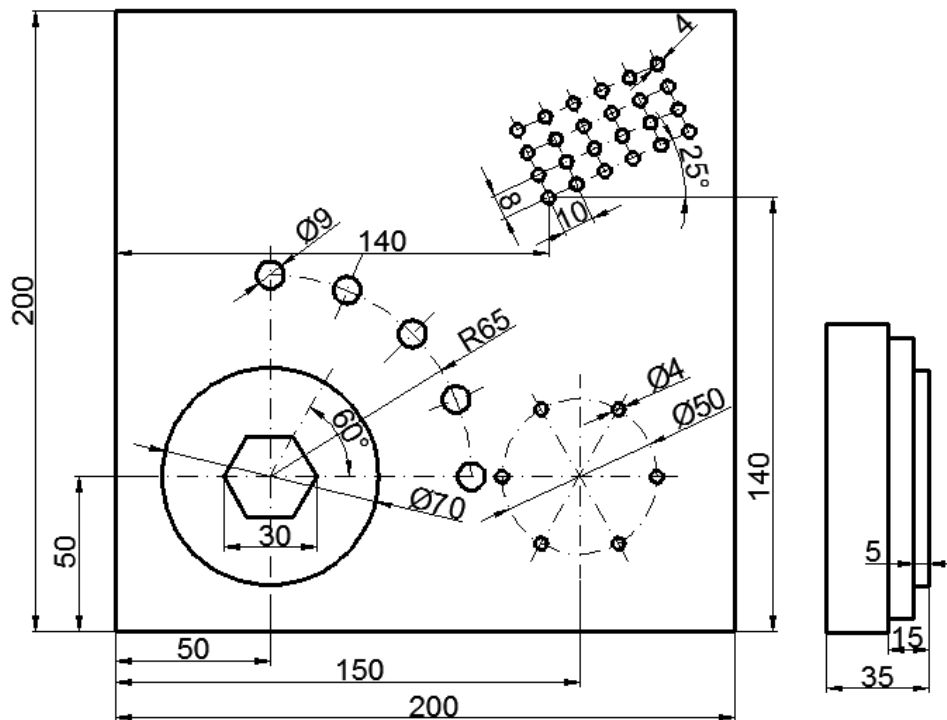


Рисунок 7.2 - Ескіз деталі

**Хід роботи:**

1. Вибір режимів різання (дані не представлені).
2. Написання програми з поясненнями до кадрів, використовуючи функції переміщення для вільного контуру

Таблиця 7.3 – Програма обробки деталі з поясненнями

Програма	Пояснення до кадру
0 BEGIN PGM POLARIOTVOR MM	Початок програми
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-25	Задання параметрів заготовки призматичної форми 100x100x20мм
2 BLK FORM 0.2 X+200 Y+200 Z+0	
3 TOOL CALL 26 Z S1000 F250	Виклик інструменту
4 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX M3	Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, ввімкнення обертання шпинделя
5 L X-10 Y-10 FMAX	Глибина оброблення
6 L Z-5 FMAX	Задання координат полюса
7 CC X+50 Y+50	
8 APPR PLCT PR+35 PA+180 R5 RL F AUTO	Підвід інструменту до контуру на робочій подачі
9 CP PA+180 DR- F AUTO	Обробка контуру
10 LP PR+15 PA-180	
11 LP PA+120	



Програма	Пояснення до кадру
Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~ Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~ Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU ~ Q365=+0 ;WID PEREMESCHENJA 22 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX 23 TOOL CALL 225 Z S1000 F250 24 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~ Q225=+140 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~ Q226=+140 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~ Q237=+10 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~ Q238=+8 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~ Q242=+6 ;KOLICH.RIADOW ~ Q243=+4 ;KOLICH.STROK ~ Q224=+25 ;UGOL POWOROTA ~ Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~ Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~ Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~ Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU 25 CYCL DEF 220 OBRAZEC KRUG ~ Q216=+150 ;1-AJA KOORD.CENTRA ~ Q217=+50 ;2-JA KOORD.CENTRA ~ Q244=+50 ;DIAMETR OBRAZUJ. ~ Q245=+0 ;UGOL NACHAL.TOCHKI ~ Q246=+360 ;UGOL KONECHN. TOCHKI ~ Q247=+0 ;SCHAG UGLA ~ Q241=+8 ;CHISLO POWTORENIJ	Зміна інструменту Цикл Прямокутний масив Цикл Круговий масив

Програма	Пояснення до кадру
~ Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~ Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~ Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~ Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU ~ Q365=+0 ;WID PEREMESCHENJA 26 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX M30 27 END PGM POLARIOTVOR MM	Вихід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, вимкнення обертання шпинделя Закінчення програми

### 3.Тест програми

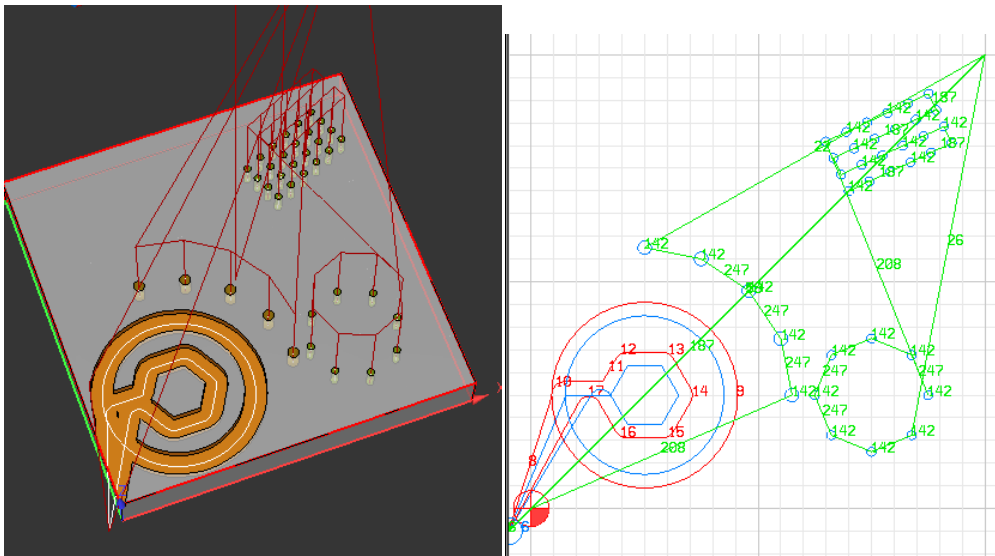


Рисунок 7.3 - Тестування програми обробки деталі

**Завдання** для виконання практичної роботи №7 наведено в додатку Г (номер варіанта співпадає з номером по списку студента). Розміри елементів необхідно проставити самостійно, витримуючи пропорції, глибину обробки приймати на свій розсуд.

## Практична робота №8

### Цикли фрезерування

**Мета:** Опанувати використання циклів фрезерування канавок, поверхні, карманів, островів і розробити програму обробки деталі в середовищі HeidenHain за заданими вихідними даними.

#### Порядок виконання роботи:




1. Ознайомитися з циклами фрезерування канавок, поверхні, карманів, островів.
2. Отримати завдання.
3. Виконати ескіз/креслення деталі
4. Вибрати інструмент
5. Вибрати режими різання
6. Написати програму обробки деталі з поясненнями до кадрів
7. Тест програми. Навести скріни режиму тестування програми.
8. Висновок

Література


#### Теоретична частина

В системі ЧПК передбачені наступні цикли для обробки кишень, островів і канавок, представлені в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 – Цикли обробки фрезеруванням

Цикл	Softkey
251 ПРЯМОКУТНА ВИЙМКА	
252 КРУГЛА ВИЙМКА	
253 ФРЕЗЕРУВАННЯ КАНАВОК	

254 КРУГЛИЙ ПАЗ	
256 ПРЯМОКУТНИЙ ОСТРІВ	
257 КРУГЛИЙ ОСТРІВ	
233 ФРЕЗЕРУВАННЯ ПОВЕРХНІ	

Натисканням клавіші  можна викликати панель *Softkey*, яка показує різні групи циклів фрезерування.

### Приклад написання програми

Вихідні дані:

Матеріал деталі-сталь 45 ГОСТ1050-88.

Квалітет точності-14.

Шорсткість поверхні - Ra12,5мкм.

Тип виробництва-дрібносерійний.

### Порядок виконання роботи:

1. Вибір режимів різання (дані не представлені).
2. Написання програми з поясненнями до кадрів, використовуючи функції переміщення для вільного контуру.



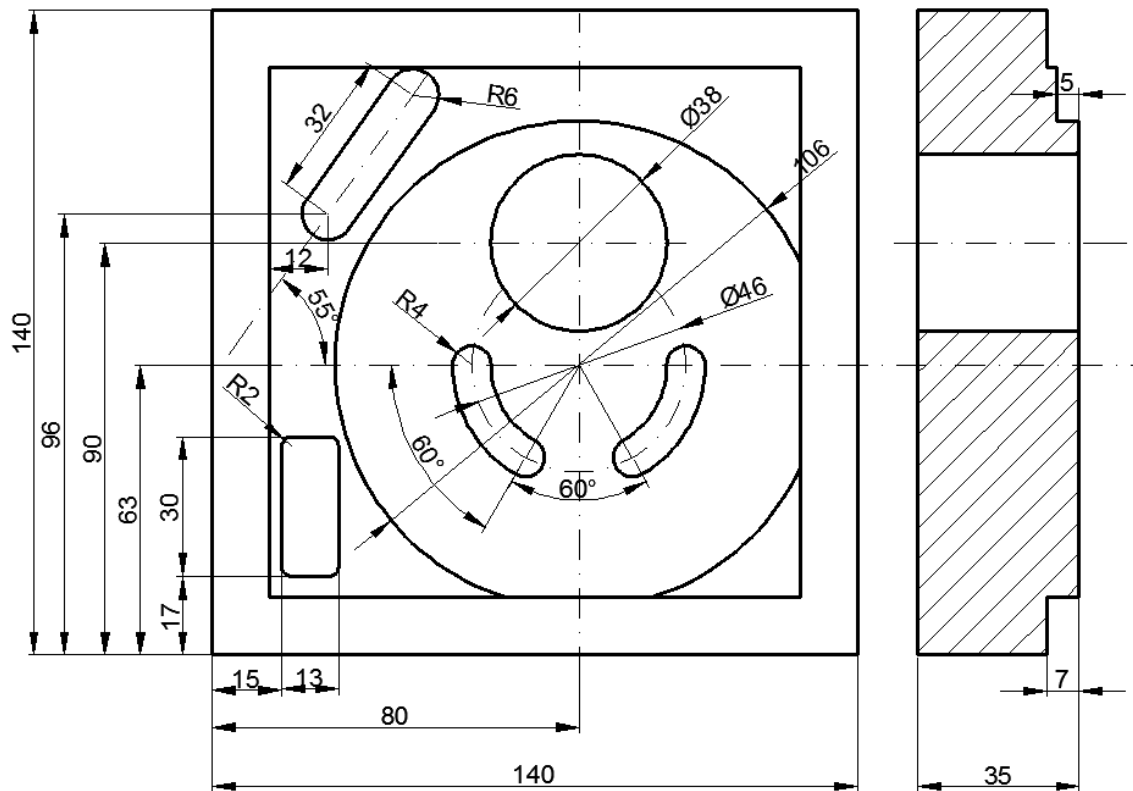


Рисунок 8.1. Ескіз деталі

Таблиця 8.2 - Програма обробки деталі з поясненнями

Програма	Пояснення до кадру
0 BEGIN PGM TSIKLYFREZ MM	Початок програми
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-38	Задання форми та параметрів заготовки
2 BLK FORM 0.2 X+140 Y+140 Z+0	Вибір інструменту, режимів різання
3 TOOL CALL 16 Z S1000 F250	Відвід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, включення обертання шпинделя та COP
4 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX M3	
5 CYCL DEF 233	Вибір циклу фрезерування поверхні
FREZEROVAN.POVERKHN. ~	
Q215=+0 ;OBRABOTKA ~	
Q389=+2 ;MILLING	
STRATEGY ~	
Q350=+1	
;NAPRAVL.FREZEROVAN. ~	
Q218=+140 ;DLINA 1-OJ	
STORONY ~	
Q219=+140 ;DLINA 2-OJ	
STORONY ~	
Q227=+0	
;KOORD.POWIERCH. ~	
Q386=-3 ;KONECHN.TOCHKA	
3 OSI ~	

Програма	Пояснення до кадру
Q369=+1 ;PRIPUSK NA GLUBINU ~ Q202=+3 ;MAX.GLUBINA VREZAN. ~ Q370=+1 ;PEREKRITIE TRAEKTOR. ~ Q207=+500 ;PODACHA FREZER. ~ Q385=+500 ;PODACHA CHIST. OBRABOTKI ~ Q253=+750 ;PODACHA PRED.POZIC. ~ Q357=+2 ;BEZOP.RASST. STORONA ~ Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~ Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~ Q347=+0 ;1-E OGRANICHENIYE ~ Q348=+0 ;2-E OGRANICHENIYE ~ Q349=+0 ;3-E OGRANICHENIYE ~ Q220=+0 ;RADIUS ZAKRUGL. UGLA ~ Q368=+0 ;PRIPUSK NA STORONU ~ Q338=+0 ;WREZ. CHISTOW.OBR. 6 L X+0 Y+0 R0 FMAX M99 7 CYCL DEF 256 RECTANGULAR STUD ~ Q218=+115 ;DLINA 1-OJ STORONY ~ Q424=+140 ;WORKPC. BLANK SIDE 1 ~ Q219=+115 ;DLINA 2-OJ STORONY ~ Q425=+140 ;WORKPC. BLANK SIDE 2 ~ Q220=+0 ;RADIUS ZAKRUGL. UGLA ~	Вибір точки початку обробки за циклом Цикл обробки прямокутної цапфи

Програма	Пояснення до кадру
<pre> Q368=+0 ;PRIPUSK NA STORONU ~ Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~ Q367=+0 ;STUD POSITION ~ Q207=+500 ;PODACHA FREZER. ~ Q351=+1 ;TIP FREZEROWANIA ~ Q201=-7 ;GLUBINA ~ Q202=+3 ;GLUBINA WREZANJA ~ Q206=+3000 ;PODACHA NA WREZANJE ~ Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~ Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~ Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~ Q370=+1 ;PEREKRITIE TRAEKTOR. ~ Q437=+1 ;APPROACH POSITION 8 L X+70 Y+70 R0 M99 9 CYCL DEF 257 CIRCULAR STUD ~ Q223=+106 ;DIAM.GOTOWOJ DETALI ~ Q222=+140 ;DIAMETR ZAGOTOWKI ~ Q368=+0 ;PRIPUSK NA STORONU ~ Q207=+500 ;PODACHA FREZER. ~ Q351=+1 ;TIP FREZEROWANIA ~ Q201=-5 ;GLUBINA ~ Q202=+3 ;GLUBINA WREZANJA ~ Q206=+3000 ;PODACHA NA WREZANJE ~ Q200=+2 </pre>	<p>Вибір точки початку обробки за циклом Цикл обробки циліндричної цапфи</p>

Програма	Пояснення до кадру
;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~ Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOSTI ~ Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~ Q370=+1 ;PEREKRITIE TRAEKTOR. ~ Q376=-1 ;UGOL NACHAL.TOCHKI 10 L X+80 Y+63 R0 FMAX M99 11 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX 12 TOOL CALL 3 Z S1500 F300 13 CYCL DEF 252 KRUGOWOJ KARMAN ~ Q215=+0 ;OBRABOTKA ~ Q223=+38 ;DIAMETR OKRUSHNOSTI ~ Q368=+1;PRIPUSK NA STORONU ~ Q207=+500;PODACHA FREZER. ~ Q351=+1;TIP FREZEROWANIA ~ Q201=-35 ;GLUBINA ~ Q202=+5;GLUBINA WREZANJA ~ Q369=+1;PRIPUSK NA GLUBINU ~ Q206=+150;PODACHA NA WREZANJE ~ Q338=+0;WREZ. CHISTOW.OBR. ~ Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~ Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOSTI ~ Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~ Q370=+1 ;PEREKRITIE TRAEKTOR. ~ Q366=+1 ;TIP VREZANIYA ~ Q385=+500 ;PODACHA CHIST.	Вибір точки початку обробки за циклом Відвід інструменту на безпечну відстань Зміна інструменту Цикл обробки кругового карману

Програма	Пояснення до кадру
<p> OBRABOTKI ~  Q439=+0 ;FEED RATE  REFERENCE  14 L X+80 Y+90 R0 M99  15 L X+200 Y+200 Z+200 R0  FMAX  16 TOOL CALL 90 Z S1000 F250  17 CYCL DEF 251  PRJAMOUGOLNYJ KARMAN~  Q215=+0 ;OBRABOTKA ~  Q218=+13 ;DLINA 1-OJ  STORONY ~  Q219=+30 ;DLINA 2-OJ  STORONY ~  Q220=+2 ;RADIUS ZAKRUGL.  UGLA ~  Q368=+0 ;PRIPUSK NA  STORONU ~  Q224=+0 ;UGOL POWOROTA  ~  Q367=+1 ;POLOSHENJE  KARMANA ~  Q207=+500 ;PODACHA  FREZER. ~  Q351=+1 ;TIP  FREZEROWANIA ~  Q201=-15 ;GLUBINA ~  Q202=+5 ;GLUBINA  WREZANJA ~  Q369=+0 ;PRIPUSK NA  GLUBINU ~  Q206=+150 ;PODACHA NA  WREZANJE ~  Q338=+0 ;WREZ.  CHISTOW.OBR. ~  Q200=+2  ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  Q203=+0 ;KOORD.  POVERHNOSTI ~  Q204=+50 ;2-YE  BEZOP.RASSTOJ. ~  Q370=+1 ;PEREKRITIE  TRAEKTOR. ~ </p>	<p> Вибір точки початку обробки за циклом  Відвід інструменту на безпечну відстань  Зміна інструменту  Цикл обробки прямокутного карману </p>

Програма	Пояснення до кадру
<p>Q366=+1 ;TIP VREZANIYA ~  Q385=+500 ;PODACHA CHIST.  OBRABOTKI  18 L X+17 Y+19 R0 M99  19 CYCL DEF 253  FREZEROWANIE PAZOW ~  Q215=+0 ;OBRABOTKA ~  Q218=+44 ;DLINA PAZA ~  Q219=+12 ;SCHIRINA  KANAWKI ~  Q368=+0 ;PRIPUSK NA  STORONU ~  Q374=+55 ;UGOL POWOROTA  ~  Q367=+2 ;POLOSHENJE  PAZA ~  Q207=+500 ;PODACHA  FREZER. ~  Q351=+1 ;TIP  FREZEROWANIA ~  Q201=-10 ;GLUBINA ~  Q202=+5 ;GLUBINA  WREZANJA ~  Q369=+0 ;PRIPUSK NA  GLUBINU ~  Q206=+150 ;PODACHA NA  WREZANJE ~  Q338=+0 ;WREZ.  CHISTOW.OBR. ~  Q200=+2  ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  Q203=+0 ;KOORD.  POVERHNOСТИ ~  Q204=+50 ;2-YE  BEZOP.RASSTOJ. ~  Q366=+2 ;TIP VREZANIYA ~  Q385=+500 ;PODACHA CHIST.  OBRABOTKI  Q439=+3 ;FEED RATE  REFERENCE</p>	<p>Вибір точки початку обробки за циклом  Цикл фрезерування пазів</p>
<p>20 L X+27 Y+96 R0 M99  21 CYCL DEF 254  KRUGOW.KANAWKA ~</p>	<p>Вибір точки початку обробки за циклом  Цикл фрезерування кругової канавки</p>

Програма	Пояснення до кадру
Q215=+0 ;OBRABOTKA ~	
Q219=+8 ;SCHIRINA	
KANAWKI ~	
Q368=+0 ;PRIPUSK NA	
STORONU ~	
Q375=+46 ;DIAMETR	
OBRAZUJ. ~	
Q367=+0 ;BAZA DLJA DLINY	
PAZA ~	
Q216=+80 ;1-AJA	
KOORD.CENTRA ~	
Q217=+63 ;2-JA	
KOORD.CENTRA ~	
Q376=+180 ;UGOL	
NACHAL.TOCHKI ~	
Q248=+60 ;UGLOWAJA	
DLINA ~	
Q378=+120 ;SCHAG UGLA ~	
Q377=+2 ;CHISLO	
POWTORENIJ ~	
Q207=+500 ;PODACHA	
FREZER. ~	
Q351=+1 ;TIP	
FREZEROWANIA ~	
Q201=-20 ;GLUBINA ~	
Q202=+5 ;GLUBINA	
WREZANJA ~	
Q369=+0 ;PRIPUSK NA	
GLUBINU ~	
Q206=+150 ;PODACHA NA	
WREZANJE ~	
Q338=+0 ;WREZ.	
CHISTOW.OBR. ~	
Q200=+2	
;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~	
Q203=+0 ;KOORD.	
POVERHNOСТИ ~	
Q204=+50 ;2-YE	
BEZOP.RASSTOJ. ~	
Q366=+2 ;TIP VREZANIYA ~	
Q385=+500 ;PODACHA CHIST.	
OBRABOTKI ~	
Q439=+0 ;FEED RATE	

Програма	Пояснення до кадру
REFERENCE 22 L X+80 Y+63 R0 M99 23 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX M30 24 END PGM TSIKLYFREZ MM	Вибір точки початку обробки за циклом Відвід інструменту на безпечну відстань на максимальній подачі, виключення обертання шпинделя і СОР Кінець програми

### 3.Тест програми

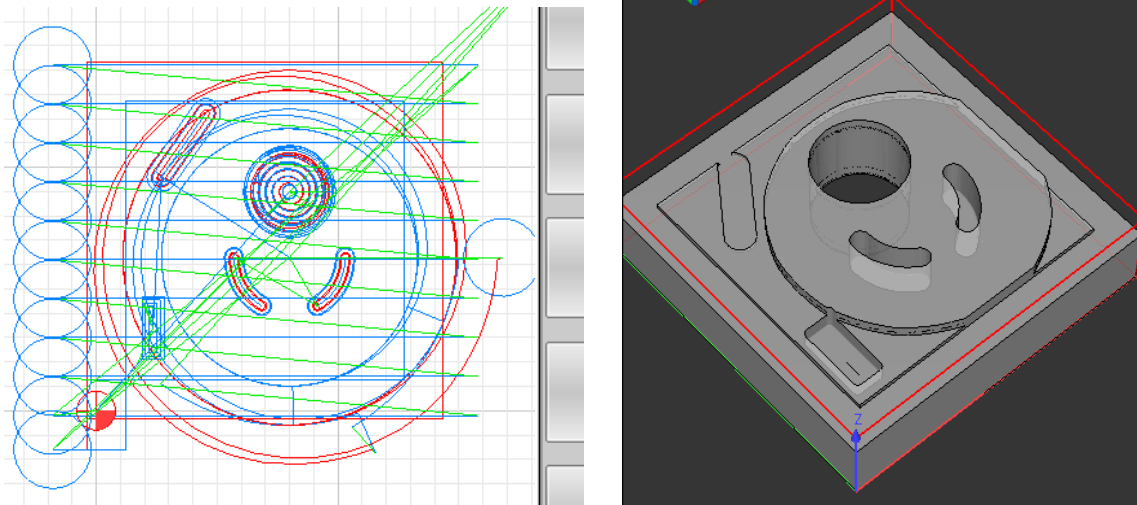


Рисунок 8.2 - Тестування програми обробки деталі

**Завдання** для виконання практичної роботи №8 наведено в додатку Д (номер варіанта співпадає з номером по списку студента). Розміри елементів необхідно проставити самостійно, замірюючи їх лінійкою, глибину обробки приймати на свій розсуд. Варіанти 1-12 – розміри проставляти в масштабі 1:1, варіанти 13-25 – використовувати масштаб 2:1.



## Додатки

### Додаток А

#### Завдання на практичну роботу №2

Завдання по варіантах наведені в таблиці 1. Номер варіанту співпадає з номером по списку. Ескіз деталі наведено на рис.3.

Вихідні дані:

Тип виробництва – дрібносерійне.

Шорсткість поверхні Ra12,5мкм.

Квалітет точності -14

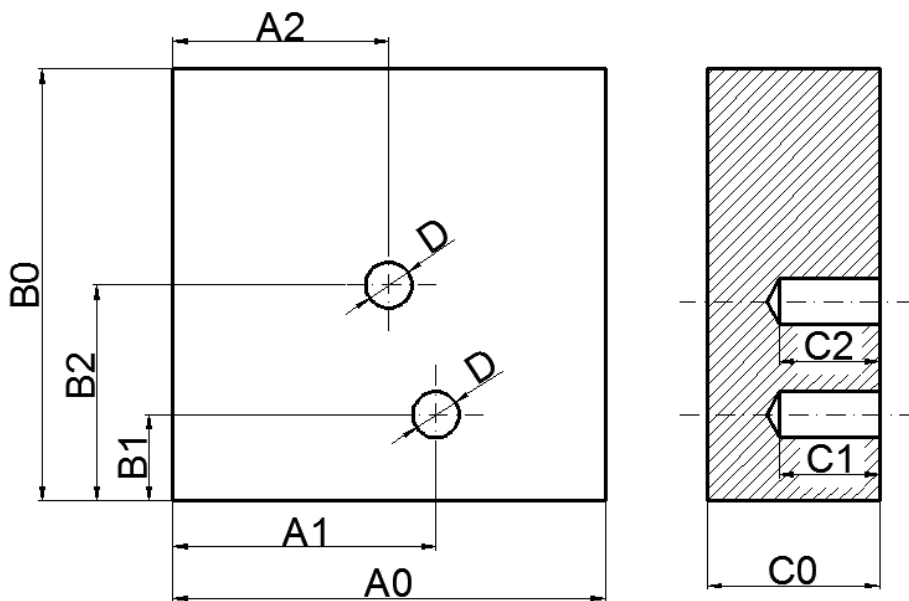
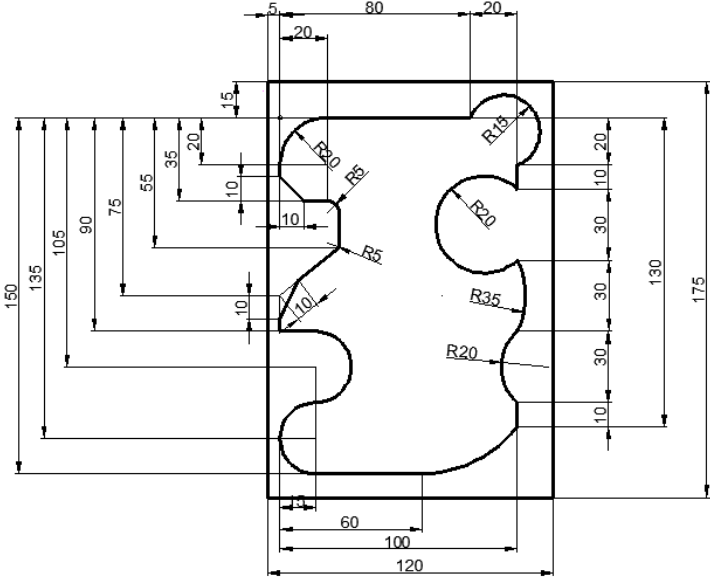
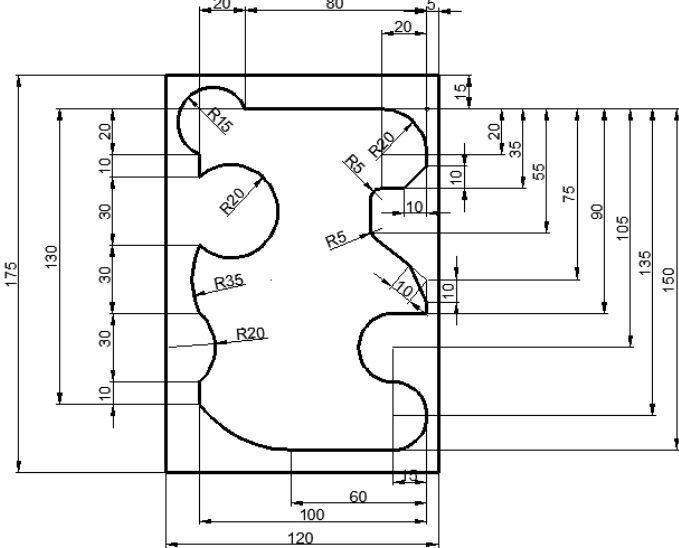
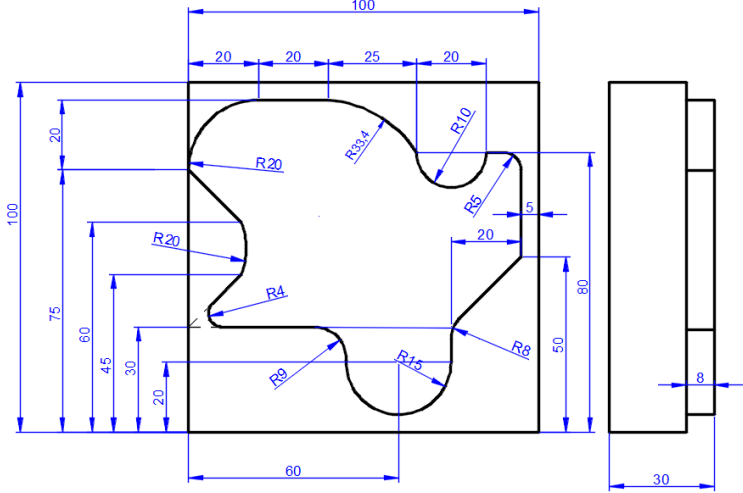
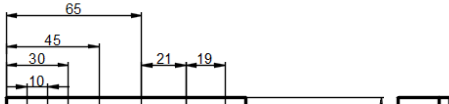


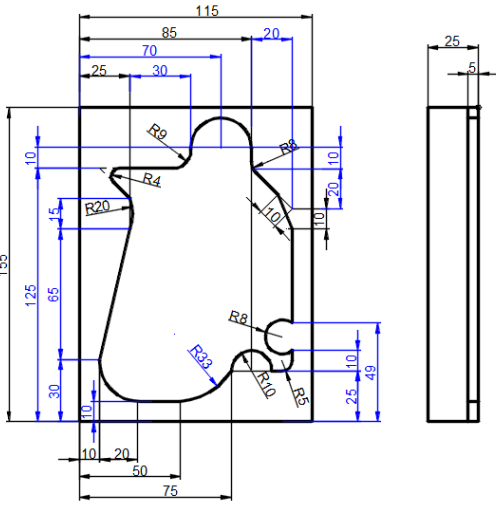
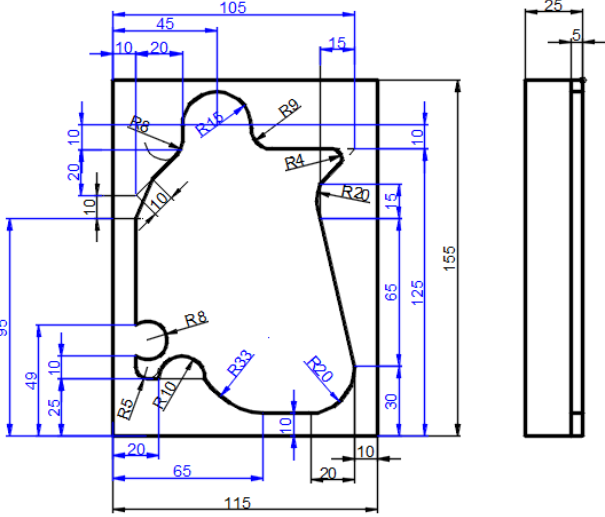
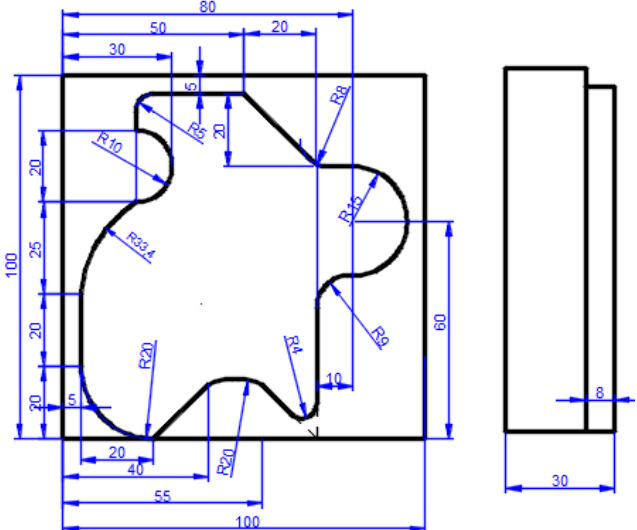
Рисунок А.1 - Завдання до практичної роботи №2

Таблиця А.1- Завдання по варіантах до практичної роботи №2

№ варіанту	Матеріал деталі	A0	A1	A2	B0	B1	B2	C0	C1	C2	D
1	Сталь 45	110	80	A0/2	110	60	B0/2	25	20	25	6
2	СЧ12	110	70	A0/2	120	90	B0/2	30	25	30	8
3	КЧ60-3	110	60	A0/2	80	20	B0/2	35	30	35	10
4	СЧ32	100	20	80	100	20	70	40	35	40	12
5	Сталь 08	100	30	85	110	95	65	45	40	45	14
6	Сталь 08	100	25	70	120	100	50	50	15	30	16
7	Сталь 45	100	20	75	130	110	75	45	35	30	18
8	СЧ12	150	30	A0/3	140	110	B0/2	40	40	15	20
9	КЧ60-3	150	35	A0/3	150	95	B0/3	35	15	30	18
10	СЧ32	150	40	A0/3	160	25	B0/2	30	30	25	16
11	Сталь 08	160	80	A0/4	170	35	B0/2	25	25	15	15
12	Сталь 08	160	120	A0/4	180	125	B0/2	20	20	20	14
13	Сталь 45	140	110	A0/4	170	35	B0/2	15	15	10	12
14	СЧ12	120	100	A0/4	165	40	80	20	10	20	10
15	КЧ60-3	120	75	A0/4	160	120	B0/4	25	25	20	8
16	СЧ32	130	30	A0/2	155	125	90	30	30	15	10
17	Сталь 08	130	20	A0/2	150	135	B0/2	35	35	20	12
18	Сталь 08	140	40	A0/2	145	45	75	40	40	25	14
19	Сталь 45	160	60	120	140	110	70	45	20	40	16
20	СЧ12	160	30	110	135	60	80	40	40	25	18
21	КЧ60-3	180	40	100	140	50	90	35	25	35	20
22	СЧ32	180	45	150	145	50	60	30	30	25	20
23	Сталь 08	120	50	90	150	100	70	25	25	25	15
24	Сталь 08	120	110	85	155	110	85	20	12	6	10
25	Сталь 45	120	20	80	160	140	70	15	15	8	8
26	СЧ12	130	50	100	165	45	105	10	10	10	6
27	КЧ60-3	130	70	105	170	50	110	25	25	10	5
28	СЧ32	130	25	100	130	40	90	20	15	20	12



Варіант №	Ескіз	Варіант обробки
5		За годинниковою стрілкою
6		Проти годинникової стрілки
7		За годинниковою стрілкою
8		Проти годинникової стрілки
9		За годинниковою стрілкою
10		Проти годинникової стрілки
11		За годинниковою стрілкою

Варіант №	Ескіз	Варіант обробки
12		Проти годинникової стрілки
13		За годинниковою стрілкою
14		Проти годинникової стрілки
15		За годинниковою стрілкою
16		Проти годинникової стрілки
17		За годинниковою стрілкою
18		Проти годинникової стрілки

Варіант №	Ескіз	Варіант обробки
19		За годинниковою стрілкою
20		Проти годинникової стрілки
21		За годинниковою стрілкою
22		Проти годинникової стрілки
23		За годинниковою стрілкою

Варіант №	Ескіз	Варіант обробки
24		Проти годинникової стрілки

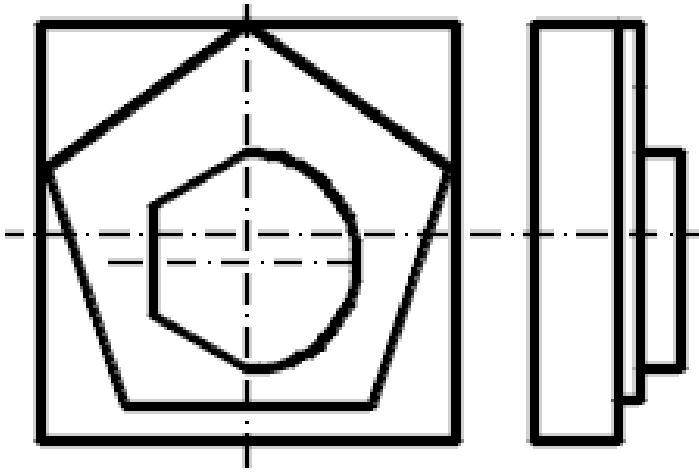
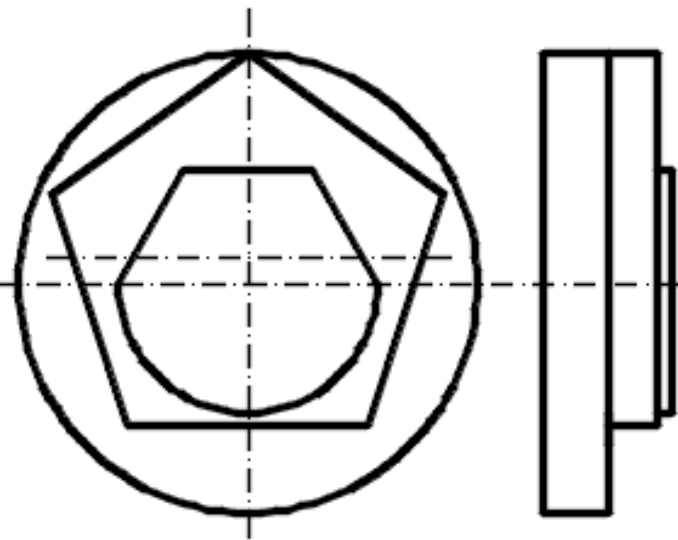
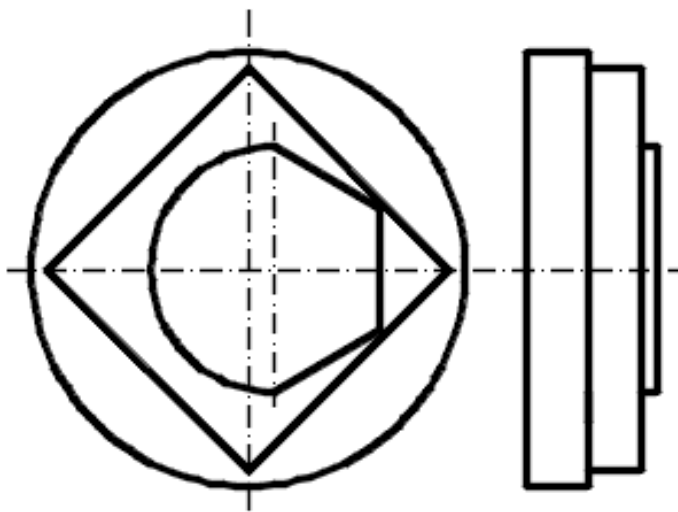
**Додаток В**

Таблиця В.1 - Завдання до практичної роботи №6 за варіантами

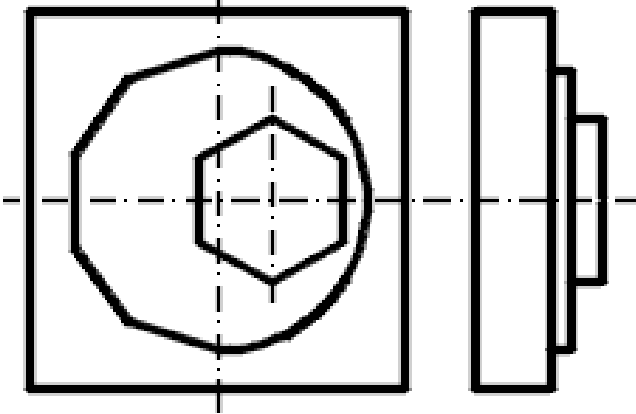
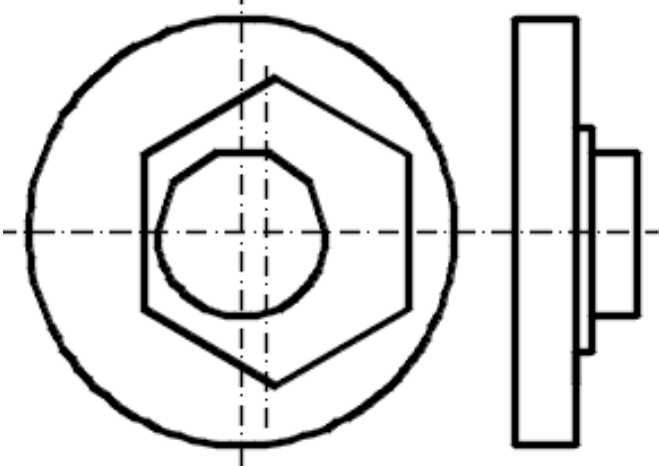
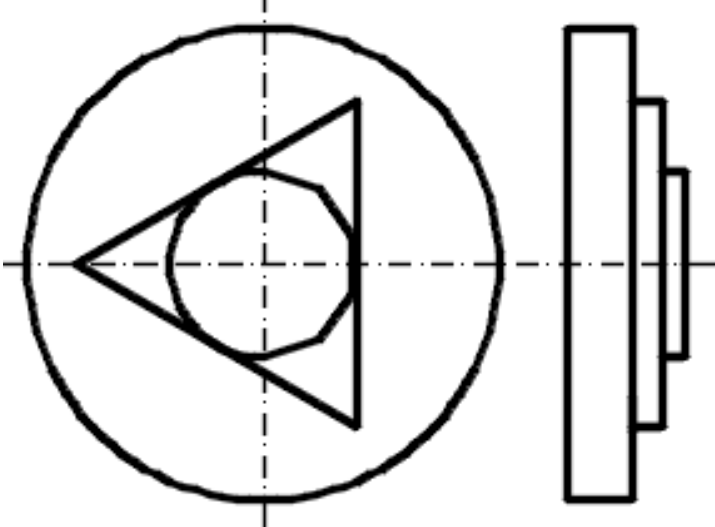
№	Ескіз
1	
2	
3	

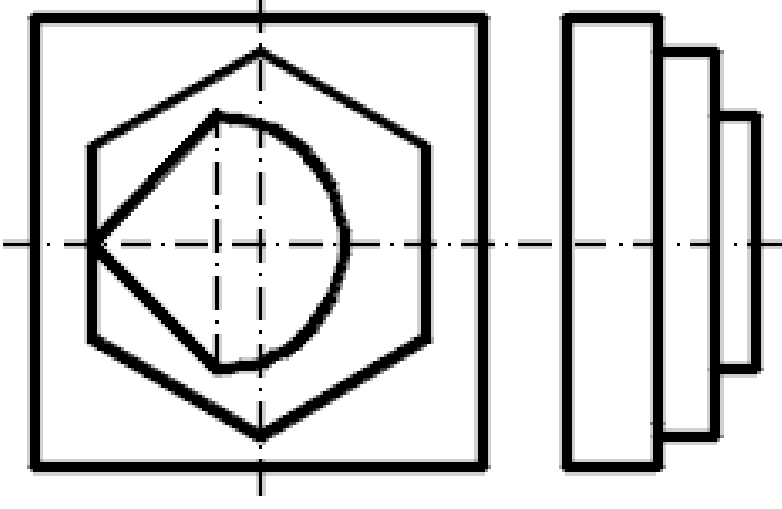
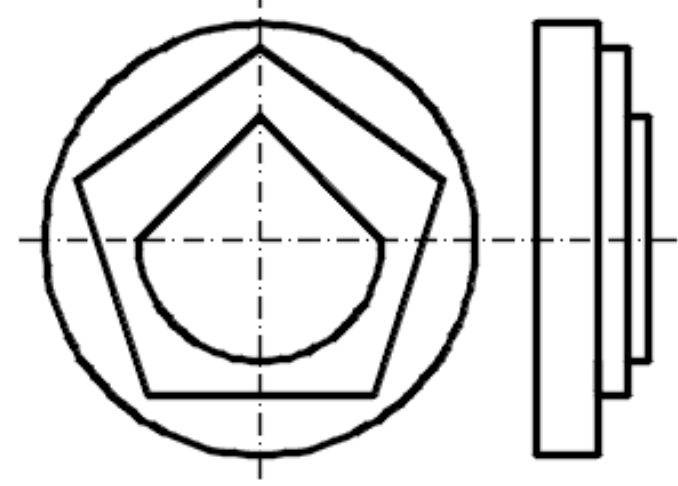
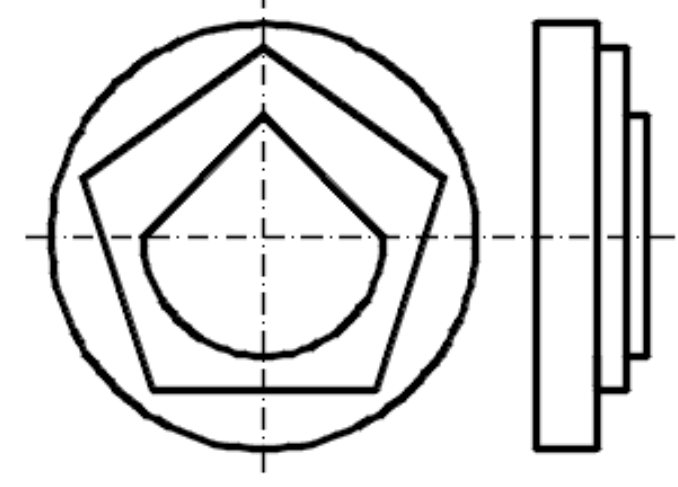


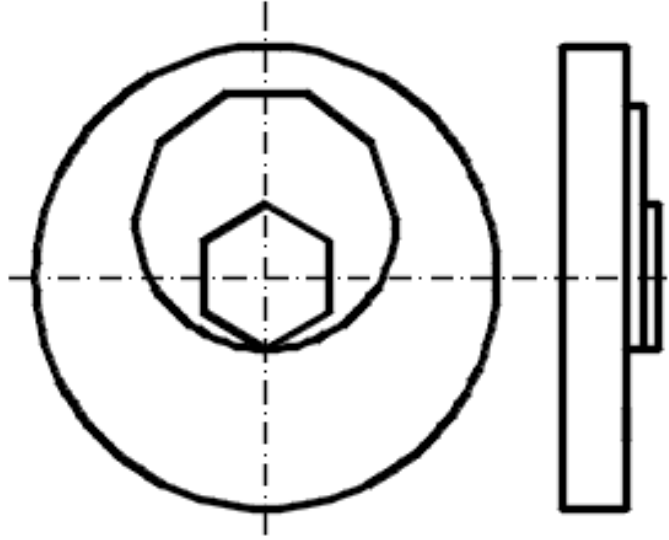
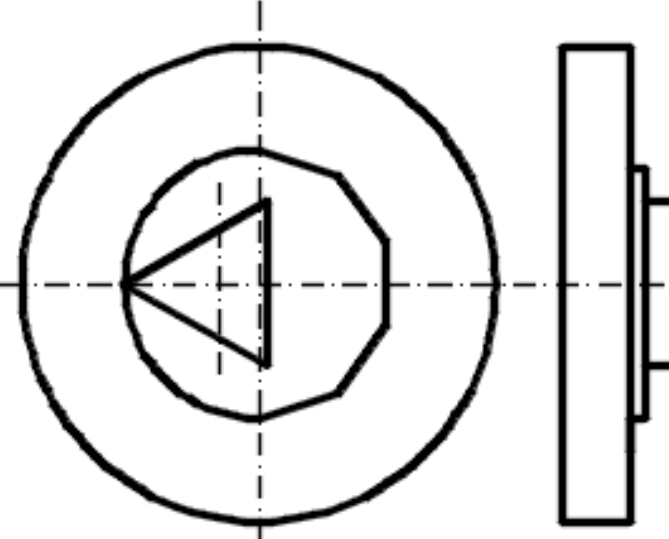
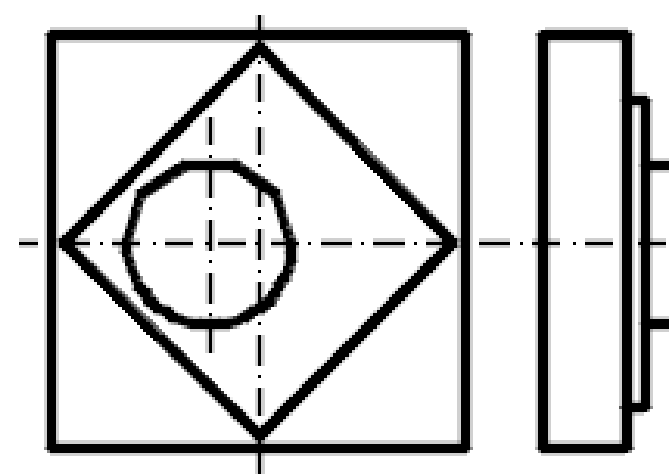
№	Ескіз
4	
5	
6	

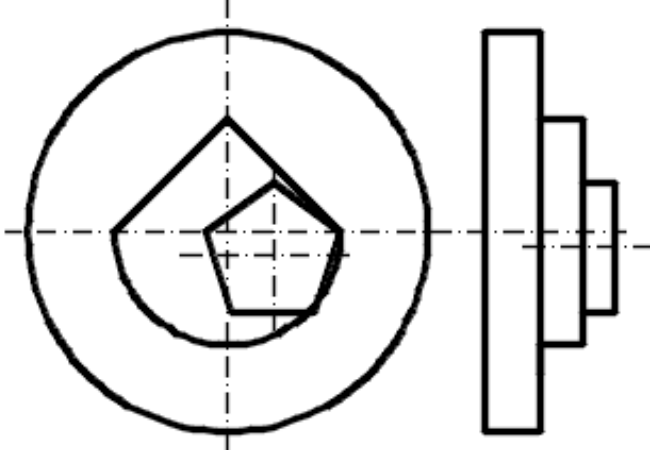
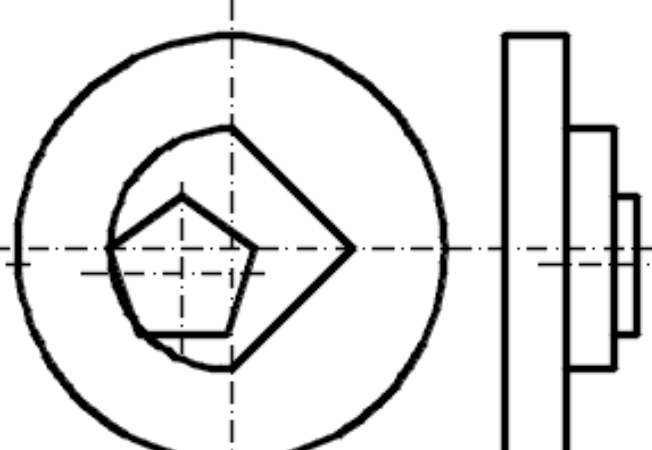
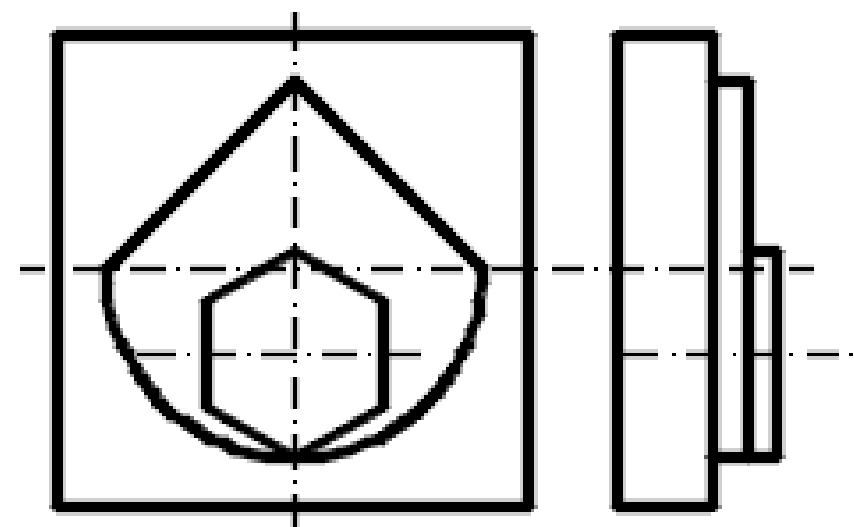
№	Ескіз
7	 <p>The sketch for task 7 consists of a square with a vertical dashed centerline. Inside the square is a regular pentagon with its top vertex at the top center of the square. Inside this pentagon is a smaller, irregular pentagon. To the right of the square is a side view showing a vertical rectangle with a smaller rectangular protrusion on its right side, aligned with the horizontal centerline of the square.</p>
8	 <p>The sketch for task 8 consists of a circle with a vertical dashed centerline. Inside the circle is a regular pentagon with its top vertex at the top of the circle. Inside this pentagon is a smaller, irregular pentagon. To the right of the circle is a side view showing a vertical rectangle with a smaller rectangular protrusion on its right side, aligned with the horizontal centerline of the circle.</p>
9	 <p>The sketch for task 9 consists of a circle with a vertical dashed centerline. Inside the circle is a diamond (square rotated 45 degrees) with its vertices on the circle's circumference. Inside this diamond is a smaller, irregular diamond. To the right of the circle is a side view showing a vertical rectangle with a smaller rectangular protrusion on its right side, aligned with the horizontal centerline of the circle.</p>

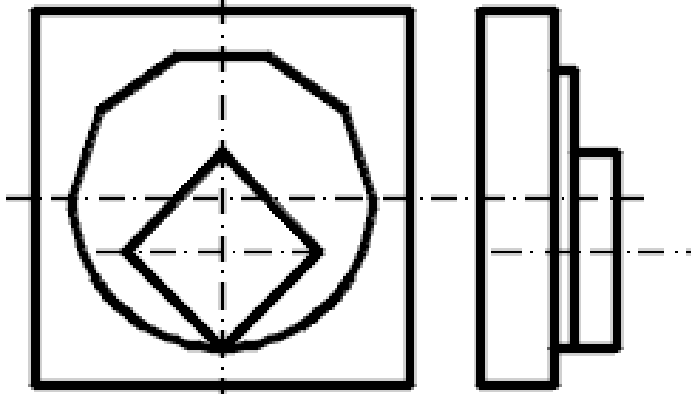
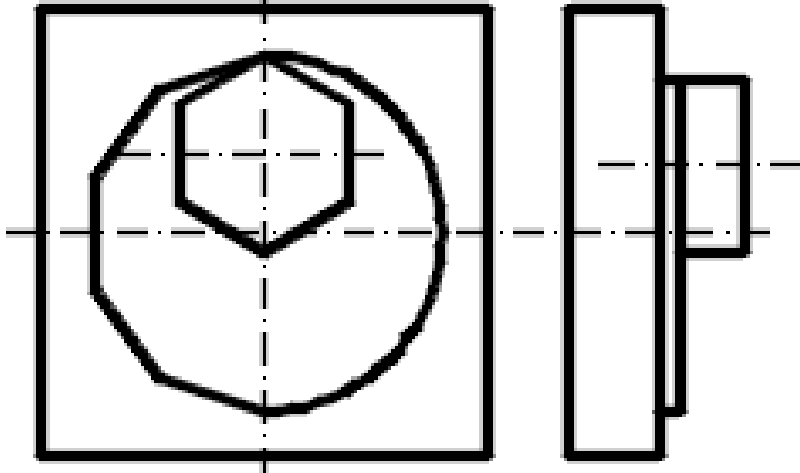
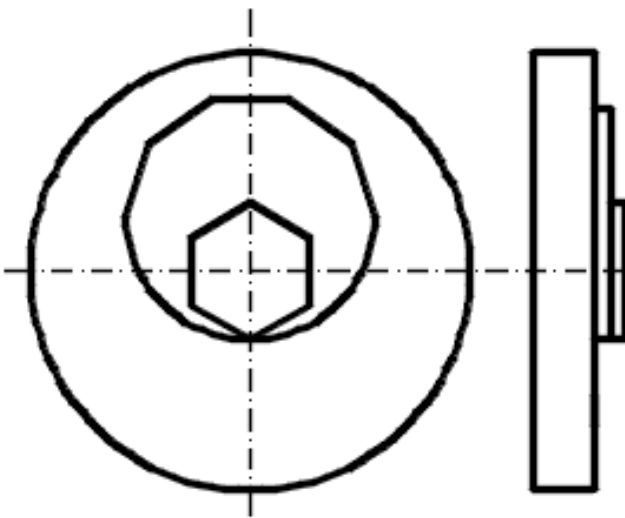
№	Ескіз
10	
11	
12	

№	Ескіз
13	
14	
15	

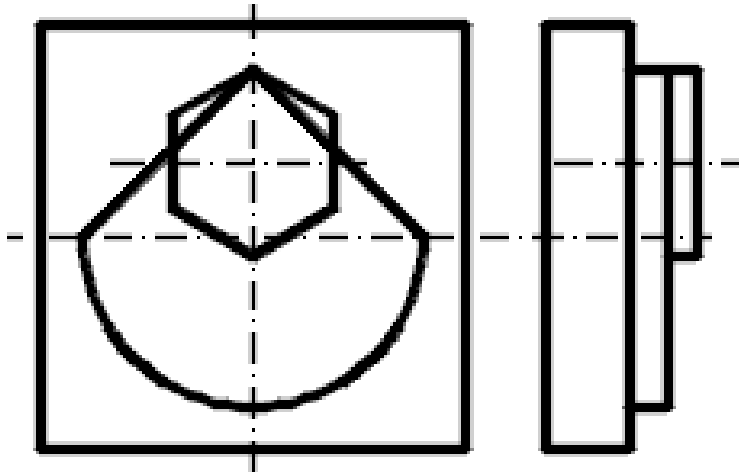
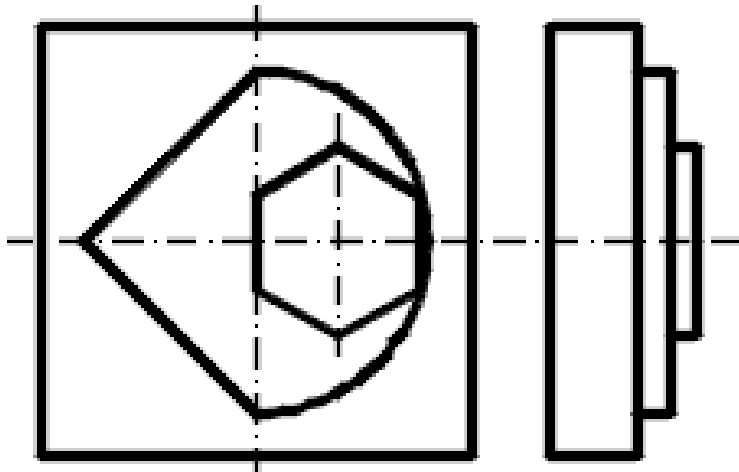
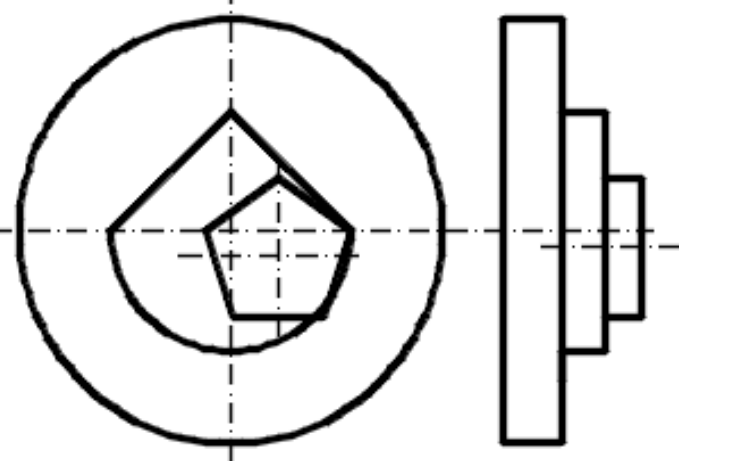
№	Ескіз
16	
17	
18	

№	Ескіз
19	 <p>The drawing shows a cylindrical part. The front view (left) is a circle with a vertical dashed centerline. Inside the circle, there is a hexagonal hole. The top edge of the cylinder is chamfered. The side view (right) shows a rectangle with a chamfered top edge and a smaller rectangular feature on the right side.</p>
20	 <p>The drawing shows a cylindrical part. The front view (left) is a circle with a vertical dashed centerline. Inside the circle, there is a triangular hole. The top edge of the cylinder is chamfered. The side view (right) shows a rectangle with a chamfered top edge and a smaller rectangular feature on the right side.</p>
21	 <p>The drawing shows a square part. The front view (left) is a square with a vertical dashed centerline. Inside the square, there is a diamond-shaped hole. The top edge of the square is chamfered. The side view (right) shows a rectangle with a chamfered top edge and a smaller rectangular feature on the right side.</p>

№	Ескіз
22	
23	
24	

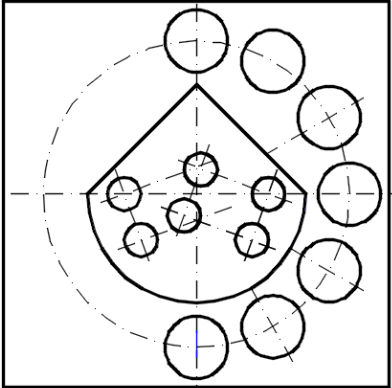
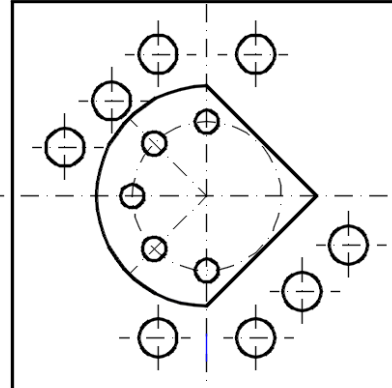
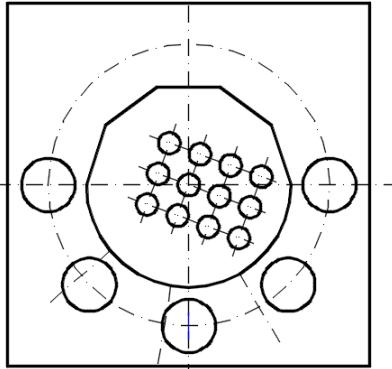
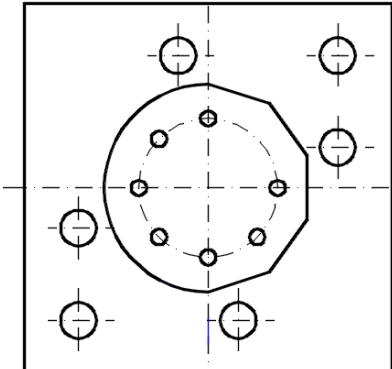
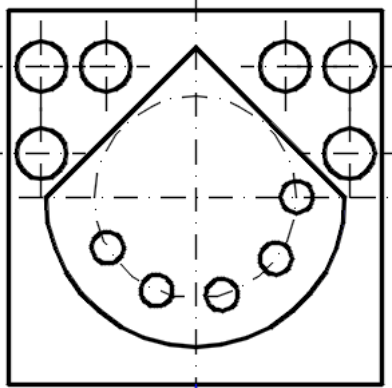
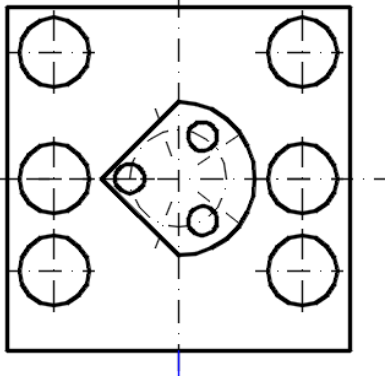
№	Ескіз
25	 <p>Technical drawing for task 25. The front view shows a square with a diamond (rhombus) and an octagon inside it, both centered. The diamond is smaller than the octagon. The side view shows a vertical rectangular block with three smaller rectangular protrusions of varying heights extending from its right side, all aligned with the horizontal centerline.</p>
26	 <p>Technical drawing for task 26. The front view shows a square with a hexagon and an octagon inside it, both centered. The hexagon is smaller than the octagon. The side view shows a vertical rectangular block with two smaller rectangular protrusions of different heights extending from its right side, both aligned with the horizontal centerline.</p>
27	 <p>Technical drawing for task 27. The front view shows a circle with a hexagon and an octagon inside it, both centered. The hexagon is smaller than the octagon. The side view shows a vertical rectangular block with two smaller rectangular protrusions of different heights extending from its right side, both aligned with the horizontal centerline.</p>

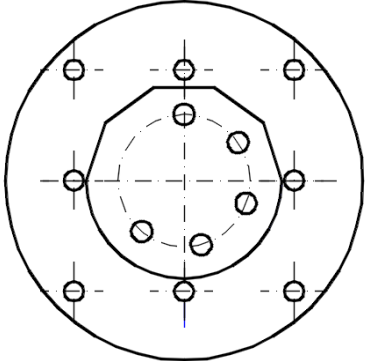
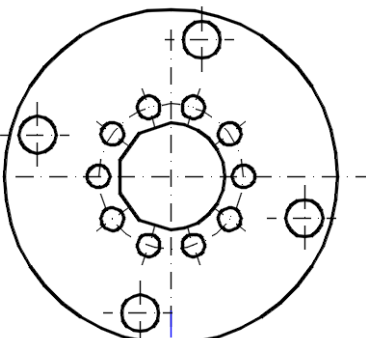
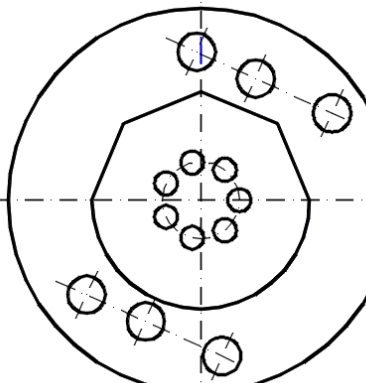
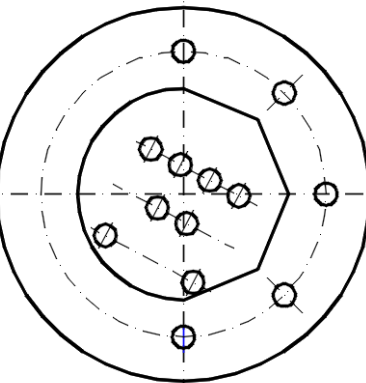
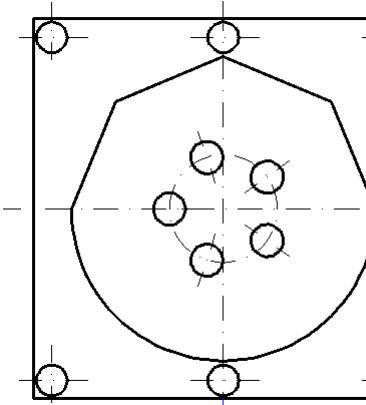
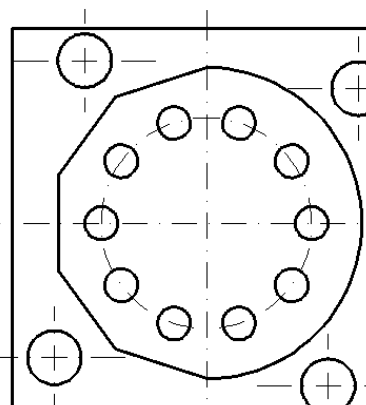
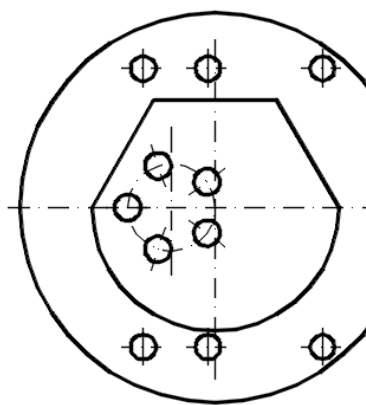
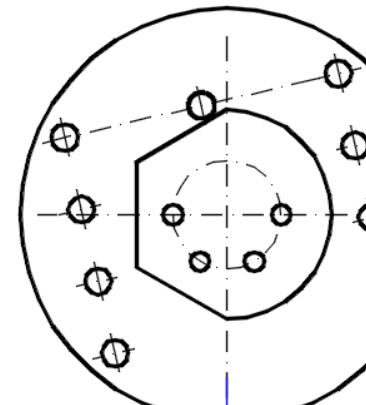


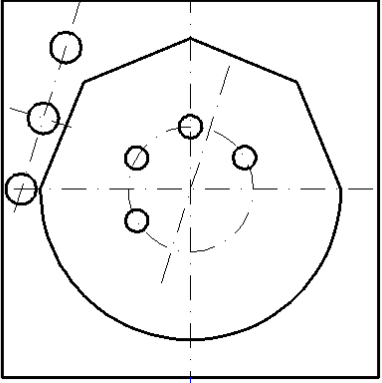
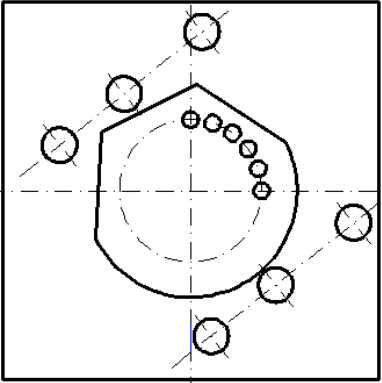
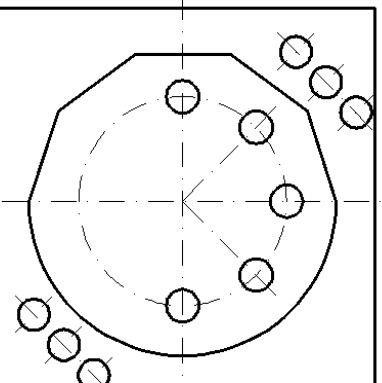
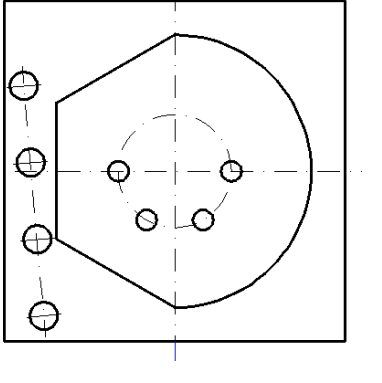
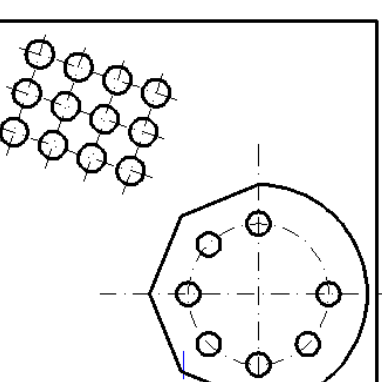
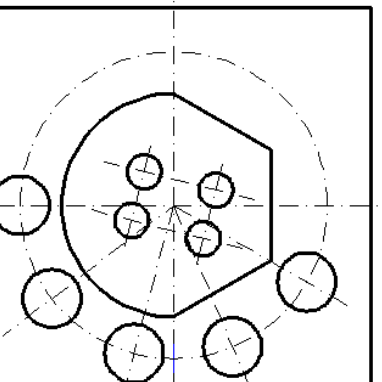
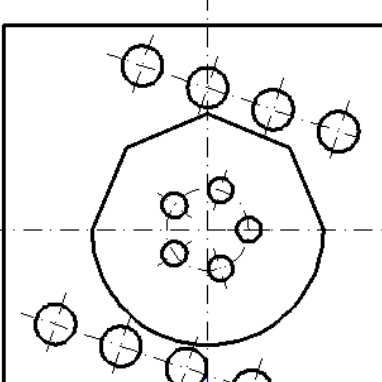
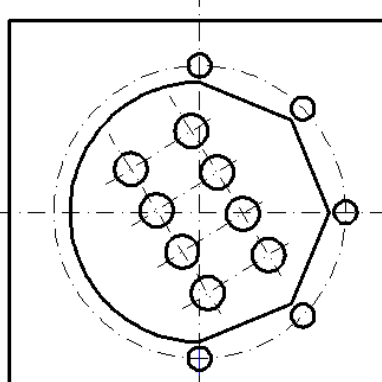
№	Ескіз
28	
29	
30	

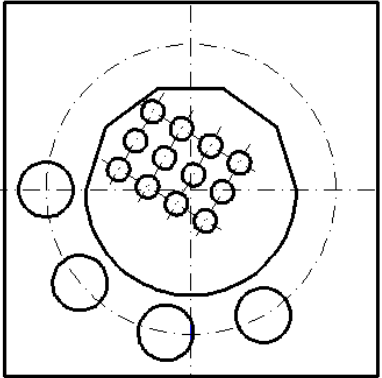
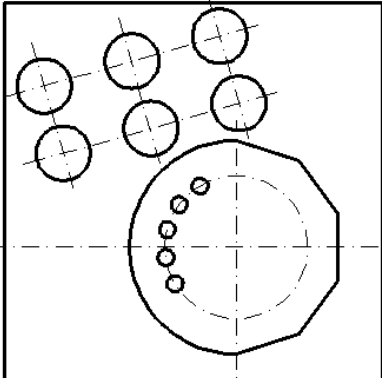
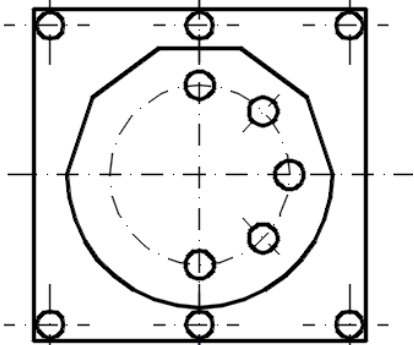
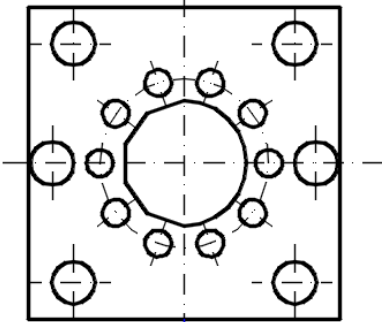
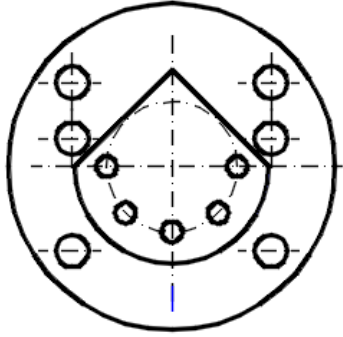
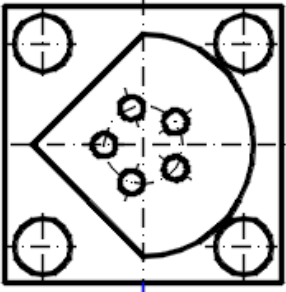
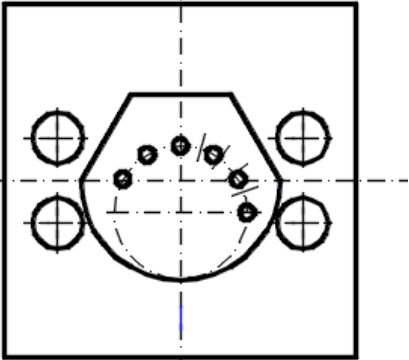
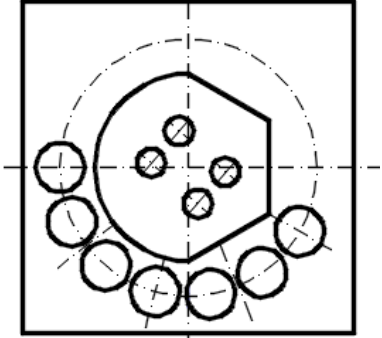
Додаток Г

Таблиця Г.1 - Завдання до практичної роботи №7 за варіантами

№	Ескіз	№	Ескіз
1		16	
2		17	
3		18	

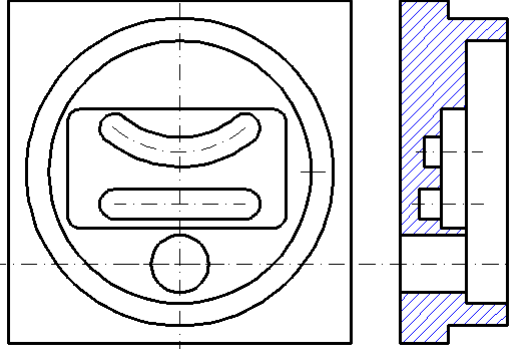
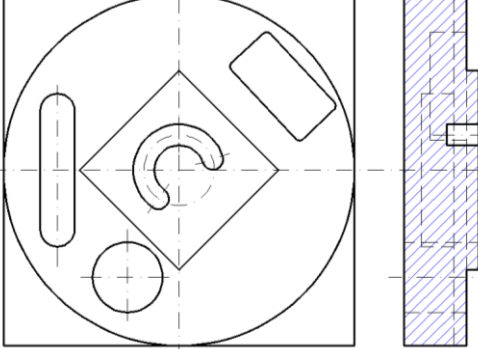
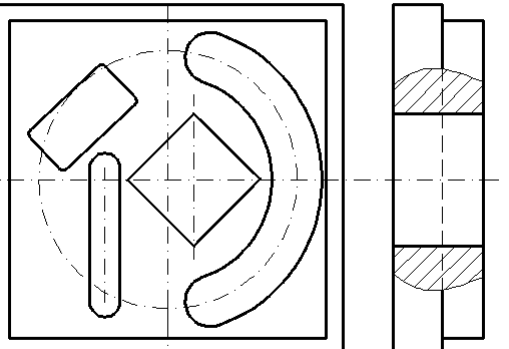
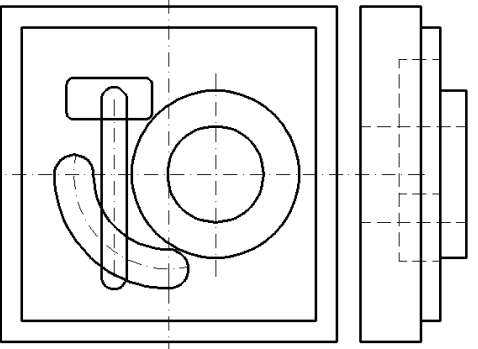
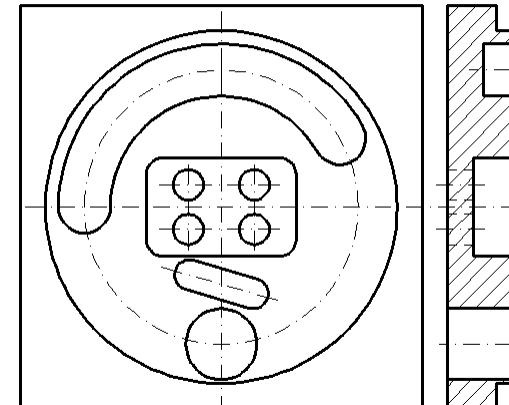
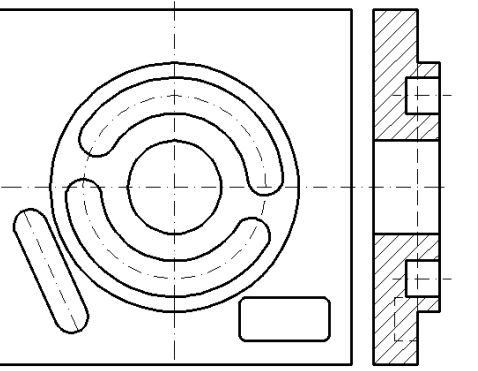
№	Ескіз	№	Ескіз
4		19	
5		20	
6		21	
7		22	

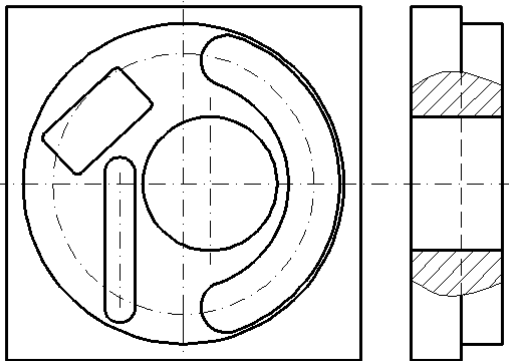
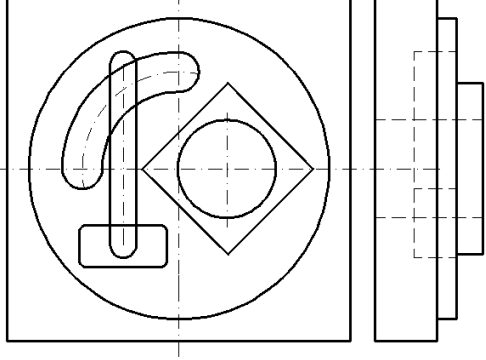
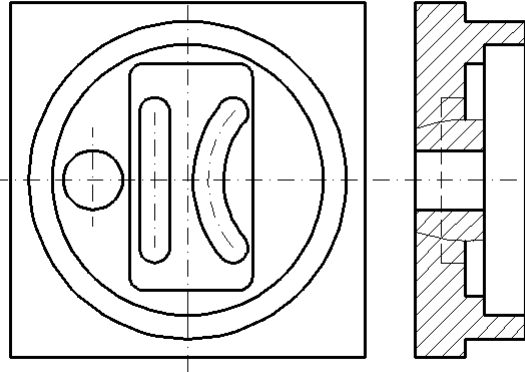
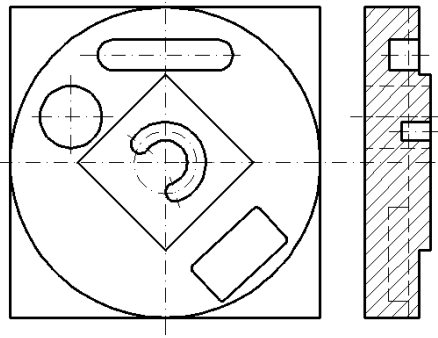
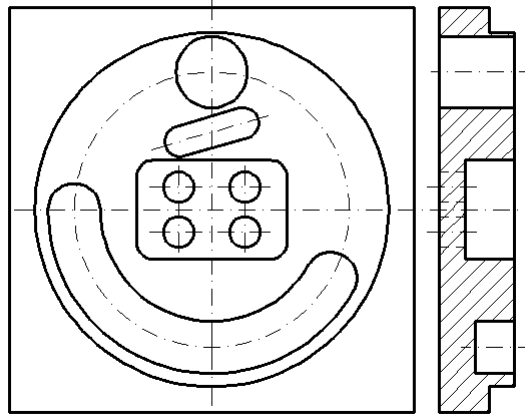
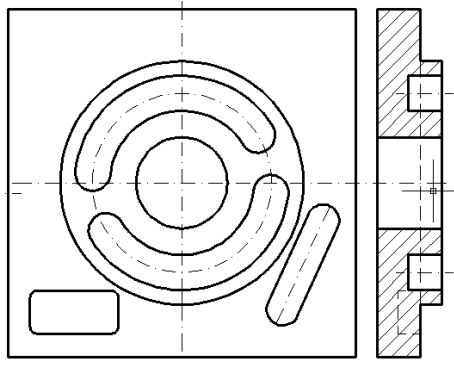
№	Ескіз	№	Ескіз
8		23	
9		24	
10		25	
11		26	

№	Ескіз	№	Ескіз
12		27	
13		28	
14		29	
15		30	

### Додаток Д

Таблиця Д.1 - Завдання до практичної роботи №8 за варіантами

№	Ескіз	№	Ескіз
1		7	
2		8	
3		9	

№	Ескіз	№	Ескіз
4		10	
5		11	
6		12	

## Додаток Е

## Приклади написання програм обробки деталі «Компенсатор» на верстаті з ЧПК в середовищі «HEIDENHAIN»

## Приклад Е1 - Написання програми обробки деталі «Компенсатор» на верстаті з ЧПК в середовищі «HEIDENHAIN»

Вихідні дані:

Деталь – «Компенсатор» згідно ескізу (рисунок Е1.1).

Матеріал деталі – Сталь 45.

Квалітет точності – 14.

Виробництво – дрібносерійне.

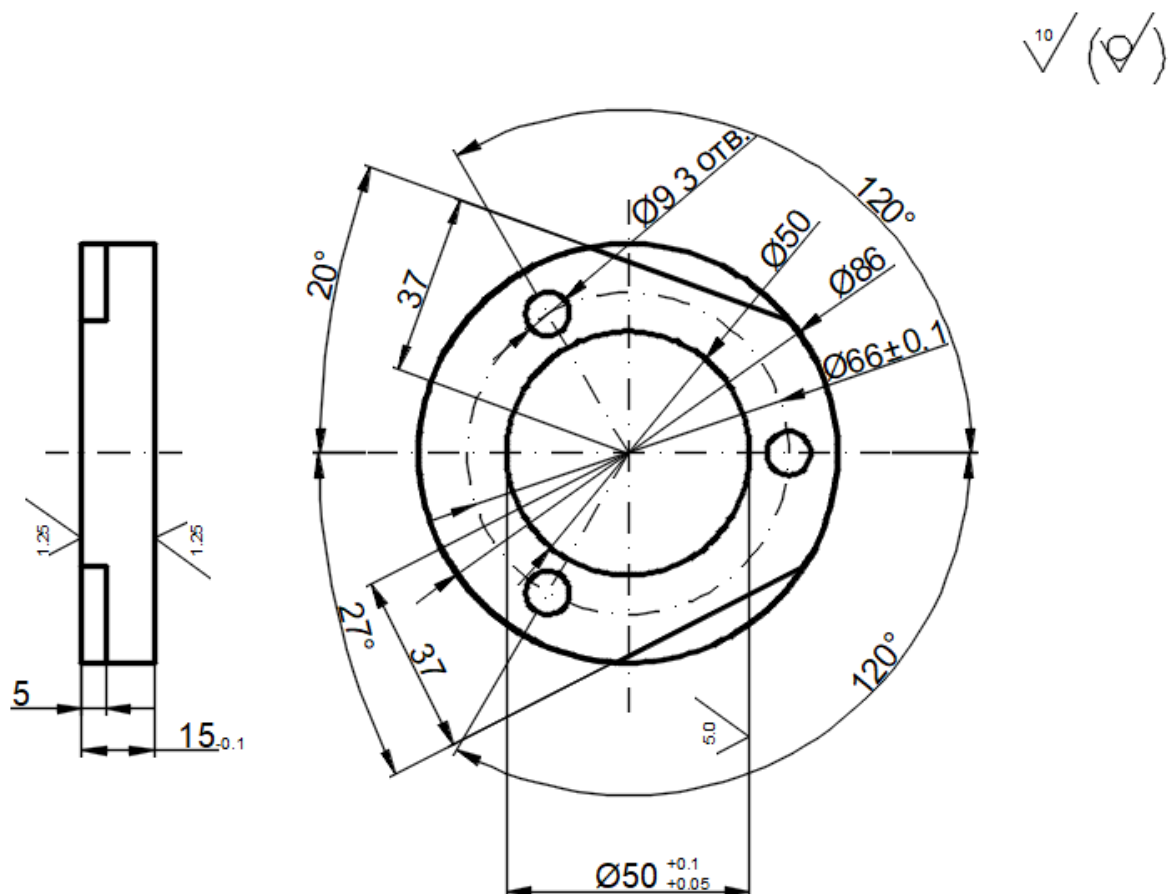


Рисунок Е1.1 – Ескіз деталі «Компенсатор»

Маршрут обробки визначаємо, виходячи з дрібносерійного виробництва, де бажано використати найменшу кількість інструменту.



Таблиця E1.1 – Дані для написання програми

№	Інструмент	Подача F, мм/хв	Швидкість різання, V, м/хв	Частота обертів S, об/хв	Вид робіт
1	Фреза торцева $\phi 32$	2750	150	1500	Фрезерування верхньої площини
2	Фреза концева $\phi 20$	500	150	1500	Фрезерування отвору
3	Фреза концева $\phi 30$	1000	100	1000	Розфрезерування центрального отвору
4	Свердло центрувальне $\phi 4$	200	15	1000	Центрування 3 отворів
5	Свердло спіральне $\phi 9$	166	25	830	Свердління 3 отворів

## Складання програми обробки

Щоб програма була компактнішою та її написання займало менше часу використовуємо стандартні цикли обробки та повторювані частини виносимо в підпрограму, що розташовується в кінці основної програми.

Складена програма виглядає наступним чином.

```

0 BEGIN PGM KOMPENSATOR MM
1 BLK FORM CYLINDER Z R43 L18
2 TOOL CALL 126 Z S1500 F2250
3 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX M3
4 CYCL DEF 232 FREZER. POVERKHNOSTI ~
  Q389=+0 ;STRATEGIYA ~
  Q225=-43 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
  Q226=-43 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
  Q227=+0 ;KOORD.POWIERCH. ~
  Q386=-3 ;KONECHN.TOCHKA 3 OSI ~
  Q218=+86 ;DLINA 1-OJ STORONY ~
  Q219=+86 ;DLINA 2-OJ STORONY ~

```

Q202=+1 ;MAX.GLUBINA VREZAN. ~  
Q369=+0.2 ;PRIPUSK NA GLUBINU ~  
Q370=+1 ;MAX. PEREKRITIE ~  
Q207=+2250 ;PODACHA FREZER. ~  
Q385=+500 ;PODACHA CHIST. OBRABOTKI ~  
Q253=+750 ;PODACHA PRED.POZIC. ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q357=+2 ;BEZOP.RASST. STORONA ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ.  
5 L X+0 Y+0 FMAX M99  
6 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX  
7 TOOL CALL 116 Z S1500 F500  
8 CYCL DEF 252 KRUGOWOJ KARMAN ~  
Q215=+0 ;OBRABOTKA ~  
Q223=+50 ;DIAMETR OKRUSHNOSTI ~  
Q368=+0.5 ;PRIPUSK NA STORONU ~  
Q207=+500 ;PODACHA FREZER. ~  
Q351=+1 ;TIP FREZEROWANIA ~  
Q201=-18 ;GLUBINA ~  
Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~  
Q369=+0.5 ;PRIPUSK NA GLUBINU ~  
Q206=+150 ;PODACHA NA WREZANJE ~  
Q338=+0 ;WREZ. CHISTOW.OBR. ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q370=+1 ;PEREKRITIE TRAEKTOR. ~  
Q366=+1 ;TIP VREZANIYA ~  
Q385=+500 ;PODACHA CHIST. OBRABOTKI ~  
Q439=+0 ;FEED RATE REFERENCE

9 L X+0 Y+0 R0 FMAX M99  
10 TOOL CALL 30 Z S1000 F1000  
11 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX  
12 L X-43 Y-37 RR FMAX  
13 L Z+0 FMAX  
14 L Z-8 FMAX  
15 L X+85 Y-43 F AUTO  
16 L X+0 Y+62 F AUTO  
17 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX  
18 TOOL CALL 200 Z S1000 F200  
19 CYCL DEF 240 ZENTRIROVANIE ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q343=+0 ;VIBOR DIAM./GLUBINA ~  
Q201=-5 ;GLUBINA ~  
Q344=-4 ;DIAMETR ~  
Q206=+200 ;PODACHA NA WREZANJE ~  
Q211=+1 ;WYDER.WREMENI WNIZU ~  
Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+5 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ.  
20 CYCL DEF 220 OBRAZEC KRUG ~  
Q216=+0 ;1-AJA KOORD.CENTRA ~  
Q217=+0 ;2-JA KOORD.CENTRA ~  
Q244=+66 ;DIAMETR OBRAZUJ. ~  
Q245=-27 ;UGOL NACHAL.TOCHKI ~  
Q246=+240 ;UGOL KONECHN. TOCHKI ~  
Q247=+0 ;SCHAG UGLA ~  
Q241=+3 ;CHISLO POWTORENIJ ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~

Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU ~  
Q365=+0 ;WID PEREMESCHENJA  
21 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX  
22 TOOL CALL 231 Z S860 F166  
23 CYCL DEF 200 SWERLENIJE ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q201=-18 ;GLUBINA ~  
Q206=+150 ;PODACHA NA WREZANJE ~  
Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~  
Q210=+0 ;WYDER. WREMENI WWER. ~  
Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q211=+0 ;WYDER.WREMENI WNIZU ~  
Q395=+0 ;DEPTH REFERENCE  
24 CYCL DEF 220 OBRAZEC KRUG ~  
Q216=+0 ;1-AJA KOORD.CENTRA ~  
Q217=+0 ;2-JA KOORD.CENTRA ~  
Q244=+66 ;DIAMETR OBRAZUJ. ~  
Q245=-27 ;UGOL NACHAL.TOCHKI ~  
Q246=+240 ;UGOL KONECHN. TOCHKI ~  
Q247=+0 ;SCHAG UGLA ~  
Q241=+3 ;CHISLO POWTORENIJ ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU ~  
Q365=+0 ;WID PEREMESCHENJA  
25 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX M30  
26 END PGM KOMPENSATOR MM

Після написання програми необхідно провести її тест (рисунок Е1.2).

Тест програми показав її працездатність.

Програма складається з 26 кадр де використовується 5 інструментів.

Час обробки деталі склав 11 хвилини і 55 секунд.

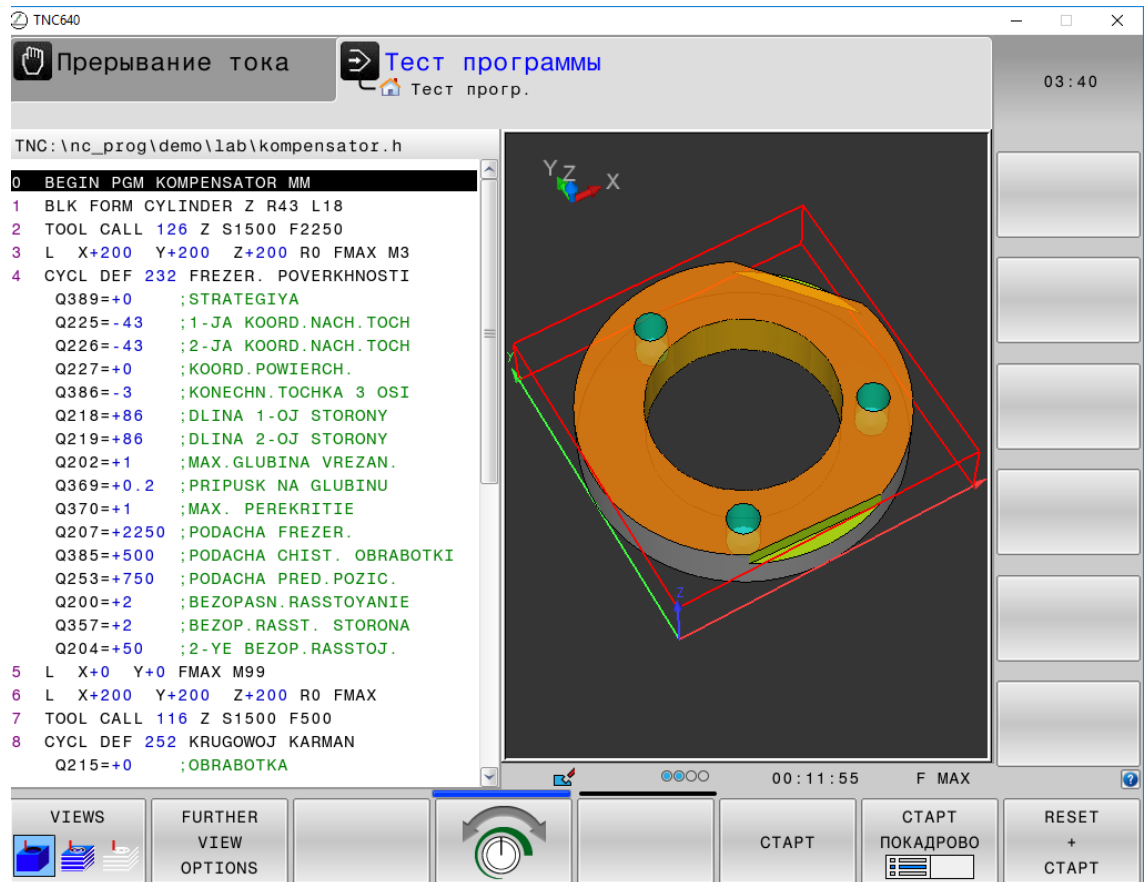


Рисунок E1.2 – Інтерфейс тесту програми

**Приклад E2 - Написання програми обробки деталі «Плита» на верстаті з ЧПК в середовищі «HEIDENHAIN»** Вихідні дані:

Деталь – «Плита» згідно креслення (рисунок E2.1).

Матеріал деталі – Сталь 45.

Квалітет точності – 14.

Виробництво – дрібносерійний.

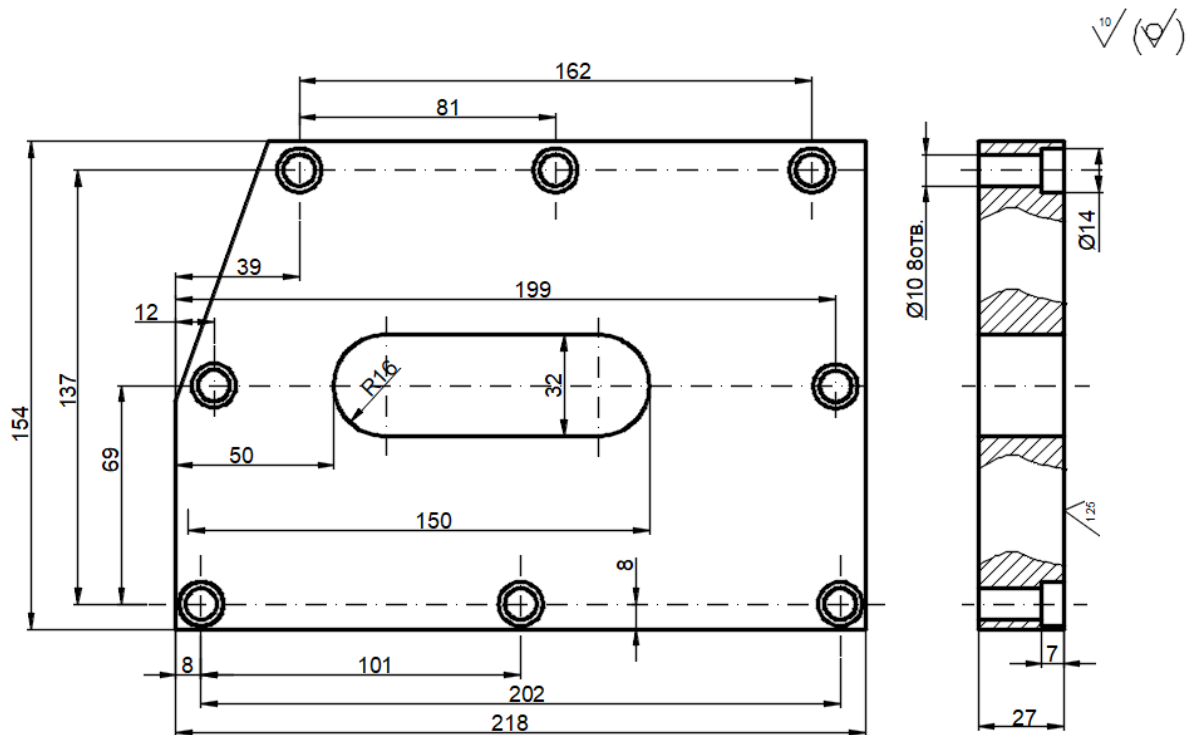


Рисунок E2.1 – Ескіз деталі «Плита»

Для написання програми обробки необхідно мати операційний технологічний процес обробки деталі. Для деталі «Плита» необхідно передбачити обробку площини фрезеруванням торцевою фрезою, обробку закритого пазу кінцевою фрезою методом маятникової подачі, центрування, свердління та цекування 8 отворів.

Таблиця 6.1 – Дані для написання програми

№	Інструмент	Подача F, мм/хв	Швидкість різання, V, м/хв	Частота обертів S, об/хв	Вид робіт
1	Фреза торцева $\phi 66$ , T5K10	1450	150	725	Фрезерування верхньої площини
2	Фреза кінцева $\phi 10$ , P6M5	100	30	1000	Фрезерування пазу
3	Свердло центральне $\phi 4$ , P6M5	190	24	1900	Центрування 8 отворів
4	Свердло спіральне $\phi 10$ , P6M5	180	29	900	Свердління 8 отворів
5	Зенкер $\phi 14$ ,	216	19	450	Цекування 8

№	Інструмент	Подача F, мм/хв	Швидкість різання, V, м/хв	Частота обертів S, об/хв	Вид робіт
	P6M5				отворів

## Складання програми обробки

Для обробки деталі використовується 5 інструментів та стандартні цикли обробки, такі як фрезерування, фрезерування пазу, центрування, свердління, цекування.

Складена програма виглядає наступним чином.

```

0 BEGIN PGM PLITA MM
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-30
2 BLK FORM 0.2 X+218 Y+154 Z+0
3 TOOL CALL 129 Z S725 F1450
4 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX M3
5 CYCL DEF 233 FREZEROVAN.POVERKHN. ~
  Q215=+0 ;OBRABOTKA ~
  Q389=+4 ;MILLING STRATEGY ~
  Q350=+1 ;NAPRAVL.FREZEROVAN. ~
  Q218=+218 ;DLINA 1-OJ STORONY ~
  Q219=+154 ;DLINA 2-OJ STORONY ~
  Q227=+0 ;KOORD.POWIERCH. ~
  Q386=-3 ;KONECHN.TOCHKA 3 OSI ~
  Q369=+0.5 ;PRIPUSK NA GLUBINU ~
  Q202=+1 ;MAX.GLUBINA VREZAN. ~
  Q370=+1 ;PEREKRITIE TRAEKTOR. ~
  Q207=+1450 ;PODACHA FREZER. ~
  Q385=+500 ;PODACHA CHIST. OBRABOTKI ~
  Q253=+750 ;PODACHA PRED.POZIC. ~
  Q357=+2 ;BEZOP.RASST. STORONA ~
  Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
  Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~

```

Q347=+0 ;1-E OGRANICHENIYE ~

Q348=+0 ;2-E OGRANICHENIYE ~

Q349=+0 ;3-E OGRANICHENIYE ~

Q220=+0 ;RADIUS ZAKRUGL. UGLA ~

Q368=+0 ;PRIPUSK NA STORONU ~

Q338=+0 ;WREZ. CHISTOW.OBR.

6 L X+0 Y+0 M99

7 TOOL CALL 104 Z S1000 F100

8 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX

9 CYCL DEF 253 FREZEROWANIE PAZOW ~

Q215=+0 ;OBRABOTKA ~

Q218=+100 ;DLINA PAZA ~

Q219=+32 ;SCHIRINA KANAWKI ~

Q368=+0.5 ;PRIPUSK NA STORONU ~

Q374=+0 ;UGOL POWOROTA ~

Q367=+1 ;POLOSHENJE PAZA ~

Q207=+100 ;PODACHA FREZER. ~

Q351=+1 ;TIP FREZEROWANIA ~

Q201=-31 ;GLUBINA ~

Q202=+3 ;GLUBINA WREZANJA ~

Q369=+0.5 ;PRIPUSK NA GLUBINU ~

Q206=+100 ;PODACHA NA WREZANJE ~

Q338=+0 ;WREZ. CHISTOW.OBR. ~

Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~

Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~

Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~

Q366=+2 ;TIP VREZANIYA ~

Q385=+500 ;PODACHA CHIST. OBRABOTKI ~

Q439=+3 ;FEED RATE REFERENCE

10 L X+50 Y+71 R0 FMAX M99



11 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX

12 TOOL CALL 200 Z S1900 F190

13 CYCL DEF 240 ZENTRIROVANIE ~

Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~

Q343=+0 ;VIBOR DIAM./GLUBINA ~

Q201=-5 ;GLUBINA ~

Q344=-4 ;DIAMETR ~

Q206=+100 ;PODACHA NA WREZANJE ~

Q211=+1 ;WYDER.WREMENI WNIZU ~

Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOSTI ~

Q204=+5 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ.

14 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~

Q225=+39 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~

Q226=+145 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~

Q237=+81 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~

Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~

Q242=+3 ;KOLICH.RIADOW ~

Q243=+0 ;KOLICH.STROK ~

Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~

Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~

Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOSTI ~

Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~

Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU

15 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~

Q225=+12 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~

Q226=+77 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~

Q237=+199 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~

Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~

Q242=+2 ;KOLICH.RIADOW ~

Q243=+0 ;KOLICH.STROK ~

Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU

16 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~

Q225=+8 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q226=+8 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q237=+101 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~  
Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~  
Q242=+3 ;KOLICH.RIADOW ~  
Q243=+1 ;KOLICH.STROK ~

Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU

17 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX

18 TOOL CALL 232 Z S900 F180

19 CYCL DEF 200 SWERLENIJE ~

Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q201=-33 ;GLUBINA ~  
Q206=+180 ;PODACHA NA WREZANJE ~  
Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~  
Q210=+0 ;WYDER. WREMENI WWER. ~  
Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q211=+0 ;WYDER.WREMENI WNIZU ~  
Q395=+0 ;DEPTH REFERENCE

20 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~

Q225=+39 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q226=+145 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q237=+81 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~  
Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~  
Q242=+3 ;KOLICH.RIADOW ~  
Q243=+0 ;KOLICH.STROK ~  
Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU

21 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~

Q225=+12 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q226=+77 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q237=+199 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~  
Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~  
Q242=+2 ;KOLICH.RIADOW ~  
Q243=+0 ;KOLICH.STROK ~  
Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU

22 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~

Q225=+8 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q226=+8 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q237=+101 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~  
Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~  
Q242=+3 ;KOLICH.RIADOW ~  
Q243=+1 ;KOLICH.STROK ~

Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU

23 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX

24 TOOL CALL 234 Z S450 F216

25 CYCL DEF 200 TSEKOVANIE~

Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q201=-10 ;GLUBINA ~  
Q206=+250 ;PODACHA NA WREZANJE ~  
Q202=+1 ;GLUBINA WREZANJA ~  
Q210=+0 ;WYDER. WREMENI WWER. ~  
Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q211=+0 ;WYDER.WREMENI WNIZU ~  
Q395=+0 ;DEPTH REFERENCE

26 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~

Q225=+39 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q226=+145 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q237=+81 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~  
Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~  
Q242=+3 ;KOLICH.RIADOW ~  
Q243=+0 ;KOLICH.STROK ~  
Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU

27 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~

Q225=+12 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q226=+77 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q237=+199 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~  
Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~  
Q242=+2 ;KOLICH.RIADOW ~  
Q243=+0 ;KOLICH.STROK ~  
Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU  
28 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~  
Q225=+8 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q226=+8 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~  
Q237=+101 ;SCHAG PO 1-OJ OSI ~  
Q238=+0 ;SCHAG PO 2-OJ OSI ~  
Q242=+3 ;KOLICH.RIADOW ~  
Q243=+1 ;KOLICH.STROK ~  
Q224=+0 ;UGOL POWOROTA ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q203=+0 ;KOORD. POVERHNOСТИ ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU  
29 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX M30  
30 END PGM PLITA MM

Тест програми показав її працездатність.

Програма складається з 30 кадрів, де використовується 5 інструментів.

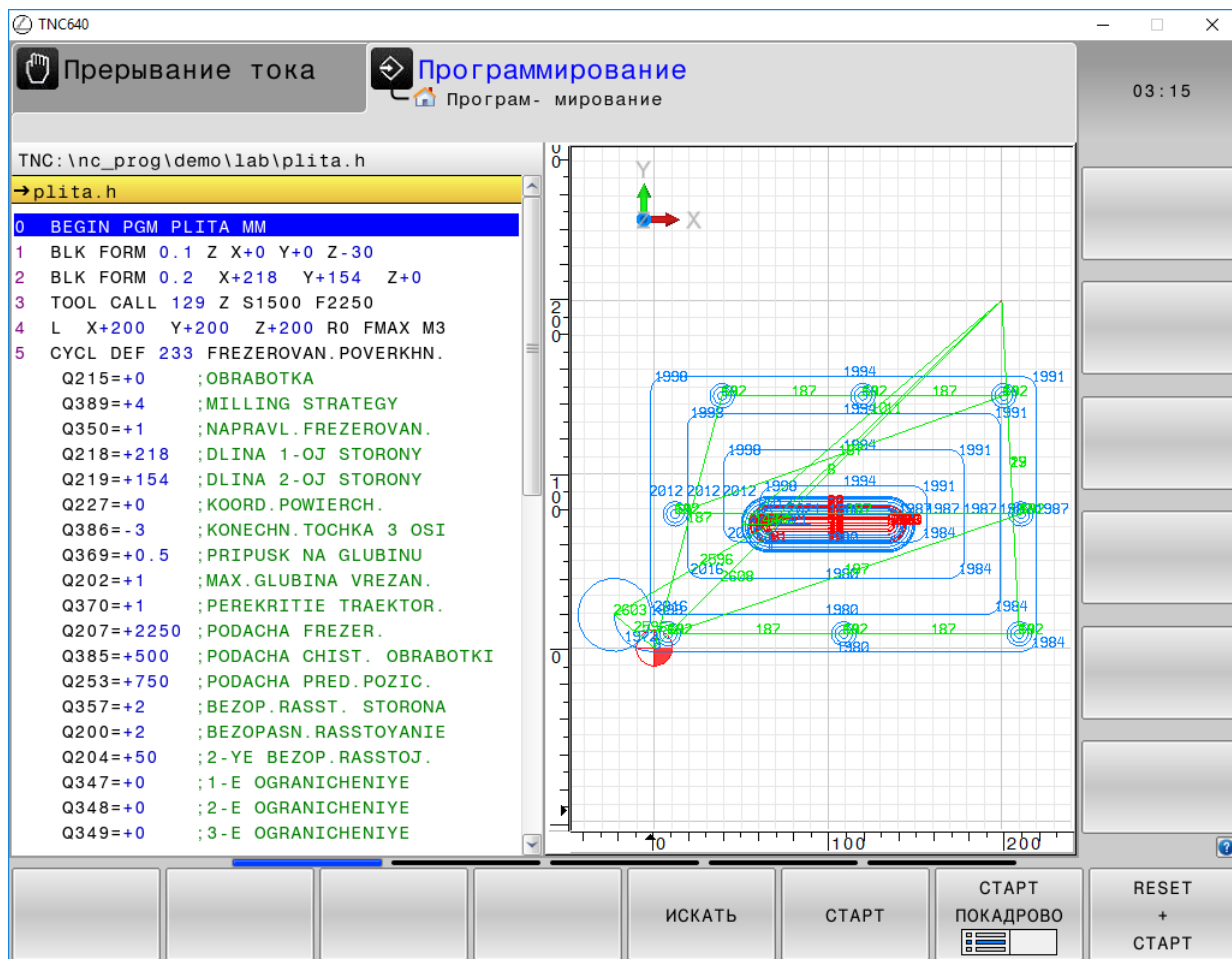


Рисунок E2.2 – Інтерфейс при програмуванні

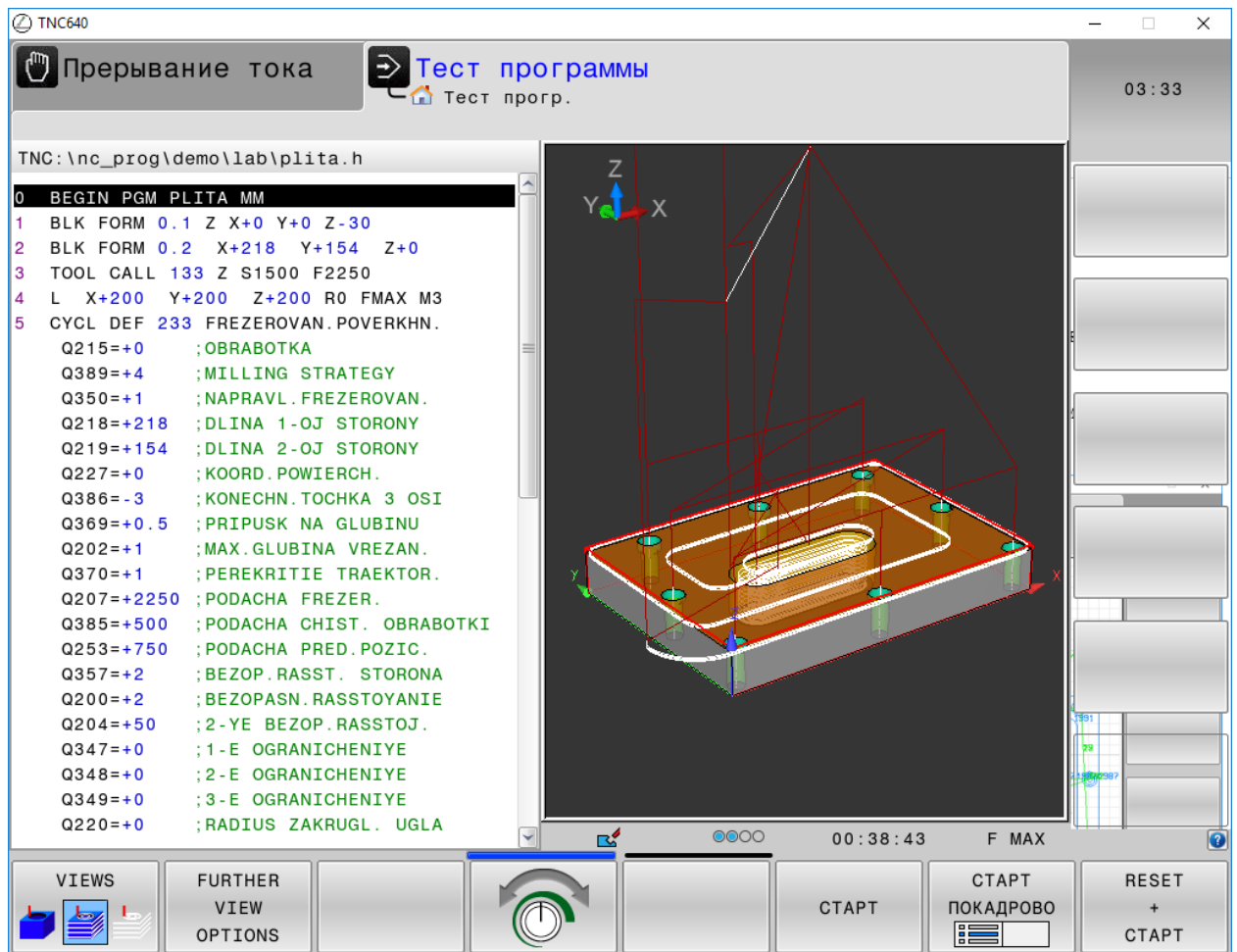


Рисунок Е2.3 – Інтерфейс тесту програми

### Приклад Е 3 - Написання програми обробки деталі «Кришка» на верстаті з ЧПК в середовищі «HEIDENHAIN» Вихідні дані:

Деталь – «Кришка» (рисунок Е3.1).

Матеріал деталі – Сталь 40Х13 ГОСТ5632-72.

Квалітет точності – 14.

Виробництво – дрібносерійне.

Маршрут обробки визначаємо, виходячи з дрібносерійного виробництва, при цьому бажано використати найменшу кількість інструменту.

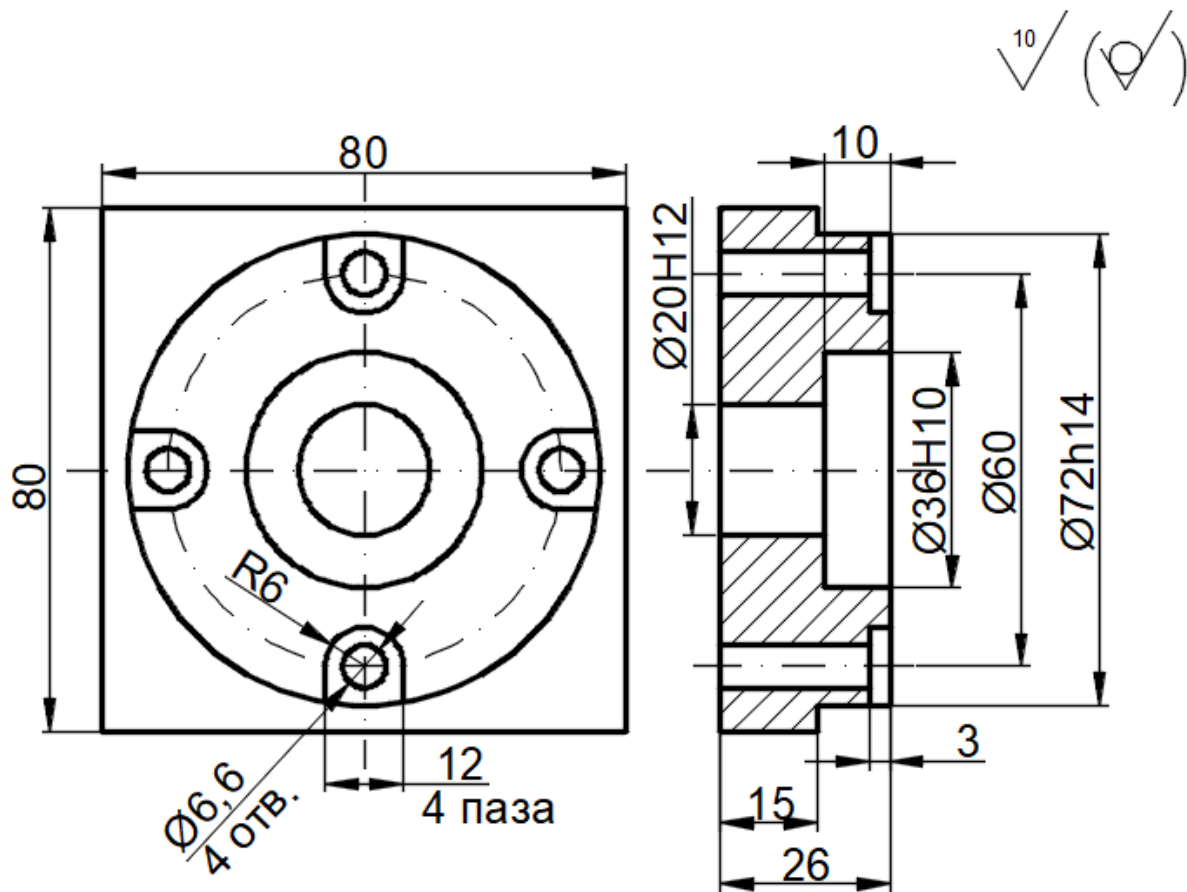


Рисунок Е3.1 – Ескіз деталі «Кришка»

Таблиця Е3.1 – Дані для написання програми

№	Інструмент	Подача F, мм/хв	Швидкість різання, V, м/хв	Частота обертів S, об/хв	Зміст переходу
1	Фреза концева $\phi 32$	1500	150	1500	Фрезерування верхньої площини
		500	150	1500	Фрезерування цапфи
2	Свердло спіральне $\phi 20$	240	100	300	Свердління центрального отвору
3	Фреза концева $\phi 12$	400	15	800	Фрезерування отвору
		400	15	800	Фрезерування 4 пазів
4	Свердло спіральне $\phi 6,6$	200	20	1000	Свердління 4 отворів



## Складання програми обробки

При написанні програми було використано стандартні цикли обробки, такі як фрезерування площини, фрезерування цапфи, фрезерування отвору, свердління отворів.

Складена програма виглядає наступним чином.

```
0 BEGIN PGM KRISHKA MM
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-26
2 BLK FORM 0.2 X+80 Y+80 Z+0
3 TOOL CALL 118 Z S1500 F15
4 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX M3
5 CYCL DEF 232 FREZER. POVERKHNOSTI ~
  Q389=+2 ;STRATEGIYA ~
  Q225=+0 ;1-JA KOORD.NACH.TOCH ~
  Q226=+0 ;2-JA KOORD.NACH.TOCH ~
  Q227=+0 ;KOORD.POWIERCH. ~
  Q386=-3 ;KONECHN.TOCHKA 3 OSI ~
  Q218=+80 ;DLINA 1-OJ STORONY ~
  Q219=+80 ;DLINA 2-OJ STORONY ~
  Q202=+1 ;MAX.GLUBINA VREZAN. ~
  Q369=+0.5 ;PRIPUSK NA GLUBINU ~
  Q370=+1 ;MAX. PEREKRITIE ~
  Q207=+1500 ;PODACHA FREZER. ~
  Q385=+500 ;PODACHA CHIST. OBRABOTKI ~
  Q253=+750 ;PODACHA PRED.POZIC. ~
  Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
  Q357=+2 ;BEZOP.RASST. STORONA ~
  Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ.
6 L X+0 Y+0 R0 FMAX M99
7 CYCL DEF 257 CIRCULAR STUD ~
  Q223=+72 ;DIAM.GOTOWOJ DETALI ~
```

Q222=+114 ;DIAMETR ZAGOTOWKI ~  
Q368=+1 ;PRIPUSK NA STORONU ~  
Q207=+500 ;PODACHA FREZER. ~  
Q351=+1 ;TIP FREZEROWANIA ~  
Q201=-11 ;GLUBINA ~  
Q202=+3 ;GLUBINA WREZANJA ~  
Q206=+3000 ;PODACHA NA WREZANJE ~  
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~  
Q203=-3 ;KOORD. POVERHNOSTI ~  
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~  
Q370=+1 ;PEREKRITIE TRAEKTOR. ~  
Q376=-1 ;UGOL NACHAL.TOCHKI

8 L X+40 Y+40 FMAX M99

9 TOOL CALL 237 Z S300 F240

10 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX

11 L X+40 Y+40 FMAX

12 L Z+2 FMAX

13 L Z-35 F AUTO

14 L Z+50 FMAX

15 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX

16 TOOL CALL 105 Z S800 F400

17 L X+95 Y+40 R0 FMAX

18 L Z-6 FMAX

19 L X+70 F AUTO

20 L X+95 FMAX

21 L Z+50 FMAX

22 L X+40 Y+95 FMAX

23 L Z-6 FMAX

24 L Y+70 F AUTO

25 L Y+95 F AUTO

26 L Z+50 FMAX

27 L X-15 Y+40 FMAX

28 L Z-6 FMAX

29 L X+10 F AUTO

30 L X-5 Y+40 FMAX

31 L Z+50 FMAX

32 L X+40 Y-15 FMAX

33 L Z-6 FMAX

34 L Y+10 F AUTO

35 L Y-15 FMAX

36 L Z+200 FMAX

37 L X+200 Y+200 FMAX

38 TOOL CALL 229 Z S1000 F200

39 CYCL DEF 200 SWERLENIJE ~

Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~

Q201=-26 ;GLUBINA ~

Q206=+200 ;PODACHA NA WREZANJE ~

Q202=+5 ;GLUBINA WREZANJA ~

Q210=+0 ;WYDER. WREMENI WWER. ~

Q203=-6 ;KOORD. POVERHNOTI ~

Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~

Q211=+0 ;WYDER.WREMENI WNIZU ~

Q395=+0 ;DEPTH REFERENCE

40 CYCL DEF 220 OBRAZEC KRUG ~

Q216=+40 ;1-AJA KOORD.CENTRA ~

Q217=+40 ;2-JA KOORD.CENTRA ~

Q244=+60 ;DIAMETR OBRAZUJ. ~

Q245=+0 ;UGOL NACHAL.TOCHKI ~

Q246=+360 ;UGOL KONECHN. TOCHKI ~

Q247=+0 ;SCHAG UGLA ~

```

Q241=+4 ;CHISLO POWTORENIJ ~
Q200=+2 ;BEZOPASN.RASSTOYANIE ~
Q203=-6 ;KOORD. POVERHNOTI ~
Q204=+50 ;2-YE BEZOP.RASSTOJ. ~
Q301=+1 ;DWISH.NA BEZ.WYSOTU ~
Q365=+0 ;WID PEREMESCHENJA
41 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX M30
42 END PGM KRISHKA MM

```

Після написання програми в режимі програмування необхідно провести її тестування (рисунок Е3.3).

Тестування програми успішне, що показало її працездатність.

Програма складається з 44 кадрів при використанні 4 інструментів.

Час обробки деталі склав 15 хвилини і 15 секунд.

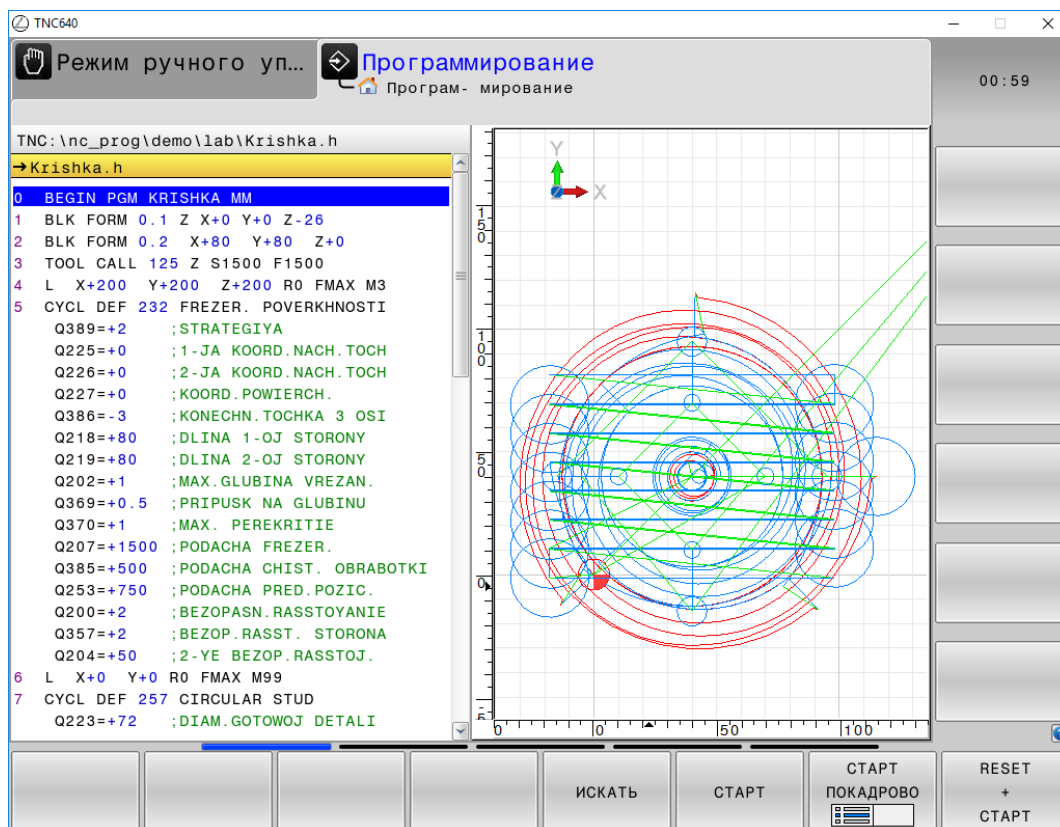


Рисунок Е3.2- Інтерфейс режиму програмування

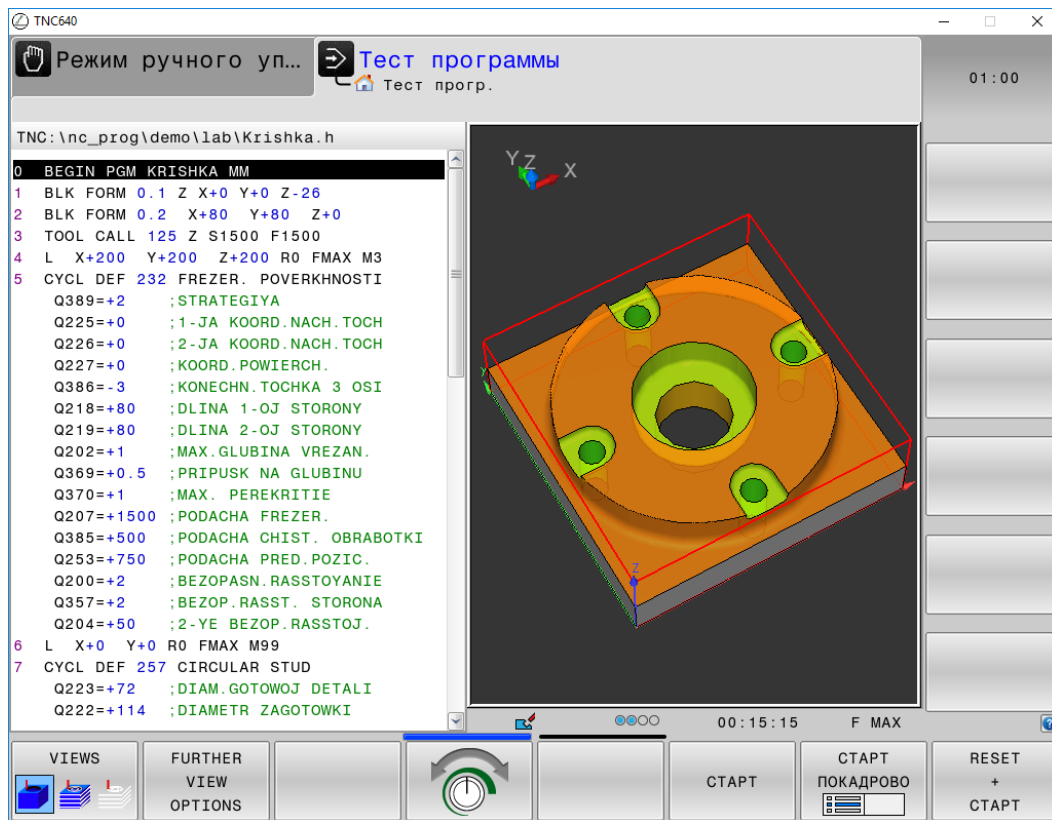


Рисунок Е3.3 – Інтерфейс режиму тестування програми

## Приклад Е 4 - Написання програми обробки деталі «Плита нижня» на верстаті з ЧПК в середовищі «HEIDENHAIN» Вихідні дані:

Деталь – «Плита нижня» (рисунок Е4.1).

Матеріал деталі – Сталь 40Х13 ГОСТ5632-72.

Квалітет точності – 14.

Виробництво – дрібносерійне.

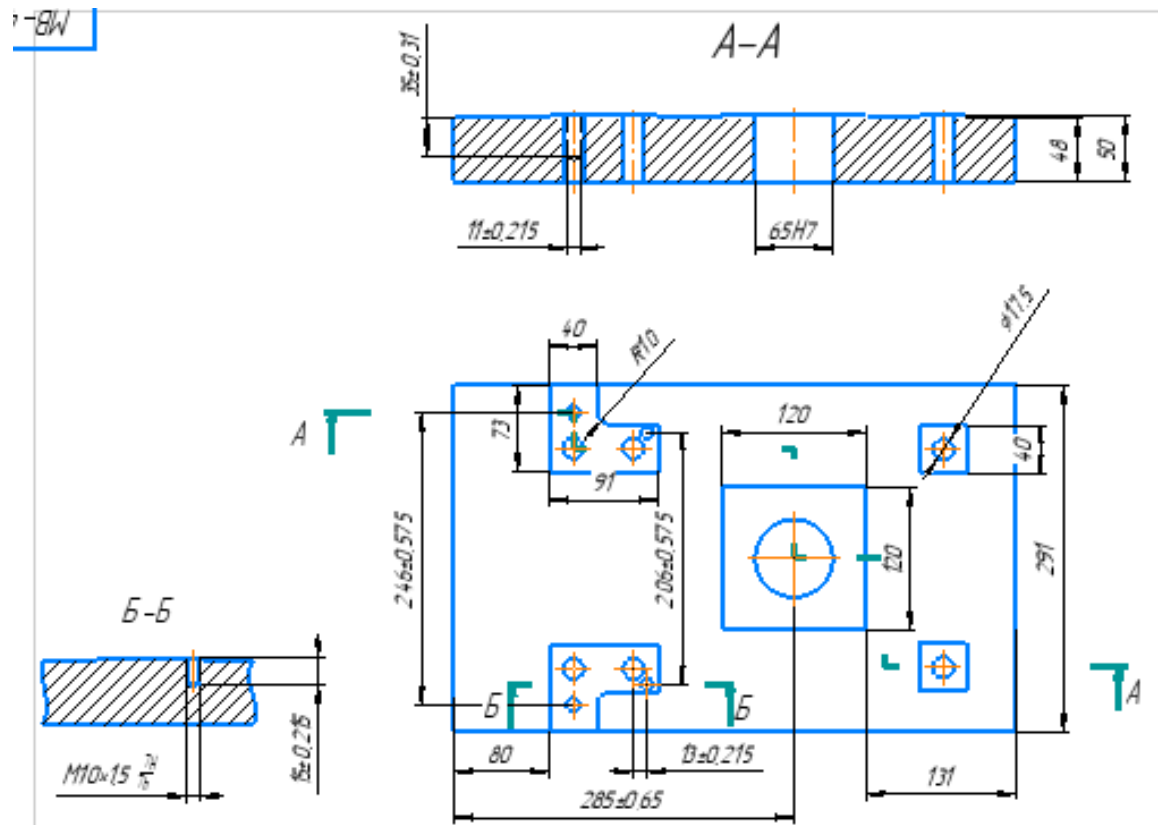


Рисунок Е4.1 – Ескіз деталі «Плита нижня»

Маршрут обробки визначаємо, виходячи з дрібносерійного виробництва, при цьому бажано використати найменшу кількість інструменту.

Складена програма виглядає наступним чином.

```

0 BEGIN PGM DETAL1 NA HHG MM
1 BLK FORM 0.1 Z X+0 Y+0 Z-50
2 BLK FORM 0.2 X+476 Y+291 Z+0
3 TOOL CALL 20 Z S255 F630
4 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX M3

```

5 CYCL DEF 232 FREZER. POVERKHNOSTI ~  
6 L X-20 Y+10 FMAX M99  
7 TOOL CALL 3 Z S1000 F630  
8 L X+200 Y+200 Z+200 R0 FMAX M3  
9 CYCL DEF 14.0 KONTUR  
10 CYCL DEF 14.1 METKA KONTURA1 /2 /3 /4 /5 /6  
11 CYCL DEF 20 DANNYJE KONTURA ~  
12 CYCL DEF 22 CHERN.OBRABOTKA ~  
13 CYCL CALL  
14 TOOL CALL 240 Z S491 F471.36  
15 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX  
16 L X+285 Y+145.5 FMAX  
17 L Z+2 FMAX  
18 L Z-55 F AUTO  
19 L Z+2 FMAX  
20 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX  
21 TOOL CALL 117 Z S191 F630  
22 CYCL DEF 252 KRUGOWOJ KARMAN ~  
23 L X+285 Y+145.5 R0 FMAX M99  
24 TOOL CALL 203 Z S411.59 F103 DL+0 DR+0  
25 CYCL DEF 240 ZENTRIROVANIE ~  
26 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~  
27 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~  
28 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~  
29 TOOL CALL 235 Z S378 F226.8 DL+0 DR+0  
30 CYCL DEF 200 SWERLENIJE ~  
31 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~  
32 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~  
33 TOOL CALL 232 Z S415.74 F187.1 DL+0 DR+0  
34 CYCL DEF 200 SWERLENIJE ~

35 CYCL DEF 221 RIADY IZ OTWIERSTIJ ~

36 L X+200 Y+200 Z+200 FMAX M30

37 LBL 1

38 L X-5 Y-5 RR

39 L Y+296

40 L X+481

41 L Y+0

42 L X+0

43 LBL 0

44 LBL 2

45 L X+225 Y+85.5 RR

46 L X+345

47 L Y+205.5

48 L X+225

49 L Y+85.5 R0

50 LBL 0

51 LBL 3

52 L Y+198.5 X+396 RL

53 L Y+238.5

54 L X+436

55 L Y+198.5

56 L X+396

57 LBL 0

58 LBL 4

59 L Y+33 X+396 RL

60 L Y+76

61 L X+436

62 L Y+33

63 L X+396

64 LBL 0



65 LBL 5  
66 L X+75 Y+0 RL  
67 L Y+78  
68 L X+166  
69 L Y+23  
70 L X+115  
71 L Y+0  
72 L X+75  
73 LBL 0  
74 LBL 6  
75 L Y+213 RL  
76 L X+75 Y+291  
77 L X+120  
78 L Y+268  
79 L X+171  
80 L Y+213  
81 L X+75  
82 LBL 0  
83 END PGM DETAL1 NA HHG MM

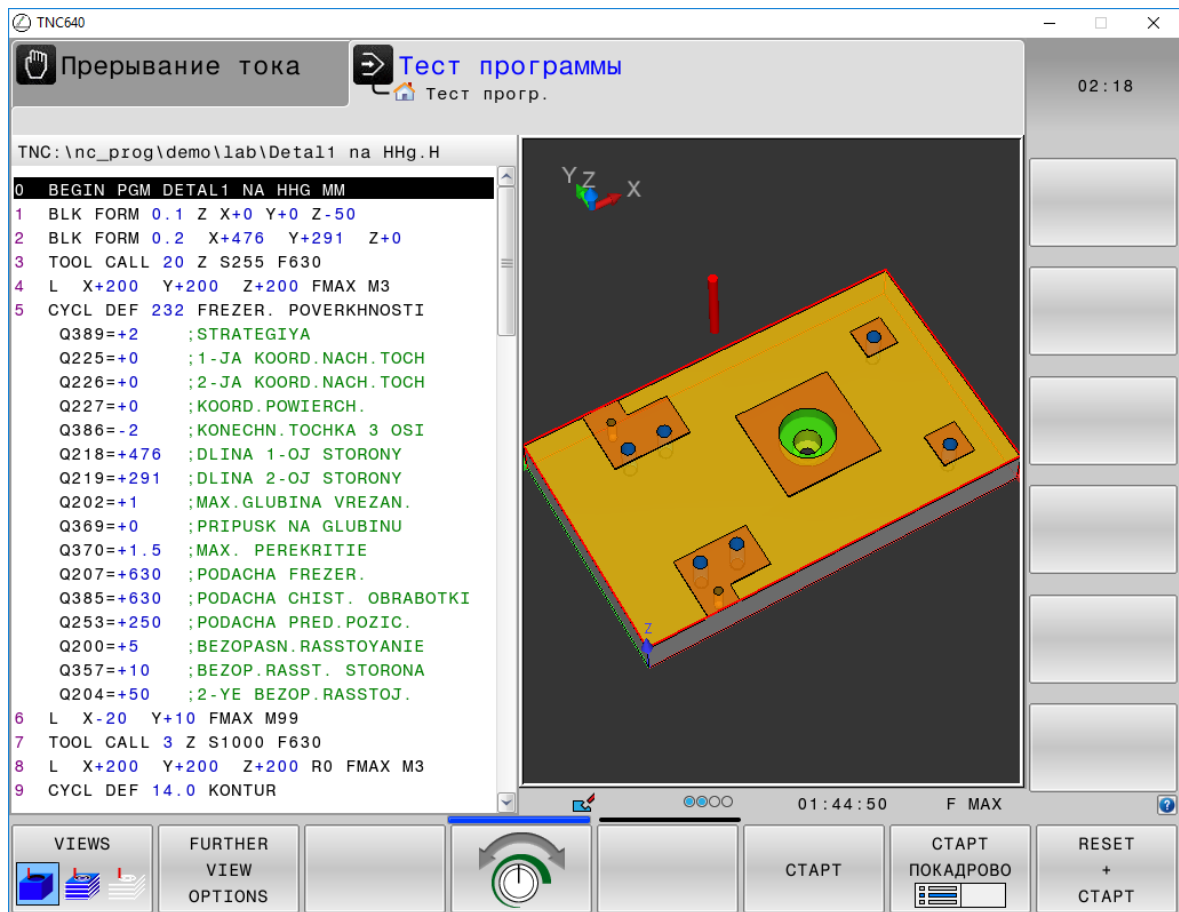


Рисунок E4.2– Интерфейс режиму тестування програми

## Список літератури

1. Руководство пользователя Heidenhain. TNC 640  
<https://www.Heidenhain.ua/>
  2. TNC 640. Руководство пользователя «Диалог открытым текстом HEIDENHAIN» [Электронный ресурс] – 2013. – Режим доступа до ресурсу:  
[http://content.heidenhain.de/doku/tnc\\_guide/pdf\\_files/TNC640/34059x-02/bhb/892903-R0.pdf](http://content.heidenhain.de/doku/tnc_guide/pdf_files/TNC640/34059x-02/bhb/892903-R0.pdf)
  3. TNC 640. Руководство пользователя. Программирование циклов – 2013.  
– Режим доступа до ресурсу:  
[http://content.heidenhain.de/doku/tnc\\_guide/pdf\\_files/TNC640/34059x-02/zyklen/892905-R0.pdf](http://content.heidenhain.de/doku/tnc_guide/pdf_files/TNC640/34059x-02/zyklen/892905-R0.pdf)
-