МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
до виконання практичних робіт з дисципліни

“Основи систем автоматизованого проєктування”

для студентів спеціальності
131 «Прикладна механіка»
освітньої програми «Технології машинобудування»
усіх форм навчання

2024

Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з дисципліни “Основи систем автоматизованого проєктування” для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. доц. Пухальська Г.В, доц. Двірник Я.О., доц. Вишнепольський Є.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024 – 61 с.

Укладачі: Пухальська Г.В., к.т.н., доц. каф. ТМБ
Двірник Я.О., к.т.н., доц. каф. ТАД
Вишнепольський Є.В., доц. каф. ТМБ

Рецензент: Козлова О.Б., к.т.н., доцент кафедри ТМБ

Відповідальний за випуск Дядя С.І., к.т.н., доцент, зав. каф. ТМБ

Затверджено на засіданні кафедри
«Технологія машинобудування»
Протокол № 1
від 06 серпня 2024 р.

Рекомендовано до видання
НМК МФ
Протокол № 1 від 27.08.2024 р.

ЗМІСТ

Практична робота №1. Ручна підготовка керуючої програми з використанням G та M кодів 4
Практична робота №2. Основи програмування процесів механічної обробки. Ознайомлення з інтерфейсом програми Sinutrain Operate, створення машини 30
Практична робота №3. Програмування токарної обробки в Sinutrain Operate 42
Практична робота №4. Програмування фрезерної та свердлильної обробки з використанням циклів в Sinutrain Operate 50
ВИМОГИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ 59
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 60
ДОДАТОК А Приклад оформлення токарного РТК 61

Практична робота №1

Ручна підготовка керуючої програми з
використанням G та M кодів

1.1 Мета роботи: Засвоєння і закріплення студентами практичних навичок розробки керуючих програм обробки деталей на токарних верстатах з ЧПК.

1.2 Необхідне обладнання та матеріали
1.2.1. Креслення деталі.
1.2.2 Інструкція для програмування.
1.2.3 Методичні вказівки до практичних робіт.

1.3 Загальні положення і відомості

1.3.1 Підготовка вихідних даних для розрахунку керуючої програми в САПР

Деталь на ескізі зображують у такому положенні, яке вона займає при обробці на даній операції. Виділяють оброблювані поверхні потовщеними лініями товщиною 2 S (S – товщина основної суцільної лінії). Визначають тип пристрою, базові поверхні. Зображають схематично або напівсхематично базування і кріплення заготовки у пристрої верстата. На ескізі проставляють операційні розміри з відхиленнями і налагоджувальні розміри, які використовують у подальшому при розрахунку координат опорних точок траєкторії руху інструменту. Проставлення розмірів виконується наступним чином: налагоджувальних - без дужок, операційних (в круглих дужках), заготовки [в квадратних дужках]. Вибирають початок системи відліку та осі координат з проставленням на операційному ескізі (рис. 1.1).

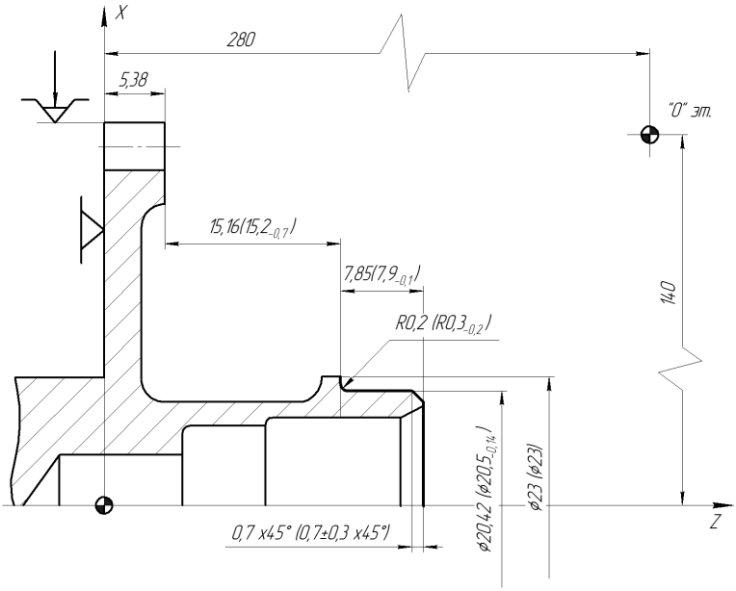


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі з налагоджувальними та операційними розмірами заготовки

Налагоджувальний розрахунковий розмір деталі визначається як середній розмір між граничними значеннями операційного розміру з заданими відхиленнями.

$$A_{настр.} = (A_{\max} + A_{\min})/2 \qquad (1.1$$

Наприклад:

Анастр. = (56,2 + 55,9)/2 = 65,05 [мм]

Приклади розрахунку налагоджувальних розмірів.

Діаметральний розмір $Ø20{,}5_{-0{,}14}$:

$$A_{настр} = \frac{20{,}5+20{,}36}{2} = 20{,}42 \text{ мм}.$$

Лінійний розмір $15{,}2_{-0{,}7}$

$$A_{настр} = \frac{15{,}2+14{,}5}{2} = 15{,}16 \text{ мм}.$$

Лінійний розмір $7{,}9_{-0{,}1}$

$$A_{настр} = \frac{7{,}9+7{,}8}{2} = 7{,}85 \text{ мм}.$$

Лінійний розмір 0,7±0,3

$$A_{настр} = \frac{1{,}0+0{,}4}{2} = 0{,}7 \text{ мм}.$$

Радіальний розмір $R = 0{,}3_{-0{,}2}$

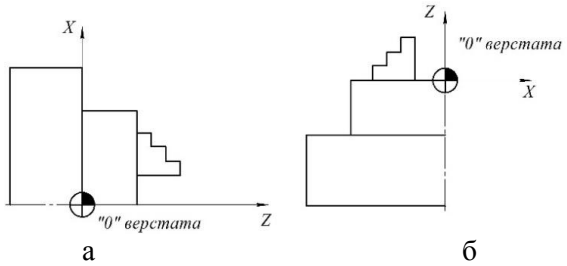
$$A_{настр} = \frac{0{,}3+0{,}1}{2} = 0{,}2 \text{ мм}.$$

Отримані дані заносимо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Налагоджувальні розміри

Операційні розміри, мм	Налагоджувальні розміри, мм
$Ø20{,}5_{-0{,}14}$	20,42
$15{,}2_{-0{,}7}$	15,16
$7{,}9_{-0{,}1}$	7,85
0,7±0,3	0,7
$R = 0{,}3_{-0{,}2}$	0,2

Як система координат верстатів токарної групи прийнята права система координат "X – Z". Початком системи відліку є точка перетину координатних осей X та Z. Вісь Z – звичайно вісь обертання шпинделя з деталлю, вісь X частіше всього сполучена з площиною планшайби, патрона або з базовою (установчою) поверхнею пристрою, що входить до комплекту верстата. Для верстатів фрезерної та свердлильної групи віссю обертання вісь Z – вісь обертання шпинделя з інструментом, вісь X – сполучена з опорною площиною пристрою.



а – для токарних верстатів з горизонтальною віссю обертання; б – для фрезерних, вертикально-розточувальних і карусельних верстатів;

Рисунок 1.2 – Система координат верстата

Позитивний напрямок осей (показано стрілками) обирається в залежності від розміщення інструментального блоку або різцетримача з інструментом, що встановлені на супорті відносно деталі.

Частіше всього позитивний напрямок осей обирається таким чином, щоб більшість переміщень інструменту здійснювались у позитивному напрямку (рис. 1.2). Це обумовлено тим, що при роботі верстата в абсолютних координатах величини координат опорних точок інструмента повинні бути завжди позитивними.

Система координат деталі може змінюватись і проходити через поверхні базування деталі на верстаті і через поверхні (отвори), відносно яких задані розміри (рис. 1.3).

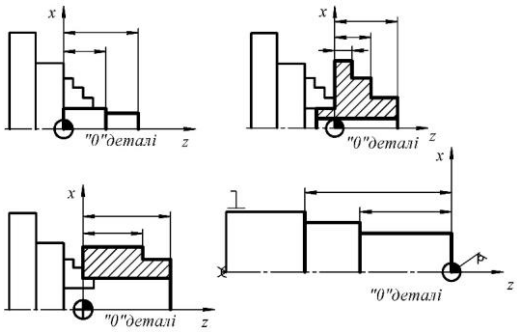


Рисунок 1.3 – Приклади розташування системи координат деталі

Визначають (задають) координати еталонного блоку, оправки або центру різцетримача і проставляють на операційному ескізі. Еталонний інструментальний блок або оправка служать для визначення вихідної точки кожного із інструментів шляхом визначення їх вильотів відносно еталону або центру різцетримача. Вихідне (нульове) положення еталона і кожного з інструментів визначається "нульовим" положенням супорта. "Нульове" положення супорта може бути фіксованим, тобто його положення визначається кінцевими вимикачами, що обмежують переміщення по кожній із осей, або "плаваючим", коли його положення визначається умовами обробки деталі. "Нульова" точка супорта - це у більшості випадків положення супорта, при якому відбувається зміна інструментів (зміна інструментальних блоків, поворот різцетримача або револьверної головки на другу позицію).

На практиці проводити відлік переміщень від "нульової" точки супорта нераціонально, тому звичайно використовують поняття "нуль" еталона, інструмента або різцетримача. "Нуль" еталона – це переріз точно оброблених взаємно перпендикулярних поверхонь призми, встановленої у блоці (рис. 1.4). "Нуль" інструмента – центр радіуса округлення вершини різця; для свердл, зенкерів та розгорток - це крайня точка, що лежить на осі інструмента. Для учбових цілей допускається задавати координати еталону або центру різцетримача довільно, з урахуванням габаритів робочої зони верстата і максимальної величини переміщень супорта.

Нульова точка інструмента (еталона) віддалена від початку координат на величину базових відстаней Xe , Ze (рис. 1.4).

Визначають налагоджувальні параметри (вильоти) кожного інструменту (рис. 1.5, 1.6) відносно еталона і октант J , у якому знаходиться різальна кромка:

$$Aim=Xem-Xim \text{ [мм]}; \quad (1.2)$$

$$Bi=Zem-Zim \text{ [мм]}. \quad (1.3)$$

Значення A і B можуть бути зі знаком (+) або (-). Параметр розміщення радіуса J може приймати значення від 1 до 8 (рис. 1.7).

Кожному інструментальному блоку присвоюють номер і

параметри настройки заносять до таблиці (див. приклад РТК у додатку 1).

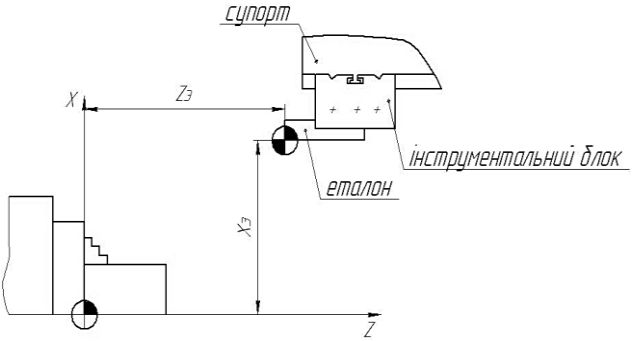


Рисунок 1.4 – Зображення нульової точки еталону

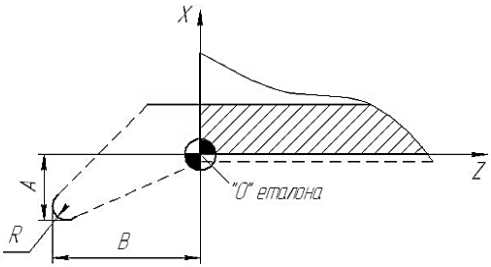
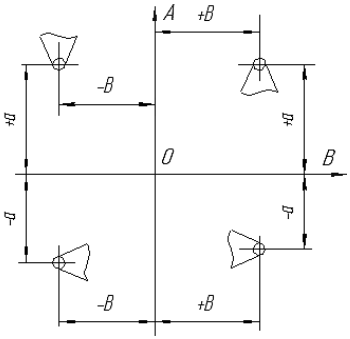


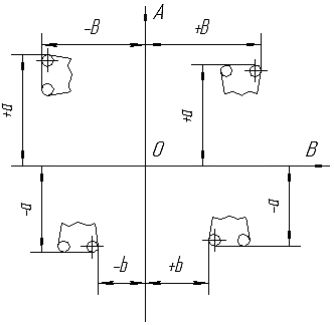
Рисунок 1.5 – Зображення вильотів інструменту

Настройка інструментів, тобто "прив'язування" геометричних параметрів інструмента до системи координат верстата, проводиться зовні робочої зони верстата на спеціальному приладі типу БВ-20І0 і зводиться до визначення вильотів інструментів відносно еталона (А і Б) та їх орієнтації (параметр J) (рис. 1.7).

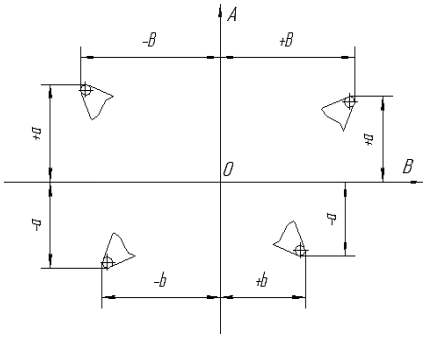
Параметри настройки інструментів відраховуються відносно еталонного інструмента, тобто його точно оброблених взаємно перпендикулярних поверхонь. Визначаються вильоти (А, В) відносно "нуля" еталона і положення (орієнтація) радіуса округлення різальних кромок інструмента (параметр j). Для цього:



а



б



в

а – вильоти для прохідного різці; б – вильоти для канавкових різців; в – для підрізних різців

Рисунок 1.6 – Зображення вильотів інструменту

Встановлюють еталонний блок у посадочне місце пристрою мікроскопа і закріплюють. При спостереженні в окуляр екран мікроскопа поділений на чотири частини (октанти) двома взаємно перпендикулярними лініями (рис. 1.7). За допомогою маховичків, які переміщують екран відносно блока, суміщують перехрестя окуляра мікроскопа з гранями еталонної призми (рис. 1.7). За шкалою лінійок, які відповідають осям X і Z і відповідним їм ноніусним шкалам, визначають координати еталона на мікроскопі Xem , Zem з точністю

до 0,01 мм. Після цього еталонний блок знімають.

По черзі на прилад встановлюють інструментальні блоки і в аналогічній послідовності провадять визначення координат Xim та Zim кожного з інструментів відносно "нуля" мікроскопа. Для різців прохідних, розточник і прорізних кромочний радіус повинен бути вписаний в один з октантів екрану (рис. 1.7), тобто взаємно перпендикулярні лінії повинні бути дотичними до кромочного радіуса. Для свердл і підрізних різців одна лінія повинна бути дотичною до радіуса, а друга - умовно розсікати кромку на дві рівних частини (рис. 1.7).

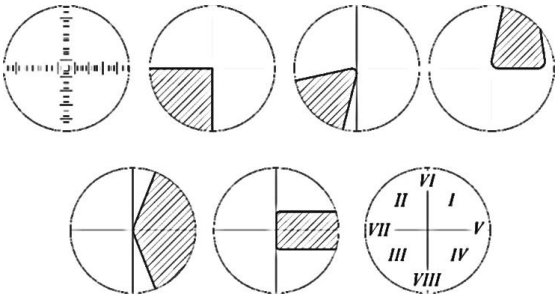


Рисунок 1.7 – Налаштування розташування інструменту на інструментальному мікроскопі

Складання плану обробки.

Особливість технології з використанням ВЧПК - високий рівень концентрації операцій, тобто можливість суміщення в межах однієї операції різних методів обробки (свердлення, точіння, розточування та ін.) різними інструментами, достатньо великої кількості технологічних переходів і робочих проходів інструменту при обробці кожної з поверхонь.

Звичайно при проектуванні операції, що виконується на ВЧПК, є велика кількість всіляких варіантів і поєднань планів і методів обробки, але з будь-якому випадку повинен бути обраний найбільш раціональний з них.

В кінцевому підсумку на характер побудови плану обробки впливають такі фактори: точність і якість поверхонь, вимоги до їх

взаємного розміщення, обсяг партії деталей, що виготовляються, форма поверхні та доступність інструмента для її обробки, розміри і матеріал заготовки, жорсткість деталі, технологічні можливості верстата та ін. За браком досвіду можна керуватись типовою і традиційною побудовою плану при обробці найбільш типових деталей (валів, втулок, фланці з, дисків, шестірень та ін.) на універсальних верстатах.

Порядок проектування плану і деякі рекомендації

Визначають методи обробки поверхонь з урахуванням можливостей даного верстата.

Попередньо визначають тип інструментів для обробки кожної з поверхонь (різець, свердло і т.д.).

Креслять в ескізах план - етапи послідовного формоутворення всіх поверхонь деталі з урахуванням конфігурації і розмірів заготовки, що поступає на операцію. При цьому на ескізах проставляють розміри з граничними відхиленнями оброблених поверхонь (довжинні, діаметральні та ін.) для кожного закінченого етапу обробки.

При складанні плану можна використовувати такі рекомендації:

- обробку доцільно починати з торцевої поверхні (якщо дана обробка не була передбачена на попередній операції) при цьому, в подальшому відлік всіх виконуваних довжинних розмірів буде провадитись від обробленої вимірювальної бази;
- якщо передбачена обробка отвору в суцільній заготовці, то доцільно використовувати попереднє центрове свердління;
- при обробці поверхонь отвору, попередньо одержаного на заготовчій операції, прийнятними методами можуть бути розсвердлювання, розточування;
- діаметр свердління отвору перед розточуванням повинен обиратись таким чином, щоб забезпечити свердління стандартним інструментом, виключи несприятливі явища при свердлінні (надто низька стійкість, великі зусилля різання, надмірне нагрівання, поломка, заклинювання свердл та ін.), і в той же час забезпечити мінімально необхідний припуск під остаточне розточування;
- при великій кількості оброблюваних заготовок остаточну обробку (кінцевий прохід) не рекомендується проводити мірним або

фасонним інструментом (свердла, зенкери, розгортки, прорізні різці, ширина яких дорівнює ширині паза), щоб виключити залежність точності розміру від зношення мірного інструменту. Наприклад, більш переважним є розточування отвору, якщо розміри останнього забезпечують доступність для розточувального інструмента; розмір ширини канавки або паза рекомендується забезпечувати декількома послідовними врізаннями прорізного різця, що менший за розміром.

Визначають загальний припуск всіх поверхонь деталі, оброблюваних на кожному етапі плану обробки (різниця між розміром поверхні заготовки і остаточним розрахунковим [налагоджувальним] розміром поверхні деталі.

Призначають кількість проходів, за які може бути проведене знімання припуску, і величину глибини різання за кожний прохід.

Розточування і точіння можна проводити за двома основними схемами. З одному випадку загальний припуск ділиться на невелике число проходів з великою глибиною різання на чорнових проходах і дещо меншою - на чистовому: обробку ведуть послідовно чорновим, а на останньому проході - чистовим різцем. Така схема може бути більш переважною при досить великій партії оброблюваних заготовок.

В іншому випадку загальний припуск ділиться на відносно велике число приблизно рівних за глибиною проходів із залишенням малого припуску під чистовий прохід: обробку ведуть одним інструментом при "щадних" режимах.

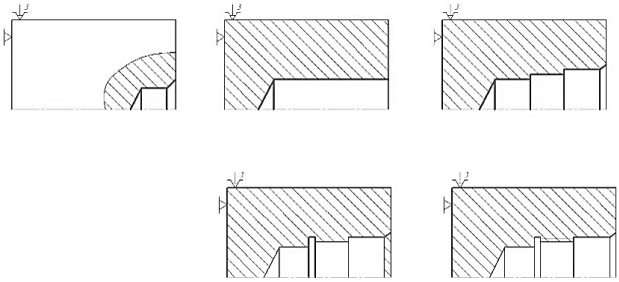


Рисунок 1.8 – Приклад формотворення внутрішніх поверхонь послідовне центрування, свердління, розточування, прорізування канавки, нарізання різі

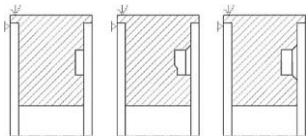
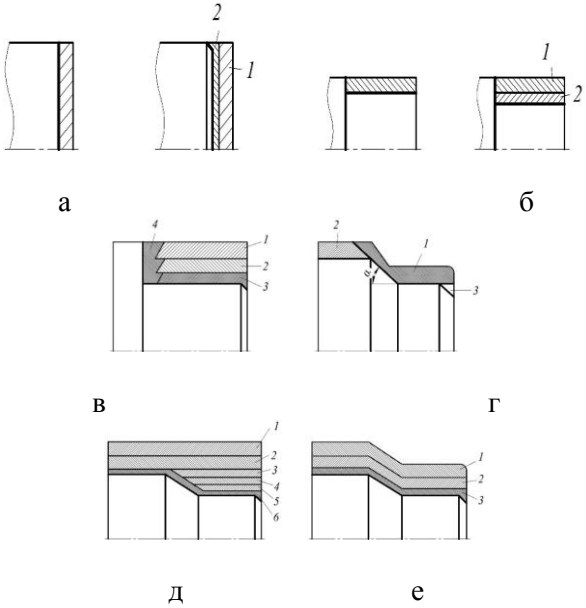


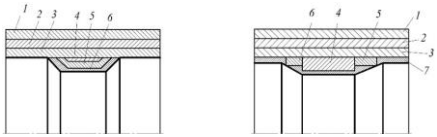
Рисунок 1.9 – Приклад формування кільцевої канавки прорізними контурними різцями

Розробка траєкторії руху інструментів

Типові схеми зняття припусків для різних поверхонь подані на рис. 1.10. Слід звернути увагу на деякі особливості при розточуванні "глухих", попередньо просвердлених отворів. Можливі і інші, відмінні від представлених, варіанти обробки.

Призначають площину безпеки (дільниця безпечного швидкого підходу інструмента до поверхні), до якої інструмент від вихідної позиції рухається на максимальній подачі холостого ходу S_{xx}. При точінні визначають площину безпеки на відстані 5-20 мм від найбільш виступаючого торця деталі або іншої поверхні (рис. 1.11).

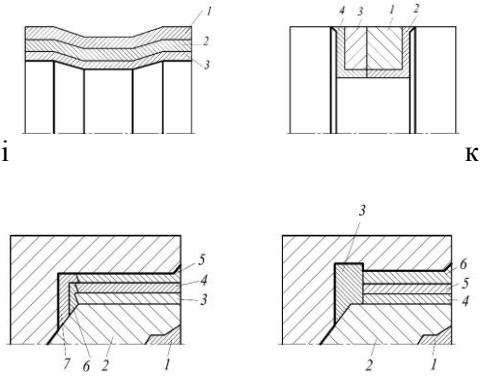




ж з

а – обробка торця в один і два проходи; б – зовнішнє точіння в один і два проходи; в – обробка в три проходи з точінням фаски і підрізкою східця; г – точіння заготовки, що повторює конфігурацію деталі (φ=α); д – заготовка пруток, обробка за схемою «вибірка»; е – заготовка, що повторює конфігурацію деталі, обробка за типом «еквідістанта»; ж – утворення фасонної поверхні при точінні прутка за схемою «вибірка»; з – формування фасонної поверхні різними типами різців;

Рисунок 1.10 - Типові схеми зняття припусків для різних поверхонь



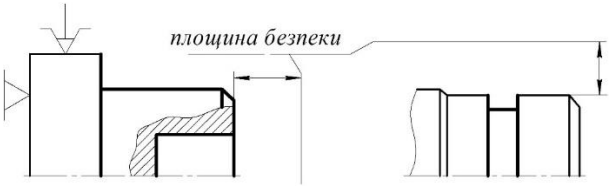
і к

л м

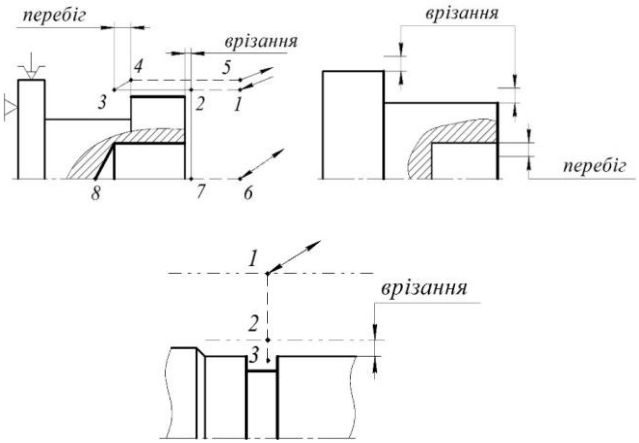
і – точіння фасонної поверхні з заготовки, що повторює конфігурацію деталі з схемою «еквідістанта»; к – проточування канавки прорізним різцем; л – послідовне центрування, свердління, розточування з обробкою фаски і «денця» отвору; м – послідовне центрування, свердління, обробка «денця» і канавки прорізним різцем, розточування.

Рисунок 1.10, аркуш 2

Призначають також величини врізання і перебігу інструмента з урахуванням розгону-гальмування і недопустимості співударянь інструмента з деталлю або пристроєм при швидких переміщеннях (рис. 1.11). Призначають контрольні точки для технологічного зупину (вистою), вимірювання зношення інструмента, введення скидання корекції, вимірювання режимів і ін.



а



б

а – приклади розташування площини безпеки; б – приклади розташування врізання та перебігу.

Рисунок 1.11 – Приклади розташування зони безпеки та траєкторії врізання

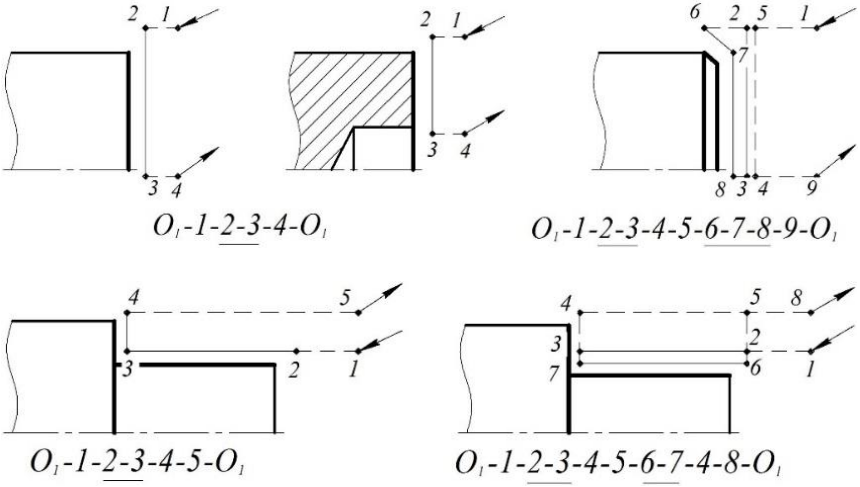
Розробляють оптимальну траєкторію руху кожного з

інструментів, а також беручи до уваги величину і траєкторію "відскоків", швидких підходів-відводів інструмента.

Траєкторія руху інструмента складається з окремих дільниць, розділених опорними точками. Опорні точки визначають зміну геометричних або технологічних характеристик траєкторії. Геометричні характеристики - зміна напрямку або виду руху (по прямій лінії або по дузі окружності). Технологічні характеристики - зміна подачі, обертів, введення-виведення коректорів, включення-виключення ЗОР та ін.

Величини "відскоків" інструмента від оброблюваної поверхні після завершення проходу приймають звичайно 0,5 = 2,0 мм. Кут "відскоку" приймається рівний 90° при обробці "на прохід", або 45°- при обробці "в упор". Необхідно пам'ятати, що зупинка інструмента в металі без плавного відводу, з також різка зміна подачі під час обробки можуть призвести до викривлення форми поверхні або до зміни шорсткості.

Далі провадять нумерацію опорних точок, починаючи з вихідної точки кожного інструменту, креслять ескізи. Типові траєкторії при обробці різних поверхонь показані на рис.1.12.



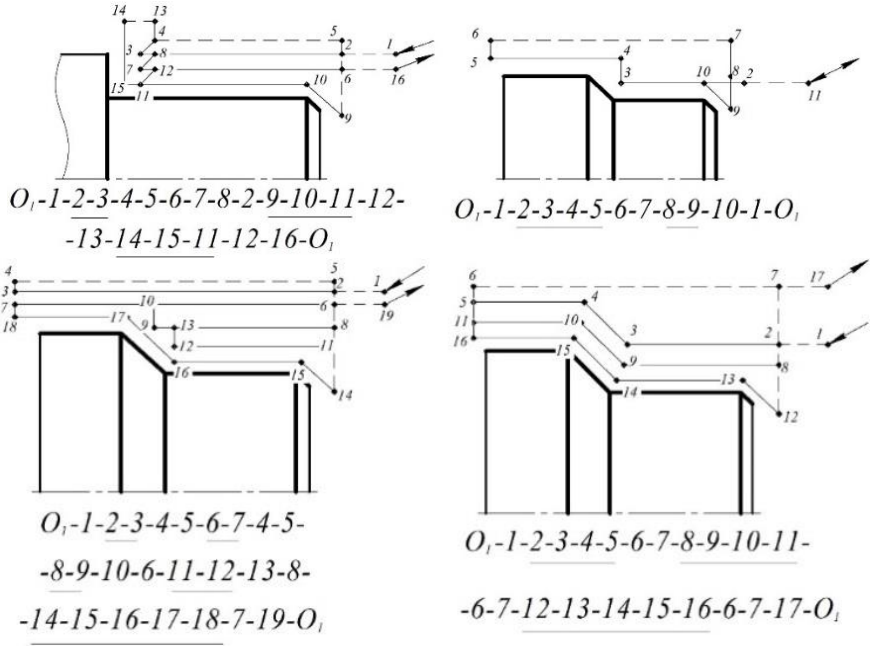
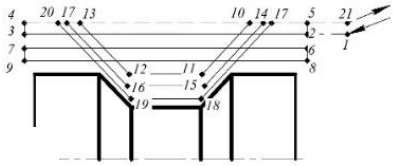
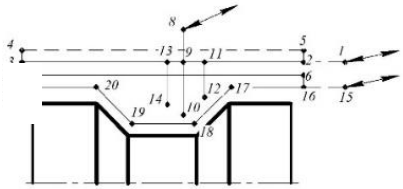


Рисунок 1.12 – Приклади траєкторії обробки поверхонь



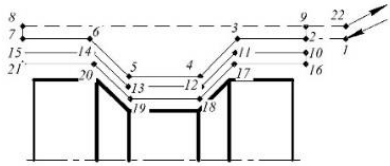
O_1-1-2-3-4-5-6-7-4-
-5-8-9-4-10-11-12-13-
-14-15-16-17-18-19-
-20-21-O_1



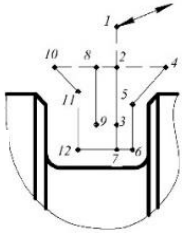
O_1-1-2-3-4-5-6-7-3-1-O_1;

O_2-8-9-10-9-11-12-11-13-14-
13-9-8-O_2;

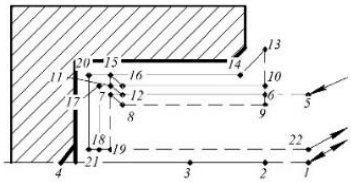
O_3-15-16-17-18-19-20-21-3-1-O_3;



O_1-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-
-14-15-8-9-16-17-18-19-20-21-8-22-O_1

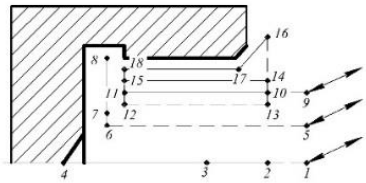


O_1-1-2-3-2-4-5-6-7-2
-8-9-8-10-11-12-7-2-1-O_1



O_1-1-2-3-2-4-O_1

O_1-5-6-7-8-9-10-11-12-6-13-14-
-15-16-17-18-19-15-20-21-22-O_1



O -2-3-1-O_1

O_2-1-2-4-1-O_2

O_3-5-6-7-8-6-5-O_3

O_4-9-10-11-12-13-14-15-
11-10-16-17-18-11-9-O_4

Рисунок 1.12, аркуш 2

Проводять остаточно раціональну компоновку необхідних видів, позицій і траєкторій РТК на аркуші стандартного формату в масштабу, який потрібен для чіткого і наочного зображення переміщень інструментів.

У лівому нижньому куті аркуша викреслюють операційній ескіз деталі з обраною системою координат. Оброблювані поверхні виділяються потовщеними лініями. Зазначаються технологічні бази, шорсткість поверхні, розрахункові налагоджувальні розміри, координати "нуля" еталонного інструмента.

Над штампом у правому куті аркуша викреслюють таблицю налагодження інструменту.

У збільшеному масштабі для кожного інструмента викреслюють ескіз оброблюваної поверхні і траєкторії руху. Траєкторія руху кожного інструмента виділяється своїм. кольором. Якщо інструментів небагато і траєкторії їх руху не є складними, то припускається їх зображення на одному ескізі.

1.3.2 Розрахунок координат та прирощень координат опорних точок, призначення технологічних команд, підготовка карти технологічної інформації (стойка Н22)

Призначаємо площину безпеки на відстані 20 мм від торця. Величини врізання приймаємо 3 мм, величини відскоків 0,5 мм.

Викреслюємо згідно схеми зняття припусків для кожної поверхні траєкторії руху кожного інструмента, присвоюємо номери опорним точкам.

Приклад опису траєкторії блок № 01: 01-1-2-3-4-01.

Провадимо остаточну компоновку РТК. У лівому нижньому куті розміщуємо операційний ескіз у правому куті над штампом - таблицю настроювання інструментів. Решту поля креслення займають збільшені види частин операційного ескізу де зображуються поверхні, що оброблюються та траєкторія обробки.

Розраховуємо координати і прирощення координат опорних точок траєкторій, починаючи з вихідної точки кожного інструмента, і заносимо до карти технологічної інформації.

Наприклад:

Точка 1:

$$X_1 = \left(\frac{23}{2} + 1{,}2\right) \cdot 200 = 2540 \text{ імп } (12{,}70 \text{ мм});$$
$$Z_1 = (20{,}54 + 7{,}85 + 10) \cdot 100 = 3839 \text{ імп } (38{,}39 \text{ мм});$$

Точка 2:

$$X_2 = X_1 = 2540 \text{ імп } (12{,}70 \text{ мм});$$
$$Z_2 = (20{,}54 + 7{,}85 + 0{,}2) \cdot 100 = 2859 \text{ імп } (28{,}59 \text{ мм});$$

Точка 3:

$$X_3 = 2 \cdot 200 = 400 \text{ імп } (2 \text{ мм});$$
$$Z_3 = Z_2 = 2859 \text{ імп } (28{,}59 \text{ мм});$$

Точка 4:

$$X_4 = X_3 = 400 \text{ імп } (2 \text{ мм});$$
$$Z_4 = (20{,}54 + 7{,}85 + 0{,}2 + 0{,}5) \cdot 100 = 2909 \text{ імп } (29{,}09 \text{ мм});$$

Точка 5:

$$X_5 = X_2 = \left(\frac{20{,}42}{2} + 0{,}2 + 0{,}15\right) \cdot 200 = 2112 \text{ імп } (10{,}56 \text{ мм});$$
$$Z_5 = Z_4 = 2909 \text{ імп } (29{,}09 \text{ мм});$$

Точка 6:

$$X_6 = X_5 = 2112 \text{ імп } (10{,}56 \text{ мм});$$
$$Z_6 = (20{,}54 + 0{,}2 + 0{,}15) \cdot 100 = 2089 \text{ імп } (20{,}89 \text{ мм});$$

Точка 7:

$$X_7 = X_1 = 2540 \text{ імп } (12{,}70 \text{ мм});$$
$$Z_7 = Z_6 = 2089 \text{ імп } (20{,}89 \text{ мм});$$

Точка 8:

$$X_8 = X_7 = 2540 \text{ імп } (12{,}70 \text{ мм});$$
$$Z_8 = Z_4 = 2909 \text{ імп } (20{,}09 \text{ мм});$$

Точка 9:

$$X_9 = 9{,}09 \cdot 200 = 1818 \text{ імп } (9{,}09 \text{ мм});$$
$$Z_9 = Z_8 = 2909 \text{ імп } (29{,}09);$$

Точка 10:

$$X_{10} = \left(\frac{20{,}42}{2} + 0{,}2\right) \cdot 200 = 2082 \text{ імп } (10{,}41 \text{ мм});$$
$$Z_{10} = 27{,}77 \cdot 100 = 2777 \text{ імп } (27{,}77 \text{ мм});$$

Точка 11:

$$X_{11} = X_{10} = 2082 \text{ імп } (10{,}56 \text{ мм});$$
$$Z_{11} = (20{,}54 + 0{,}2) \cdot 100 = 2074 \text{ імп } (20{,}74 \text{ мм});$$

Точка 12:

$$X_{12} = 11{,}18 \cdot 200 = 2336 \text{ імп } (11{,}18 \text{ мм});$$
$$Z_{12} = Z_{11} = 2074 \text{ імп } (20{,}74 \text{ мм});$$

Точка 13:

$$X_{13} = X_7 = 2540 \text{ імп } (12{,}70);$$
$$Z_{13} = 19{,}22 \cdot 100 = 1922 \text{ імп } (19{,}22).$$

Для роботи у відносній системі координат по координатам опорних точок розраховуємо прирощення за формулами:

$$\Delta_{x_i} = x_{ci} - x_{ci-1}$$
$$\Delta_{z_i} = z_{ci} - z_{ci-1}$$

де x_{ci}, z_{ci} - поточні значення, імп;

x_{ci-1}, z_{ci-1} - координати попередньої точки, імп.

Заповнюємо таблицю технологічної інформації (див. табл. 1.2): заносимо № опорних точок траєкторій, № інструментальних блоків,

величини координат і прирощень у імпульсах, зазначаємо величини подач для всіх дільниць траєкторії, у т.ч. зазначаємо всі необхідні команди управління верстатом і процесором.

Таблиця 1.2 – Таблиця технологічної інформації

№	S, мм/об	n, об/хв	Зміна блока	X, імп	Z, імп	ΔX, імп	ΔZ , імп	Приміт.
0_1		500	01					Блок№1
1	хх			2540	3839	-	-	Вкл. шпинд., Вкл. корект.
2	0,8			2540	2859	0	-980	Вкл. МОР
3	0,2			400	2859	-2140	0	-
4	0,8			400	2909	0	50	-
5	0,8			2112	2909	1712	0	-
6	0,2			2112	2089	0	-820	-
7	0,2			2540	2089	428	0	-
8	0,8			2540	2909	0	820	-
9	0,8			1818	2909	-722	0	-
10	0,2			2082	2777	264	-132	-
11	0,2			2082	2074	0	-703	-
12	0,2			2336	2074	254	0	-
13	0,2			2540	1922	204	-152	-
1	0,8			2540	3839	0	1917	Вимк. корект., МОР
0_1	хх							Вимк. шпинд.

За допомогою програмування в G кодах і паспорту ВЧПК готуємо керуючу програму.

Кожна УП починається символами % LF і закінчується символом або кадром з функцією М 102.

Кадр починається з номера кадра, який програмується адресом N і номером з 001 по 999.

За номером кадра йде при необхідності підготовча функція G, яка визначає режим роботи пристрою ЧПК. У табл. 1.3 - 1.5 приведені основні коди.

Таблиця 1.3 - Коди підготовчих основних команд

Коди	Опис	Приклад
G00 - G04	Позиціонування інструменту	
G17 - G19	Перемикання робочих площин(XY, XZ, YZ)	
G20 - G21	Не стандартизовано	
G40 - G44	Компенсація розміру різних частин інструменту(довжина, діаметр)	
G53 - G59	Перемикання систем координат	
G80 - G84	Цикли свердління, нарізання різі	
G90 - G92	Перемикання систем координат(абсолютна, відносна)	

Таблиця 1.4 – Коди допоміжних (технологічних) команд

Коди	Опис	Приклад
M00	Призупинити працю верстата до натиснення кнопки «старт» на пульті управління, так званий «технологічний останов»	G0 X0 Y0 Z100 M0;
M01	Призупинити працю верстата до натиснення кнопки «старт», якщо включений режим підтвердження останову	G0 X0 Y0 Z100 M1;
M02	Кінець програми	M02;
M03	Почати обертання шпинделя за годинниковою стрілкою	M3 S2000;
M04	Почати обертання шпинделя проти годинникової стрілки	M4 S2000;
M05	Зупинити обертання шпинделя	M5;
M06	Змінити інструмент	M6 T15;
M07	Включити додаткове охолодження	M3 S2000 M7;
M08	Включити основне охолодження	M3 S2000 M8;
M09	Вимкнути охолодження	G0 X0 Y0 Z100 M5 M9;
M30	Кінець інформації	M30;
M98	Виклик підпрограми	M98 P101;
M99	Кінець підпрограми, повернення до основної програми	M99;

Таблиця 1.5 – Коди основних команд

Коди	Опис	Приклад
G00	Прискорене переміщення інструменту(холостий хід)	G0 X0 Y0 Z100;
G01	Лінійна інтерполяція	G01 X0 Y0 Z100 F200;
G02	Кругова інтерполяція по годинникової стрілці	G02 X15 Y15 R5 F200;
G03	Кругова інтерполяція проти годинникової стрілці	G03 X15 Y15 R5 F200;
G04	Затримка на P мілісекунд	G04 P500;
G10	Задати нові координати для початку координат	G10 X10 Y10 Z10;
G11	Відміна G10	G11;
G15	Відміна G16	G15 G90;
G16	Перемикання в полярну систему координат	G16 G91 X100 Y90;
G20	Режим роботи в дюймовій системі	G90 G20;
G21	Режим роботи в метричній системі	G90 G21;
G22	Активувати встановлену межу переміщень(Верстат не вийде за їх межу).	G22 G01 X15 Y25;
G23	Відміна G22	G23 G90 G54;
G28	Повернутися на референтну точку	G28 G91 Z0 Y0;
G30	Підняття по осі Z на точку зміни інструменту	G30 G91 Z0;
G40	Відміна компенсації розміру інструменту	G1 G40 X0 Y0 F200;
G41	Компенсувати радіус інструменту ліворуч	G41 X15 Y15 D1 F100;
G42	Компенсувати радіус інструменту справа	G42 X15 Y15 D1 F100;
G43	Компенсувати висоту інструменту позитивно	G43 X15 Y15 Z100 H1 S1000 M3;
G44	Компенсувати висоту інструменту негативно	G44 X15 Y15 Z4 H1 S1000 M3;
G53	Перемкнутися на систему координат верстата	G53 G0 X0 Y0 Z0;
G54 - G59	Перемкнутися на задану оператором систему координат	G54 G0 X0 Y0 Z100;
G68	Поворот координат на потрібний кут	G68 X0 Y0 R45;
G69	Відміна G68	G69;
G80	Відміна циклів свердління(G81 - G84)	G80 Z100;
G81	Цикл свердління	G81 X0 Y0 Z - 10 R3 F100;
G82	Цикл свердління із затримкою	G82 X0 Y0 Z - 10 R3 P100 F100;
G83	Цикл свердління з відходом	G83 X0 Y0 Z - 10 R3 Q8 F100;
G84	Цикл нарізування різі	G95 G84 X0 Y0 Z - 10 R3 F1.411;
G90	Абсолютна система координат	G90 G21;
G91	Відносна система координат	G91 G1 X4 Y5 F100;
G94	F(подання) - у форматі мм/хв.	G94 G80 Z100;
G95	F(подання) - у форматі мм/об.	G95 G84 X0 Y0 Z - 10 R3 F1.411;
G98	Відміна G99	G98 G15 G90;
G99	Після кожного циклу не відходити на «підхідну точку»	G99 G91 X10 K4;

Таблиця 1.6 – Параметри команд, що задаються буквами латинського алфавіту

Коди	Опис	Приклад
X	Координата точки траєкторії по осі X	G0 X0 Y0 Z100
Y	Координата точки траєкторії по осі Y	G0 X0 Y0 Z100
Z	Координата точки траєкторії по осі Z	G0 X0 Y0 Z100
F	Швидкість робочого подання	G1 G91 X10 F100
S	Швидкість обертання шпинделя	S3000 M3
R	Радіус або параметр стандартного циклу	G1 G91 X12.5 R12.5 або G81 R1 0 R2 - 10 F50
D	Параметр корекції вибраного інструменту	M06 T1 D1
P	Величина затримки або число викликів підпрограми	M04 P101 або G82 R3 Z - 10 P1000 F50
I, J, K	Параметри дуги при круговій інтерполяції	G03 X10 Y10 I0 J0 F10
L	Виклик підпрограми з цією міткою	L12 P3

Геометрична інформація програмується під адресами X,Z,Y,I,J,K.

При роботі у прирощеннях (G 26) після адрес X і Z програмується переміщення ΔX і ΔZ.

При роботі в абсолютних координатах (G 27) після адрес X і Z програмуються абсолютні координати точок в імпульсах:

$$X_к=(X_c)МЦИ_x, \qquad (1.4)$$

$$Z_к=(Z_c)МЦИ_z. \qquad (1.5)$$

де $X_к$, $Z_к$ - координати для видачі у кадр, мм.;

X_c, Z_c - координати опорної точки, які визначаються розмірами деталі, мм.;

МЦИ - множина ціни імпульсу по відповідній вісі.

Подача у кадрі програмується під адресом F з п'ятизначним кодом, де старша цифра FNXXXX визначає діапазон подачі і може приймати значення F1XXXX або F2XXXX. Інші чотири визначають подачу, яка обчислюється по формулі, мм/хв:

$$F_к=F_{мм}\times M_д, \qquad (1.6)$$

де $F_к$ - код подачі, який програмується у кадрі;

$F_{мм}$ - подача, мм/хв;
$M_д$ - множина подачі.

У першому діапазоні подачі (F1XXXX) програмуються подачі 1…1200 мм/хв. У другому - 0,05...60 мм/хв.

Для першого діапазону $M_д = 1$, для другого $M_д = 20$.

Оберти шпинделя програмуються під адресою S трьохзначним кодом. Старша цифра коду SNXX визначає наявність при SIXX контролю або відсутність при SOXX контролю вибору обертів. Інші дві цифри визначають код обертів по паспорту верстата. Код інструменту визначається номером позиції револьверної головки або кодом кодової пластинки інструментального блока.

Корекція інструменту програмується за адресою L двозначним кодом LNп. Старша цифра визначає вид корекції: L1п - корекція відноситься до осі X; L2п - до осі Z; L3п - по осях X і Z одночасно.

Молодша цифра визначає номер коректуючого перемикача для осей X і Z на пульті ЧПК і змінюється від 1 до 9.

Корекція в імпульсах набрана на коректуючому перемикачі пульта ЧПК, сумується алгебраїчно з геометричною інформацією під адресами X і Z у кадрі. Корекцію можна програмувати тільки на лінійних переміщеннях (G01, G10). Для виводу корекції, зміни знаку корекції, набраний на коректуючому перемикачі використовується функція G40.

Послідовність адрес у кадрі для H22 NGXZIKFSTML (G58).

Якщо інформація під якою - небудь з адрес не програмується, ця адреса у кадрі не вказується. Не допускається програмування двох однакових адрес в одному кадрі. Інші обмеження по програмуванню - у відповідності з інструкціями на кожен верстат.

Іноді, доречно використовувати введення плаваючого нуля, це дозволяє значно зменшити холості переміщення інструменту, це можно використовувати тільки для верстатів які підтримують використання цієї функції.

Приклад оформлення та розрахунку координат «Зміщеного нуля».

Розрахунок ведеться за формулами:

$$X_{"см0"} = \left(\frac{23}{2} + 1{,}2 - 0{,}2\right) \cdot 200 = 2500 \text{ имп } (12{,}5 \text{ мм});$$

$$Z_{"см0"} = (5{,}38 + 15{,}16 + 7{,}85 + 10 + 20 - 0{,}2) \cdot 100 =$$
$$= 5890 \text{ имп.} (58{,}90 \text{ мм})$$

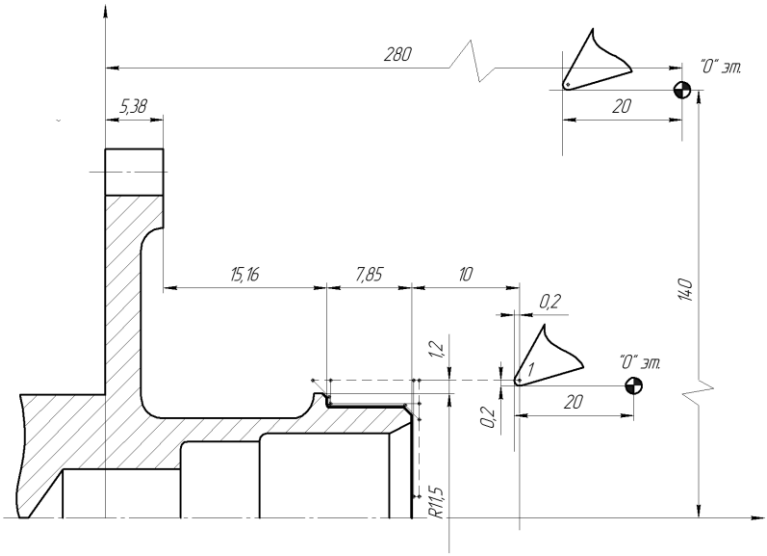


Рисунок 1.13 – Схема налаштування координат «зміщеного нуля»

Програма в прирощеннях.

```
%
N901 T101 M106
N010 G27
N015 Z+ 007770 F70000 G58
N020 S022 M103
N025 X+002540
N030 G26
N035 G01 Z – 00980 F10400 T102 M108 L31
N040 X – 02140 F10100
N045 Z + 00050 F10400
N050 X + 01712
N055 Z – 00820 F10100
N060 X + 00308
N065 Z + 00820 F10400
```

N070 X – 00722
N075 X + 00264 Z – 00132 F10100
N080 Z – 00703
N085 X + 00254
N090 X + 00204 Z – 00152
N095 G40 Z + 01917 F10400 M109 L31
N100 G25 X + 999999 M105
N105 G25 Z + 999999
N110 M102

1.4 Порядок виконання практичної роботи

1.4.1 Одержати завдання у викладача.

1.4.2 Вивчити ескіз деталі.

1.4.3 Вибрати ріжучий інструмент і розрахувати режими різання.

1.4.4 Визначити координати опорних точок і прирощення координат

1.4.5 Розрахувати координати «зміщеного нуля»

1.4.6 Заготовити карту підготовки даних.

1.4.7 Розробити керуючу програму за допомогою 7-бітного кода (ГОСТ 13052-74).

1.4.7 Оформити звіт

1.5 Контрольні питання

1.5.1 Що таке настройковий розмір і як він визначається?

1.5.2 Дати визначення понять «нуль» еталона, «нуль» інструменту?

1.5.3. Дати визначення опорних точок?

1.5.4 Назвати основні G функції?

1.5.6 Як закодувати подачу?

1.5.7 Що таке площина безбеки, як і для чого вона задається?

1.5.8 Що таке вильоти інструменту *a* і *b*, та параметр орієнтації ріжучої кромки J?

1.5.9 Що таке еквідістанта?

1.5.10 Назвати основні допоміжні функції?

Практична робота №2

Основи програмування процесів механічної обробки.
Ознайомлення з інтерфейсом програми Sinutrain Operate, створення машини.

2.1 Мета роботи: Ознайомитись з інтерфейсом та отримати базові навички роботи з програмою Sinutrain Operate v4.7.

2.2 Необхідне обладнання та матеріали
2.2.1 ПК.
2.2.2 Програма Sinutrain Operate v4.7.
2.2.3 Токарний верстат з ЧПК моделі Zenitech WL 320.
2.2.4 Методичні вказівки до практичних робіт.

2.3 Загальні положення і відомості

Для програмування і виконання механічної обробки на верстаті з ЧПК необхідно розглянути системи координат, в якій відбувається безпосереднє переміщення органів управління. На рис. 2.1 представлена схематичне зображення систем координат для токарного верстата з ЧПК.

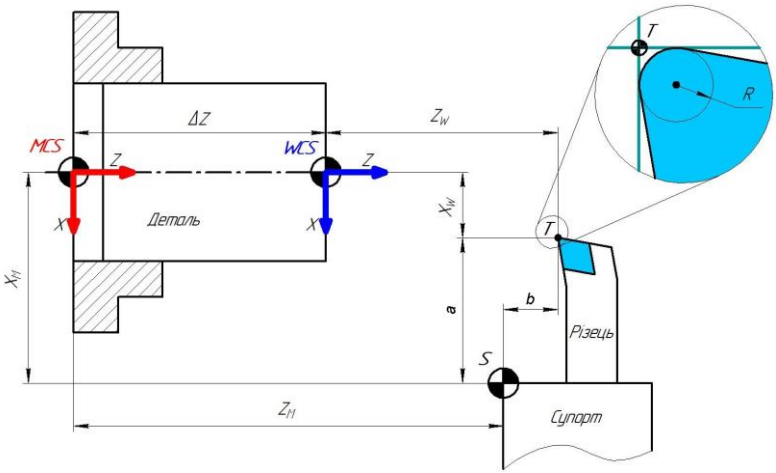


Рисунок 2.1 – Схема систем координат токарного верстата з ЧПК

Незалежно від типу і моделі металорізального обладнання, початковою точкою відліку є нуль верстата (MSC - machine coordinate system), що задає машинну систему координат. Її розташування залежить від типу і моделі верстата і задається виробником. Щодо даної точки відбувається поздовжнє і поперечне переміщення супорта з інструментом. При цьому точка S також має фіксоване положення на супорті і задається виробником. Таким чином, незалежно від того який інструмент встановлюється на супорт, машинні координати X_M, Z_M завжди визначають положення супорта щодо нуля верстата (MSC). На супорті встановлюється інструмент. При цьому в якості нуля інструменту вибирається точка T, яка є точкою перетину дотичних до ріжучих крайок (рис. 2.1). Переміщення даної точки в системі координат верстата програмується при створенні керуючої програми.

Залежно від типу, форми, розмірів інструменту, а також його способу кріплення на даному верстаті, положення нуля інструменту T щодо нуля супорта S визначається довжинами вильоту a, b. Для даних значень на верстаті з ЧПК передбачена таблиця настройки інструменту для їх введення і збереження. Також серед параметрів інструменту є параметр радіуса при вершині R. Оскільки програмне керування верстата здійснюється в машинних координатах (щодо точки MSC), знаючи значення a, b система ЧПК виробляє управління вершиною різця, забезпечуючи його правильне положення щодо нуля верстата.

Також на верстаті з ЧПК вводять додаткову систему координат WCS (working coordinate system) - робочу систему координат. Оскільки точка нуля верстата MSC як правило знаходиться в недоступному для вимірювального інструмента місці, для можливості прив'язки траєкторії обробки до оброблюваної деталі, а також для зручності програмування, на верстаті з ЧПК є можливість призначити положення робочої системи координат WCS по розсуду програміста. Це дозволяє створювати керуючу програму, не прив'язуючись до конструктивних особливостей верстата, що значно спрощує процес її створення і програмування.

Для токарного верстата з ЧПК, як правило, положення робочої системи координат WCS (нуль деталі) розташоване на осі обертання шпинделя, тому її положення щодо нуля верстата MSC задається параметром зсуву ΔZ. Таким чином, створювана керуюча програма для верстата з ЧПК визначає переміщення вершини різця T в робочій

системі координат щодо нуля деталі (WCS), задаючи координати інструменту X_W, Z_W. Оскільки верстат здійснює управління приводами в машинної системі координат MSC, використовуючи задані довжини вильоту інструменту a, b, а також зміщення робочої системи координат ΔZ, система ЧПК автоматично виробляє перетворення координат положення інструменту в робочій системі координат (X_W, Z_W) в машинні координати (X_M, Z_M), забезпечуючи механічну обробку деталі відповідно до написаної технології.

Для настройки верстата з ЧПК на обробку, необхідно задати правильні параметри вильоту інструменту a, b, а також зміщення робочої площини WCS щодо нуля верстата MSC. Для цього існує три основних способи настройки:

- налаштування за допомогою вимірювального щупа. З цією метою на верстаті передбачається вимірювальна головка, що має фіксоване положення щодо нуля верстата MSC. В ході налаштування інструмент в ручному режимі підводиться в вимірювальної голівці і запускається режим вимірювання, в результаті якого верстат обчислює фактичні параметри вильоту інструменту a, b;
- налаштування за допомогою інструментального мікроскопа. Даний метод використовується в разі встановлення інструменту в інструментальне оправлення, що має фіксовані розміри. Параметри вильоту інструменту вимірюються на мікроскопі щодо фіксованої точки оправлення, а потім вводяться в таблицю настройки інструменту в ручному режимі;
- визначення параметрів вильоту інструменту здійснюється за торкання з пробною деталлю. Для цього встановлюють заготовку, в ручному режимі здійснюють підведення інструменту з деталлю до торкання. Після чого, використовуючи інтерфейс управління верстата з ЧПК, проводиться обчислення параметрів вильоту інструменту a, b з урахуванням його поточного становища.

Для настройки положення робочої площини WCS як правило застосовується спосіб торкання з деталлю, коли інструментом здійснюють дотик з оброблюваним матеріалом і використовуючи програмні клавіші управління на стійці ЧПК виробляють установку робочої системи координат з урахуванням поточного стану інструменту, обчислюючи параметри зміщення (ΔZ). Принцип роботи програми Sinutrain Operate подібний віртуальній машині. Головне вікно програми (рис. 2.2) містить список створених віртуальних

«машин» - верстатів, в яких виконується моделювання та програмування механічної обробки.

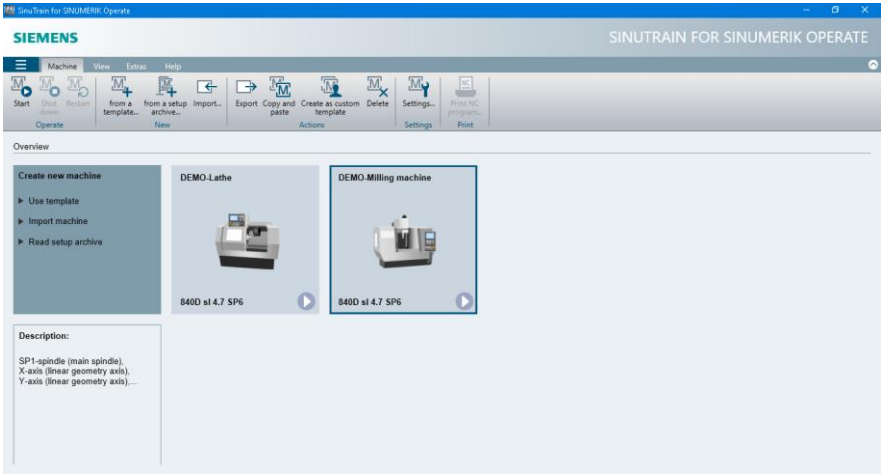


Рисунок 2.2 – Головне вікно програми

Для моделювання роботи верстата з ЧПК необхідно створити віртуальний верстат, використовуючи команду Use template в меню програми Create new machine. У вікні необхідно вибрати параметри моделюємого верстата (рис. 2.3).

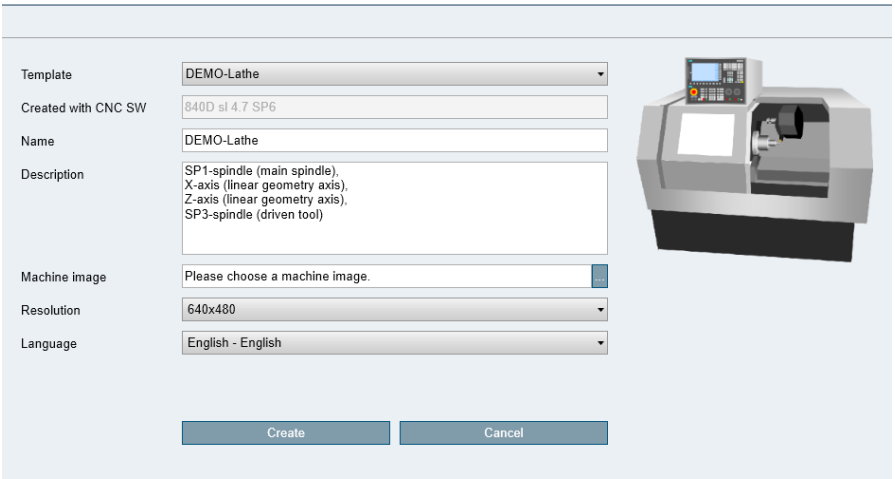


Рисунок 2.3 – Створення віртуальної машини

Які параметри необхідно вказати:
- Template - вид металорізального верстата; доступні різні види токарних і фрезерних верстатів з ЧПК;
- Name - ім'я створюваної машини, що відображається в головному вікні програми;
- Description - опис параметрів верстата; за замовчуванням дано опис осей верстата з можливістю редагування тексту опису;
- Machine image - завдання файлу зображення верстата в головному вікні програми;
- Resolution - дозвіл вікна віртуальної машини верстата, яке визначається кількістю точок по горизонталі і вертикалі;
- Language - мова інтерфейсу віртуальної стійки з ЧПК.

Після визначення всіх параметрів і натисканні кнопки Create, створена віртуальна машина буде відображатися в головному вікні програми з вказаним ім'ям. Для запуску віртуальної машини необхідно на її зображенні в правому нижньому кутку натиснути кнопку Start this machine. В результаті на екрані з'явиться інтерфейс стійки ЧПК Sinumeric 840D з зображенням стандартних елементів управління. Головне вікно (рис. 2.4) відповідає екрану реальної стійки з ЧПК з відображенням інформації про стан верстата і виконанні поточних операцій.

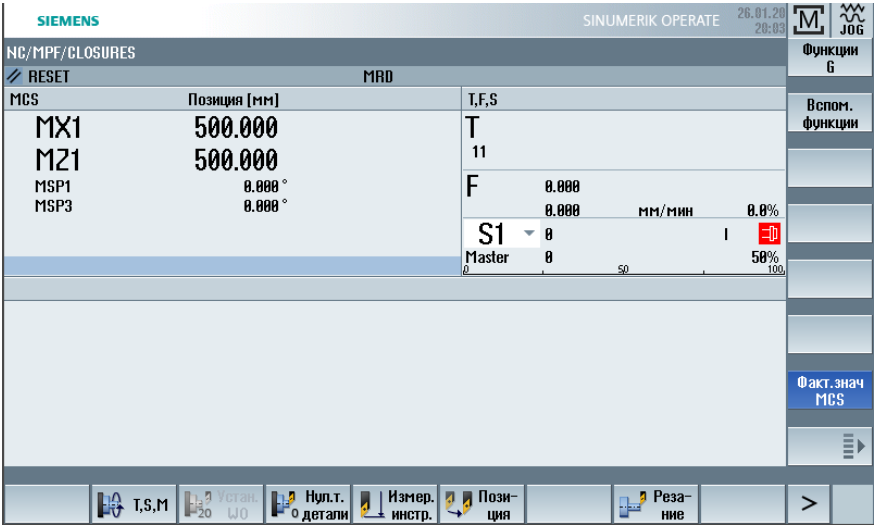


Рисунок 2.4 – Головне вікно управління

У ньому є програмні клавіші, розташовані знизу і праворуч на екрані. Їх опис і призначення буде дано нижче. На рис. 2.5 представлено зображення модельованої основної клавіатури управління стійки з ЧПК.

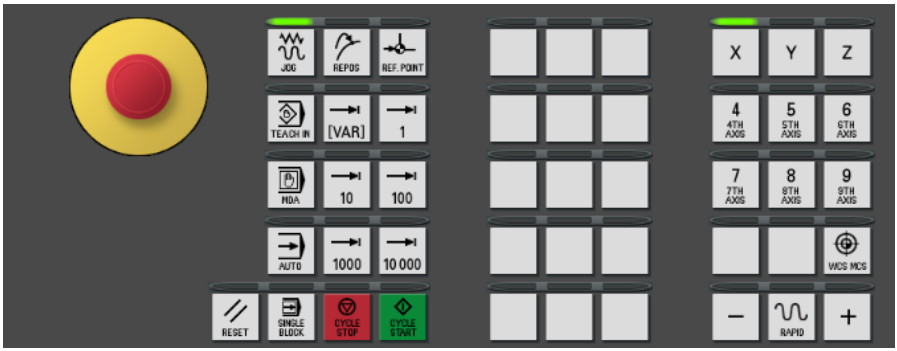


Рисунок 2.5 – Основні органи управління

Велика червона кнопка зліва використовується для екстреної зупинки роботи верстата. При роботі віртуальної машини зупиняє виконання поточної програми.

Малі зелена і червона кнопки внизу використовуються для запуску і зупинки виконання керуючої програми на верстаті з ЧПК. Клавіші VAR, 1, 10, 100, 1000, 10000 задають дискретність переміщення супорта в мікронах при ручному управлінні переміщеннями.

Клавіша Reset здійснює програмне скидання в початковий стан стійки ЧПК.

Клавіша Single Block включає покадровий режим відпрацювання програми. Для виконання кожного наступного кадру згідно з програмою, необхідно натискати зелену кнопку Cycle Start.

Клавіша Ref. Point включає режим реферування - калібрування осей верстата.

Клавіша Repos використовується для зміни положення органів верстата в ручному режимі.

Клавіша Jog активує ручний режим управління верстатом, використовуючи органи управління.

Клавіша MDA використовується для ручного введення команди в G-кодах і її запуску на виконання.

Кнопка Auto активує режим виконання програми в автоматичному режимі.

Клавіші X, Y, Z, а також 4, 5, 6, 7, 8, 9 використовуються для ручного управління осями верстата.

Клавіші WCS MCS здійснює перемикання відображуваних координат, відповідних робочої і машинної системи координат.

Клавіші +, - використовуються для ручного переміщення супорта відповідно в позитивному і негативному напрямках обраної осі.

Клавіша RAPID дозволяє активувати ручне переміщення супорта з прискореної подачею.

Також на панелі стійки з ЧПК присутні органи ручного регулювання процентовки шпинделя і подачі (рис. 2.6), що визначають на скільки відсотків задані в програмі обробки величини подачі і частоти обертання шпинделя будуть відпрацьовані на верстаті.

Рисунок 2.6 – Органи управління процентовки шпинделя і подачі

Червоні і зелені клавіші процентовки здійснюють включення і повне відключення осей шпинделя і переміщення супорта. Додаткові клавіші управління стійкою з ЧПК представлені на рис. 2.7.

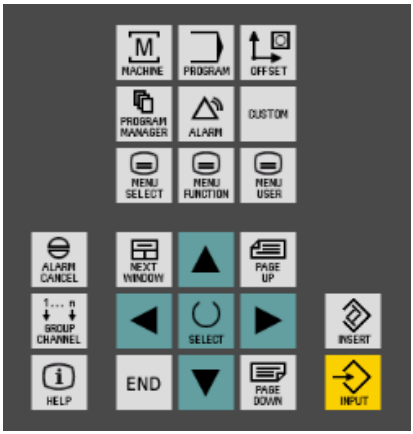


Рисунок 2.7 – Додаткові клавіші управління

Жовта кнопка Input здійснює введення текстової інформації, а також переміщення курсору на наступний рядок в редакторі керуючої програми.

Зелені клавіші зі стрілками використовуються для переміщення між параметрами у вікні управління верстатом з ЧПК.

Клавіша Select використовується для зміни значення параметра у разі, якщо останній задається лише за вибраними значеннями.

Клавіші END, PAGE UP, PAGE DOWN, INSERT аналогічні клавішам на клавіатурі персонального комп'ютера.

Клавіша NEXT WINDOW використовується для перемикання між різними вікнами налаштувань стійки з ЧПК.

Клавіша HELP здійснює виклик довідки у вікні редактора керуючої програми.

Клавіша ALARM CANCEL здійснює програмне скидання текстового повідомлення про помилку, що виникає в процесі роботи стійки з ЧПК.

Клавіша MACHINE здійснює перемикання інтерфейсу на основне вікно стійки з ЧПК, де відображаються основні параметри: поточні координати супорта, задана і фактична частота обертання шпинделя, задана і фактична величина подачі, поточний інструмент, поточна програма обробки і т.д.

Клавіша PROGRAM MANAGER відображає менеджер папок і файлів керуючих програм, що зберігаються на стійці з ЧПК.

Кнопка MENU SELECT включає основне меню в нижній частині екрана стійки з ЧПК.

Клавіша PROGRAM відображає вікно редагування поточної програми обробки.

Клавіша OFFSET відображає вікно настройки ріжучого інструменту.

Клавіша ALARM відображає вікно з зафіксованими повідомленнями про помилки з докладним описом.

Клавіші CUSTOM і MENU USER використовуються для індивідуальної настройки вікон, які відображуються з необхідними параметрами відповідно до вимог кінцевого користувача, задаються адміністратором системи.

Програмний комплекс Sinutrain Operate, аналогічно стійці з ЧПК Sinumerik 840D, має безліч вікон налаштувань. Для настройки

верстата з ЧПК і написання програми обробки нижче наведені основні розділи параметрів верстата. Вікно настройки інструменту (рис. 2.8) відображає список заданого за замовчуванням ріжучого інструменту з можливістю редагування останнього. Для виклику необхідно натиснути клавішу OFFSET або через MENU SELECT \ Параметри. В налаштуваннях можна задати вид, тип, форму інструменту, а також його геометричні розміри.

Рисунок 2.8 – Вікно настройки ріжучого інструменту

Вікно менеджера програм представлено на рис. 2.9. Тут наведено список всіх створених користувачем папок і файлів керуючих програм з програмними клавішами створення і редагування файлів. Викликається клавішею PROGRAM MANAGER або через MENU SELECT \ Програма.

Рисунок 2.9 – Вікно менеджера програм

2.4 Порядок виконання практичної роботи

2.4.1 Ознайомитись з призначенням верстата, його технічними характеристиками та органами керування верстата.

2.4.2 Ознайомитись із системою координат токарного верстата з ЧПК: машинні та робочі координати (рис. 2.1).

2.4.3 Ознайомитись зі способами наладки різального інструменту: налагодження на мікроскопі, налагодження за допомогою вимірювальної головки, налагодження по оброблюваній деталі.

2.4.4 Ознайомитись з клавіатурою і структурою дисплею.

2.4.5 Керування інструментом: створення і завантаження інструментів в магазин.

2.5 Контрольні питання

2.5.1 Система координат верстату; дати визначення?

2.5.2 Як здійснюється узгодження системи координат деталі з осями верстата?

2.5.3 Осі верстату; осі каналу?

2.5.4 Назвіть клавіші панелі оператору; стандартна клавіатура?

2.5.5 Верстатний пульт, кнопка аварійного вимкнення?

2.5.6 Режими роботи і функції верстату?
2.5.7 Управління подачею; управління шпинделями?
2.5.8 Структура дисплею; індикація управління програмою?
2.5.9 Що таке відсоткова корекція подачі?
2.5.10 Як програмується число обертів шпинделя?
2.5.11 Способи налагодження інструменту на верстаті з ЧПК?

Практична робота №3

Програмування токарної обробки в Sinutrain Operate

3.1 Мета роботи: Отримати базові навички проектування токарної операції за допомогою програми Sinutrain Operate v4.7.

3.2 Необхідне обладнання та матеріали
3.2.1 ПК.
3.2.2 Програма Sinutrain Operate v4.7.
3.2.3 Методичні вказівки до практичних робіт.
3.2.4 Комплект індивідуальних завдань.

3.3 Загальні положення і відомості

Приклад створення програми обробки в Sinutrain Operate v4.7 На рис. 3.1 наведено креслення заготовки і готової деталі, яку потрібно виконати на токарному верстаті з ЧПК.

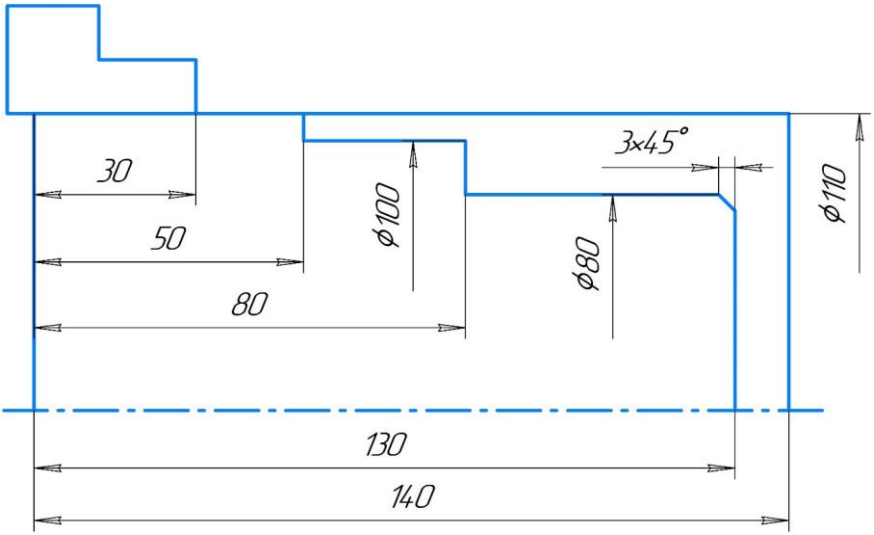


Рисунок 3.1 – Креслення деталі

Після запуску Sinutrain Operate, створення віртуальної машини верстата і запуску останньої, необхідно перейти в розділ **Program Manager.** У вікні, необхідно створити файл керуючої програми. Для цього на екрані з панеллю управління праворуч натиснути клавішу **Новий.** У вікні вводимо ім'я папки, в якій буде міститися файл керуючої програми (prg1) і натискаємо **ОК**. У вікні створення файлу програми необхідно вибрати тип - **Головна програма MPF** (Main Program File), в поле **Ім'я** вказати ім'я створюваного файлу (PRG1). Необхідно переконатися, що на правій екранної панелі натиснута клавіша **programGUIDE G-код.** Після натискання клавіші **ОК** відкриється редактор керуючих програм, в якому необхідно здійснити набір команд.

Першим етапом створення керуючої програми є вибір робочої системи координат, який здійснюється виходячи з форми заготовки та зручності програмування. Для даного приклада нуль деталі вибирається як лівий торець заготовки. Далі, першою командою керуючої програми (УП) є відведення супорта з інструментом на безпечну відстань для виконання подальшого вибору і зміни ріжучого інструменту. Для цього необхідно ввести наступну команду:

G0 G90 G95 X300 Z300 T0 D0

Даний кадр включає прискорений хід супорта (G0), переміщення в абсолютній системі координат (G90), завдання подачі в одиницях мм/об (G95). X300, Z300 - координати точки, куди переміщується інструмент - вибираються виходячи з розмірів заготовки і особливостей роботи верстата. T0 D0 - відключення функції коректорів інструменту.

Наступним етапом є завдання заготовки. Для цього на нижній екранній панелі вибирається клавіша **Різне**, і на правій екранній панелі - **Заготівля**. У вікні необхідно вказати тип заготовки - **Циліндр**, діаметр заготовки - 110 мм, координата правого центру заготовки **ZA** - 140 мм, відстань між лівим і правим торцем - в абсолютних або відносних координатах (вибираємо в відносних - встановлюємо значок **ІНК** і вказуємо значення -140 мм). Величина **ZB** - вказує величину заготовки без урахування довжини, затиснутою в кулачковому патроні - вказуємо величину -105 мм в режимі **ІНК** (визначається за кресленням деталі з урахуванням безпечної відстані).

Після завдання всіх параметрів натискаємо кнопку **Перенести**. Введені символи дозволять вказати правильне розташування заготовки щодо робочої системи координат.

Наступний крок - вибір і зміна різального інструменту. Для цього в нижній екранній панелі необхідно натиснути клавішу **Редагування**, а в правій екранній панелі клавішу **Вибрати інструмент.** У вікні необхідно вибрати інструмент зі списку доступного. При відсутності необхідного оснащення, слід перейти в настройки ріжучого інструменту і створити новий. Для даної деталі вибираємо перший в списку (**ROUGHING_T80 A**) і натискаємо клавішу **ОК.** Після завдання оснащення необхідно виконати програмування траєкторії переміщення інструменту.

Першою командою буде прискорене підведення різця до деталі для підрізання торця (G0 X120 Z130 S700 M4). В даному кадрі також здійснюється завдання числа обертів шпинделя в об/хв (S700) і включення обертання шпинделя проти годинникової стрілки (M4). Далі йде робочий хід інструмента з підрізуванням торця (G1 X0 Z130 F0.4). В даному кадрі G1 - лінійна інтерполяція з робочою подачею, X0 Z130 - кінцеві координати інструменту, F0.4 - величина робочої подачі в мм/об.

Далі виконуємо прискорене відведення різця від деталі (G0 X0 Z132). Наступний етап - точіння шийки діаметром 100 мм. Для цього здійснюємо прискорене підведення інструменту в початкову позицію (G0 X100 Z132) і робочий хід (G1 X100 Z50 F0.4). Оскільки в даному прикладі поглиблення різця в заготівлі становить 5 мм (див. рис. 2.1), для підрізування торця необхідно відвести інструмент перпендикулярно деталі з робочою подачею (G1 X115 Z50 F0.4). Далі необхідно здійснити точіння шийки діаметром 80 мм. Для цього виконуємо вивід інструменту в початкову позицію з подальшим робочим ходом і підрізуванням торця:

G0 X115 Z132
G0 X80 Z132
G1 X80 Z80 F0.4
G1 X105 Z80 F0.4

Останнім етапом написання керуючої програми є відведення інструменту в безпечне положення, зупинка рухомих органів управління і закінчення роботи програми:

G0 X300 Z300
M5 M2

де M5 – зупинка обертання шпинделя,
M2 – кінець програми.

На рис. 3.2 показано вікно програми з повним лістингом керуючої програми.

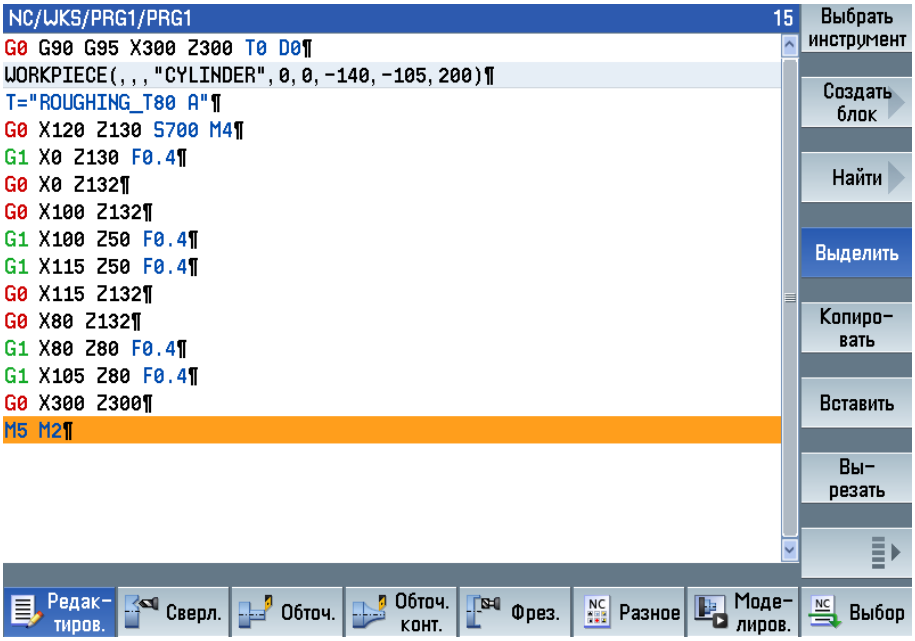


Рисунок 3.2 – Лістинг керуючої програми обробки

З метою подальшого коригування, а також пошуку можливих виникаючих помилок необхідно пронумерувати рядки керуючої програми. Для цього в правій екранної панелі вибираємо клавішу

Перенумерувати (в разі відсутності останньої необхідно перегорнути праву панель клавішею зі стрілкою внизу). У вікні необхідно вказати перший номер кадру і розмір кроку для автоматичної нумерації (залишаємо значення за замовчуванням) і натискаємо **ОК** (перед виконанням перенумерації курсор повинен стояти в першому рядку програми). В результаті програмний код набуде вигляду, який показаний на рис. 3.3.

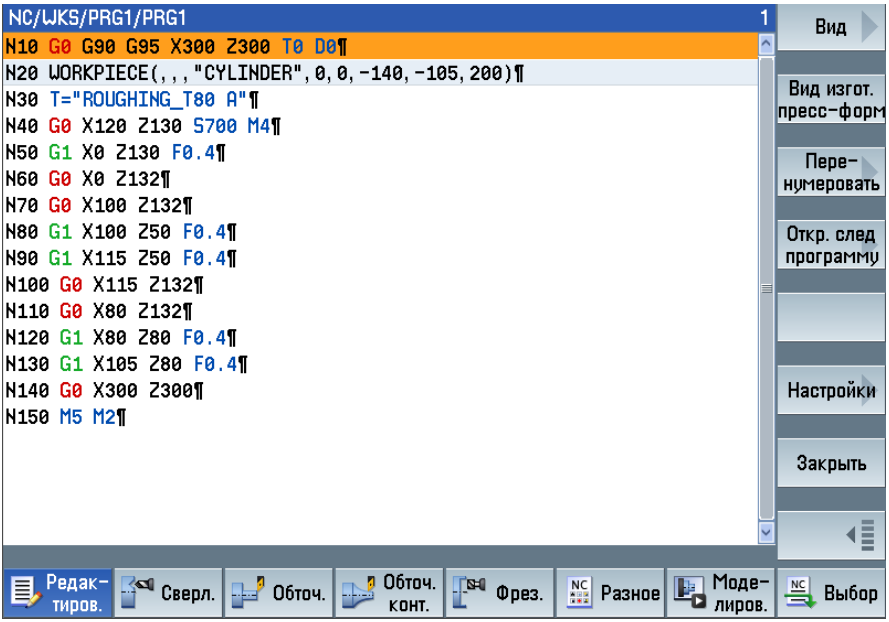


Рисунок 3.3 – Програмний код з пронумерованими кадрами УП

Останнім кроком написання та перевірки керуючої програми є моделювання обробки з коригуванням помилок в разі потреби. Для цього в нижній екранної панелі необхідно натиснути клавішу **Моделювання**. В результаті відкриється вікно моделювання обробки, в якому виконається відображення рухів інструменту з формуванням поверхонь деталі згідно з програмою. На рис. 3.4 показаний результат моделювання заданої деталі.

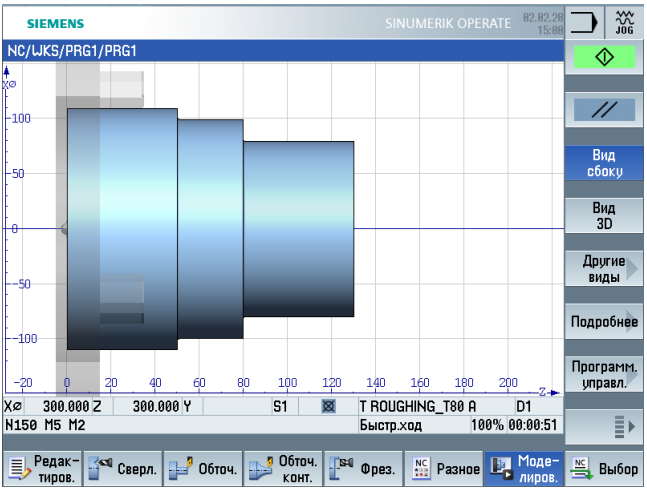


Рисунок 3.4 – Моделювання механічної обробки

У разі помилок в керуючій програмі при виконанні моделювання програма виконає останов із зазначенням повідомлення про помилку (рис. 3.5).

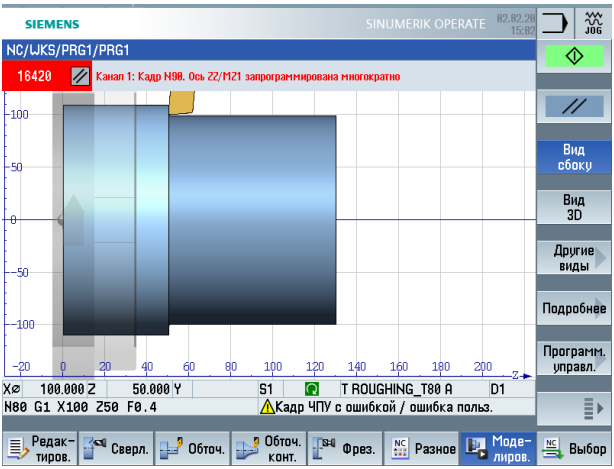


Рисунок 3.5 – Приклад виникнення помилки в результаті моделювання

У повідомленні про помилку вказано номер карда, в якому виявлено помилку, що дозволяє легко її знайти в тексті УП і виправити (в даному прикладі помилка знаходиться в кадрі під номером N90). Для цього на нижній екранної панелі необхідно натиснути клавішу **Редагування.**

3.4 Порядок виконання практичної роботи

3.4.1 Отримати у викладача варіант завдання (див. п.3.5).

3.4.2 За допомогою програми Sinutrain Operate v4.7 спроектувати токарну операцію та отримати керуючу програму в G- кодах.

3.4.3 Захистити звіт.

3.5 Комплект індивідуальних завдань

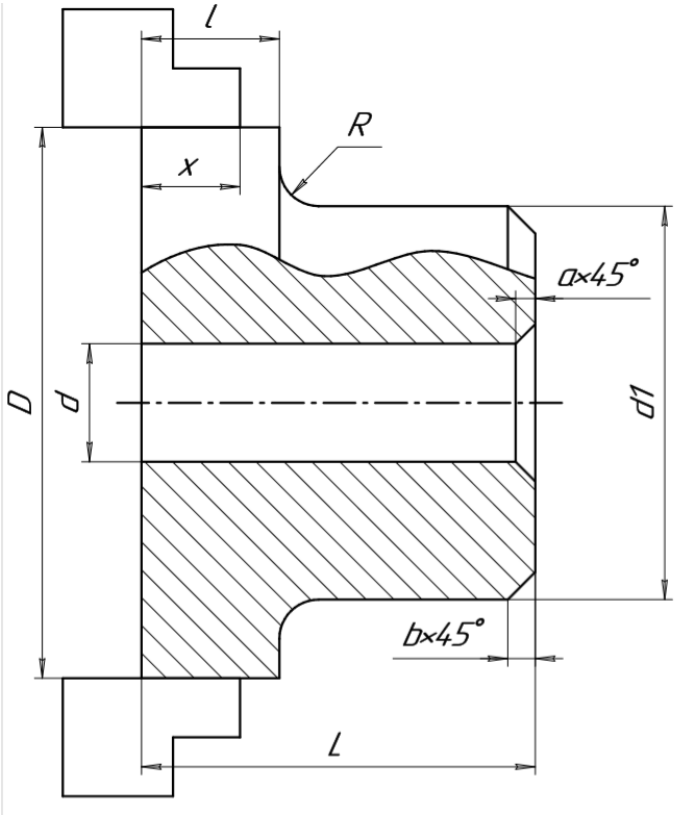


Таблица 3.1 – Вихідні дані

№ вар.	D	d	d1	L	l	x	a	B	R
1	140	10	70	120	32	25	3	3	5
2	140	11	69,5	115	34	25	4	3	6
3	140	12	69	110	36	25	5	3	7
4	140	13	68,5	105	38	25	3	3	8
5	140	14	68	100	40	25	4	3	9
6	140	15	67,5	120	32	25	5	3	10
7	135	10	67	115	34	25	3	3	5
8	135	11	66,5	110	36	25	4	3	6
9	135	12	66	105	38	25	5	3	7
10	135	13	65,5	100	40	25	3	3	8
11	135	14	70	120	32	25	4	3	9
12	135	15	69,5	115	34	25	5	3	10
13	130	10	69	110	36	25	3	3	5
14	130	11	68,5	105	38	25	4	3	6
15	130	12	68	100	40	25	5	3	7
16	130	13	67,5	120	32	25	3	3	8
17	130	14	67	115	34	25	4	3	9
18	130	15	66,5	110	36	25	5	3	10
19	125	10	66	105	38	25	3	3	5
20	125	11	65,5	100	40	25	4	3	6
21	125	12	70	120	32	25	5	3	7
22	125	13	69,5	115	34	25	3	3	8
23	125	14	69	110	36	25	4	3	9
24	125	15	68,5	105	38	25	5	3	10
25	120	10	68	100	40	25	3	3	5
26	120	11	67,5	120	32	25	4	3	6
27	120	12	67	115	34	25	5	3	7
28	120	13	66,5	110	36	25	3	3	8
29	120	14	66	105	38	25	4	3	9
30	120	15	65,5	100	40	25	5	3	10

3.5 Контрольні питання

3.5.1 Як записуються оператори у кадрі?

3.5.2 Як визначаються елементи мови програмування?

3.5.3 Які символи використовуються для створення програми?

3.5.4 Яка структура та довжина кадру?

3.5.5 Головний та допоміжний кадри?

3.5.6 Назвіть адреси, які ви знаєте?

3.5.7 Що таке абсолютний та відносний розміри?

Практична робота №4

Програмування фрезерної та
свердлильної обробки з використанням циклів в Sinutrain Operate

4.1 Мета роботи: Отримати базові навички проектування фрезерної операції за допомогою програми Sinutrain Operate v4.7.

4.2 Необхідне обладнання та матеріали
4.2.1 ПК.
4.2.2 Програма Sinutrain Operate v4.7.
4.2.3 Методичні вказівки до практичних робіт.
4.2.4 Комплект індивідуальних завдань.

4.3 Загальні положення і відомості. Приклад фрезерної обробки

На рис. 4.1 наведено ескіз деталі для виконання фрезерування по контуру і свердління масиву отворів. У табл. 4.1 вказані параметри готової деталі відповідно до варіанту.

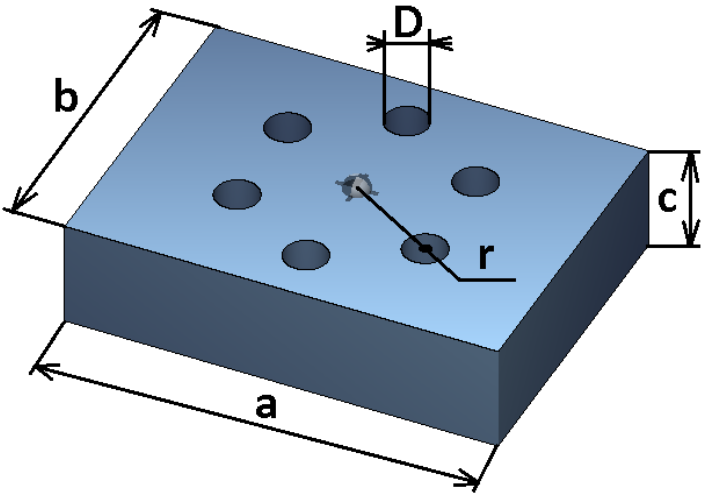


Рисунок4.1 - Ескіз деталі

Таблиця 4.1 - Вихідні дані

№	a, мм	b, мм	c, мм	r, мм	D, мм
1	200	150	50	60	10
2	190	140	48	50	10
3	180	130	46	60	10
4	170	120	44	50	10
5	160	150	42	60	10
6	200	140	40	50	10
7	190	130	50	60	10
8	180	120	48	50	10
9	170	150	46	60	10
10	160	140	44	50	10
11	200	130	42	60	10
12	190	120	40	50	10
13	180	150	50	60	10
14	170	140	48	50	10
15	160	130	46	60	10
16	200	120	44	50	10
17	190	150	42	60	10
18	180	140	40	50	10
19	170	130	50	60	10
20	160	120	48	50	10

Нижче наведено приклад створення програми для фрезерної обробки. В якості вихідних даних узятий 20-й варіант з табл. 4.1.

Першим етапом є створення віртуальної машини фрезерного верстата в програмній оболонці Sinutrain Operate v4.7. Дані, які необхідно ввести аналогічні створенню токарній обробці, за винятком параметра Template, який необхідно вказати як DEMO-Milling machine.

Далі необхідно створити файл керуючої програми в розділі Program Manager із зазначенням типу керуючої програми programGUIDE G-код, вказавши ім'я файлу (frez). У вікні редактора керуючої програми необхідно ввести відповідний код обробки.

Першою серед команд необхідно ввести команду відведення шпинделя з інструментом на безпечну відстань:

G0 G90 G94 X200 Y200 Z200 T0 D0

У цьому рядку команда G0 - прискорений хід, G90 - включення режиму завдання абсолютних координат, G94 - завдання величини робочої подачі в одиницях мм/хв, T0 D0 - відключення коректорів інструменту. Координати переміщення X200 Y200 Z200 є точкою

безпечного положення інструменту, в якій буде здійснена зміна останнього, і розташування якої залежить від параметрів верстата і розташування, і габаритів заготівлі.

Наступним етапом є завдання заготовки. Для цього в нижній екранної панелі необхідно вибрати команду **Різне,** а в правій - **Заготівля.** У вікні завдання заготовки необхідно вказати параметр **Заготовка - Квадрат** (рис. 4.2).

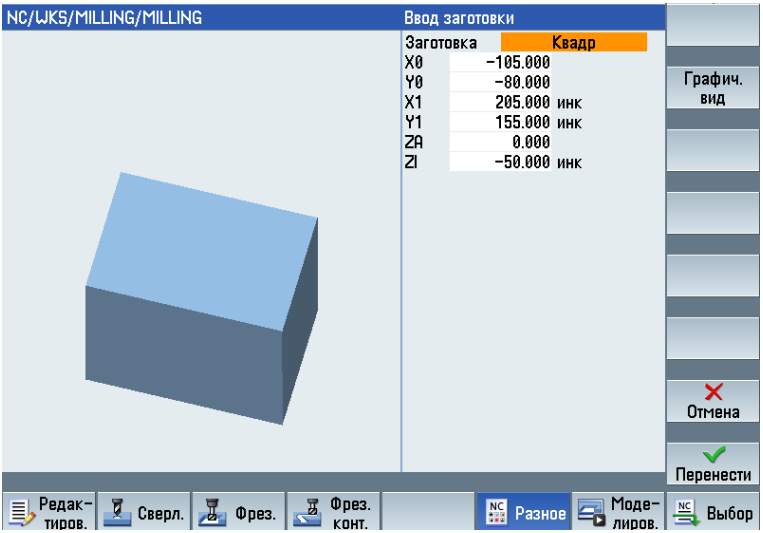


Рисунок 4.2 - Параметри заготовки

Параметри X0, Y0 задають початкову точку заготовки, X1, Y1 - кінцева точка заготовки в площині XY. Параметр ZA задає положення верхньої площини заготовки по осі Z. Параметр Zl визначає положення нижньої площини заготовки. Для правильного завдання координат заготовки необхідно врахувати:

- положення нуля деталі, розташоване в даному прикладі в центрі на верхній площині заготовки (рис. 4.1);
- величину припуску на обробку, задану на розсуд викладача (в даному прикладі прийнятий рівним 2 мм на сторону в площині XY).

Таким чином, знаючи розміри деталі, задані в табл. 4.1, координати заготовки візьмуть такі значення (все значення вводяться в абсолютних координатах):

X0 = -82
Y0 = -62
X1 = 82
Y1 = 82
ZA = 0
Zl = -48

В результаті введення параметрів заготовки в програмному коді сформується наступний рядок:

WORKPIECE(,"",,"BOX",112,0,-48,-80,-82,-62,82,62)

Далі в програмі слід вибір і зміна різального інструменту. Для цього в нижній екранної панелі вибирається команда **Редагування,** а в правій **- Вибрати інструмент**. Зі списку доступних інструментів вибираємо кінцеву фрезу, діаметром 20 мм (CUTTER 20).

Після вибору інструменту вказуємо в програмі команду зміни інструменту (M6). Таким чином, команда зміни інструменту має наступний вигляд:

T="CUTTER 20" M6

Далі здійснюємо включення оборотів шпинделя з фрезою і подачі МОР аналогічно токарній обробці:

S1000 M3 M8

Далі здійснюється програмування траєкторії руху інструменту з метою обробки деталі по контуру з формуванням поверхонь відповідно до заданих розмірів. Для зручності програмування рекомендується намалювати вручну траєкторію руху інструменту з метою правильного обчислення координат точок траєкторії. При

цьому слід врахувати діаметр інструмента, обраного для обробки. Для виконання фрезерування деталі вводяться нижче наведені команди:

- підведення інструменту на прискореній подачі в вихідну точку (до лівої нижньої точки заготовки в площині XY):

G0 X-90 Y-65 Z5

- занурення інструменту на задану глибину, здійснюється на робочій подачі (в цілях безпеки); глибина визначається висотою заготовки:

G1 Z-50 F1000

- фрезерування лівого торця деталі:

G1 Y70

- фрезерування верхнього торця деталі (в площині XY):

G1 X90

- фрезерування правого торця деталі:

G1 Y-70

- фрезерування нижнього торця деталі (в площині XY) з виходом фрези з контакту з останньої:

G1 X-100

- підйом інструменту на безпечну висоту:

G1 Z5

- відведення інструменту на безпечну відстань на прискореній подачі:

G0 X200 Y200 Z200

- останов шпинделя і відключення МОР:

M5 M9.

Наступним кроком є свердління отворів згідно ескізу (рис. 4.1). Для цього необхідно здійснити зміну інструменту і вибрати свердло діаметром 10 мм (DRILL 10). Команда на зміну і вибір інструменту прийме наступний вигляд:
T="DRILL 10" M6

Далі здійснюється включення оборотів шпинделя і подача МОР:

S500 M3 M8

Для свердління отвору в даній програмі використовується вбудований цикл свердління. Для його введення необхідно в нижній екранної панелі вибрати команду **Свердління**, а в правій - **Свердлення розгортання**. У вікні необхідно ввести наступні параметри циклу обробки (рис. 4.3):
- введення - повн. (використання всіх доступних параметрів);
- PL – G17 (XY) – площину свердління отворів;
- RP – 10 – розташування площині безпеки;
- SC – 2 – розташування площині врізання в деталь;
- вибір Зразок позиції (MCALL) - вказівка свердління декількох отворів;
- Z0 – 0 – координата початку свердління;
- вибір Вістря - розрахунок глибини свердління здійснюється по лезу конуса свердла;
- Z1 – 60 – глибина свердління отворів - визначається висотою заготовки з урахуванням свердління наскрізного отвору;
- Сквоз. сверл - так - вказівка свердління наскрізних отворів;
- ZD – 5 інк - вказівка величини залишкового свердління, на якій здійснюється зниження робочої подачі до величини FD = 50% (див. рис. 4.3).

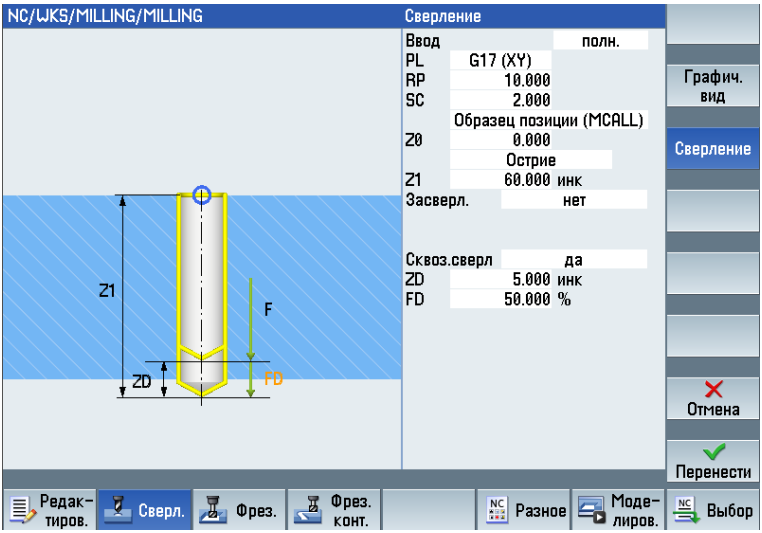


Рисунок 4.3 - Параметри циклу свердління

В результаті визначення всіх параметрів команда циклу свердління прийме наступний вигляд:

MCALL CYCLE82(10,0,2,,60,0.6,0,1,11,1000,1,50,5,50)

Подальше введення координат траєкторії переміщення програма буде інтерпретувати як координати свердління отворів. Для свердління масиву отворів застосовується команда створення масиву - для цього в нижній екранної панелі виконуємо команду **Свердл**., а в правій - **Позиції**. Потім серед доступних позицій вибираємо команду масиву по колу (використовуючи відповідний значок на правій екранної панелі). В параметрах масиву вказуємо початковий кут розташування масиву **α0 = 30**, кількість отворів (**N=6**) і радіус кола розташування отворів (**R=50**). Інші параметри залишаємо за замовчуванням (рис. 4.4).

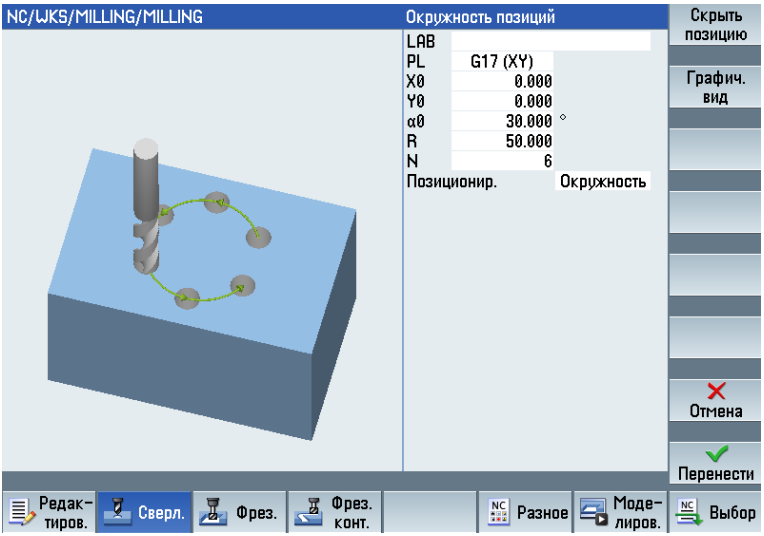


Рисунок4.4 - Параметри масиву отворів

Після введення всіх параметрів команда масиву отворів прийме наступний вигляд:

HOLES2(0,0,50,30,30,6,1010,0,,,1)

Для завершення циклу свердління необхідно ввести команду MCALL.

Останнім кроком є відведення інструменту в безпечну позицію і завершення роботи програми:

G0 X200 Y200 Z200
M30

При необхідності можна здійснити автоматичну нумерацію рядків програми аналогічно точінню.

Для моделювання програми обробки виконуємо команду **Моделювання.** В результаті програма змоделює рухи інструменту і ескіз обробленої деталі (рис. 4.5).

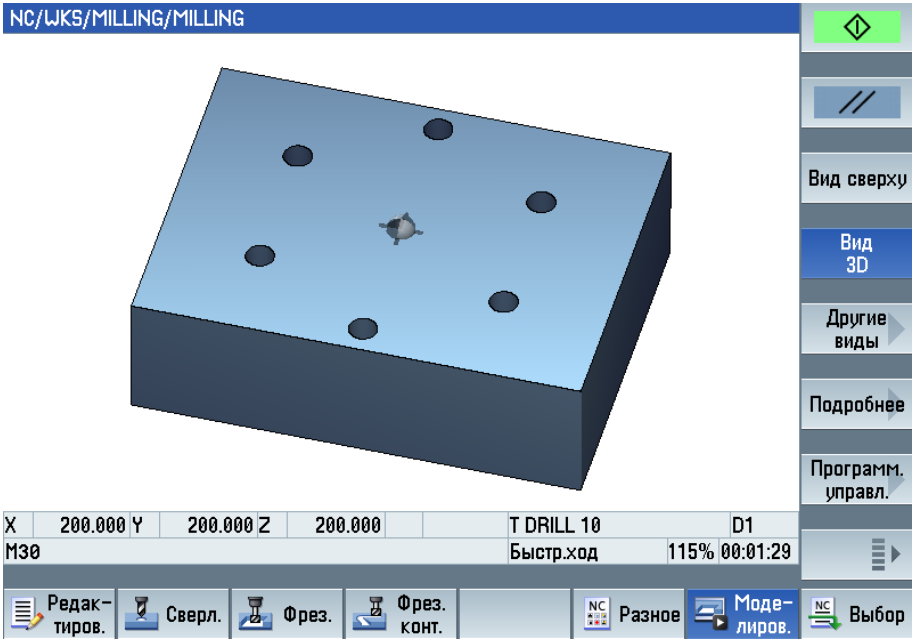


Рисунок 4.5 - Моделювання фрезерної обробки

4.4 Порядок виконання практичної роботи

4.4.1 Отримати у викладача варіант завдання (див. п. 4.1).

4.4.2 За допомогою програми Sinutrain Operate v4.7 спроектувати фрезерну операцію та отримати керуючу програму в G- кодах.

4.4.3 Захистити звіт.

4.5 Контрольні питання

4.5.1 Програмування циклів?

4.5.2 Виклик циклу і список параметрів?

4.5.3 Симуляція циклів?

4.5.4 Підтримка циклів в редакторі програм?

4.5.5 Меню та вибір циклів?

4.5.6 Цикли свердління?

4.5.7 Модальний виклик циклів свердління?

4.5.8 Цикли формування отворів?

ВИМОГИ З ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

1. У аудиторіях слід строго виконувати правила внутрішнього розпорядку.
2. Обов’язково знімати верхній одяг.
3. Повідомити про недоліки у роботі комп’ютера або несправність обладнання, якщо, наприклад, при ввімкненні комп’ютера на дисплеї не з’являється ніяка інформація (екран порожній), або по центру висвічується яскрава смуга.
4. Помітивши порушення інструкції іншими особами або небезпеку для навколишнього середовища, повідомити викладача чи адміністратора класу.
5. При виявленні запаху гару в пристроях ПЕОМ негайно вимкнути апаратуру, удруге не включати і звернутися до адміністратора комп’ютерного класу і викладача.

Забороняється

1. Залишати своє робоче місце без відома викладача.
2. Вмикати і вимикати (крім аварійних випадків) устаткування і механізми, робота на яких не доручена.
3. Працювати та ремонтувати несправне устаткування.
5. Торкатися до струмопровідних частин, електричних дротів (навіть ізольованих), кабелів, клем, наступати на переносні дроти на підлозі.
6. Відволікатися сторонніми справами і розмовами, ходити по приміщенню, відволікаючи інших.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

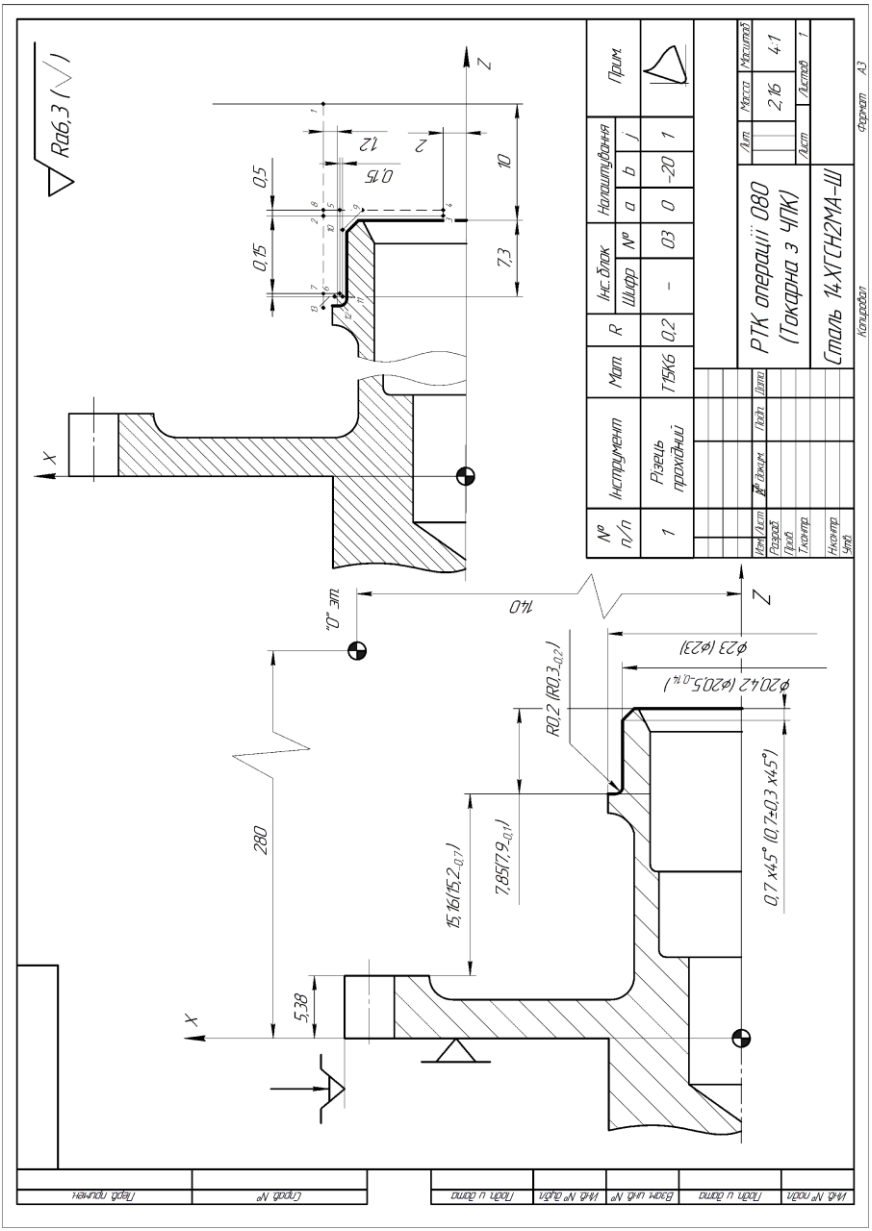
1. SINUMERIK 840D sl/840Di sl/840D/840Di/810D Erweiterte Programmierung Programmierhandbuch. – Freigeben 03/2006. – 692 с.

2. SINUMERIK 840D sl/840Di sl. SINUMERIK 840D/810D. HMI-Advanced. Benutzerhandbuch. – Freigeben 01/2006. – 472 с.

3. SINUMERIK. SINUMERIK 840D sl/840Di sl. 840D/840Di/810D Fahrräder. Programmieranleitung. – 402 с.

4. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни “Основи систем автоматизованого проектування” для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. доц. Пухальська Г.В., доц. Двірник Я.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024 – 58 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Приклад оформлення токарного РТК