

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет

(повне найменування факультету)

Металорізальні верстати та інструменти

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

магістерська

(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка постпроцесора для верстату Woodpecker CAMARO-1208 та
програмного середовища ArtCAM - Carveco

(назва теми)

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи M222M

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Металорізальні верстати та системи

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ФРОЛОВ М.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Машинобудівний
 Кафедра Металорізальні верстати та інструменти
 Ступінь вищої освіти магістр
 Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
(код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Металорізальні верстати та системи
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТА

СТАДНІЧЕНКО Олексія Володимировича

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту Розробка постпроцесора для верстату Woodpecker CAMARO-1208 та програмного середовища ArtCAM - Carveso

керівник проєкту к.т.н., доцент ФРОЛОВ Михайло Володимирович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затвержені наказом закладу вищої освіти від « 10 » листопада 2023 року №430

2. Строк подання студентом проєкту 11 грудня 2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту Верстат Woodpecker CAMARO-1208 , код керуючої програми для програмного продукту CARVECO

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розробка постпроцесору, налагодження постпроцесору, створення 3-D моделі верстату CAMARO-1208 , розробка технології та програмного коду обробки тестової деталі «HEXBLOCK SURFACE»

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів) Презентація

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	к.т.н., доцент ФРОЛОВ М.В.		
2	к.т.н., доцент ФРОЛОВ М.В.		
3	к.т.н., доцент ФРОЛОВ М.В.		
Нормоконтроль	ст. викладач ОГЛУЗДІНА Л.С.		

7. Дата видачі завдання « 11 » вересня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Розробка постпроцесору	06.11.23	
2	Створення 3-D моделі верстату CAMARO-1208	20.11.23	
3	Розробка технології та програмного коду обробки тестової деталі «HEXBLOCK SURFACE»	04.12.23	
4	Оформлення пояснювальної записки та підготовка презентації	11.12.23	

Студент

(підпис)

Олексій СТАДНІЧЕНКО

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту

(підпис)

Михайло ФРОЛОВ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерського проєкту: 62 с., 53 рис., 7 табл., 10 джерел.

ВЕРСТАТ, ПОСТРОЦЕСОР, КЕРУЮЧА ПРОГРАМА, МОДЕЛЮВАННЯ, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, КОНТРОЛЬ ТОЧНОСТІ, ЗАГОТОВКА

Об'єкт дослідження – постпроцесор для гравірувально-фрезерного верстата моделі Samaro Woodpecker CP1208.

Мета роботи – створення постпроцесору для верстата моделі Samaro Woodpecker CP1208 і програмного середовища Carveso.

В ході роботи виконано розробку постпроцесору для верстату Woodpecker CP1208. Постпроцесор було налагоджено для роботи в програмному забезпеченні Carveso. Проведено тестові обробки для перевірки створеного постпроцесору і коректності створеної їм програми для заданого верстату. Створено спрощену кінематичну схему верстата для подальшої її використання у варафікації створених керуючих програм. Розроблено маршрут обробки деталі складної форми для написання керуючої програми з використанням розробленого постпроцесору. Визначено режими різання та призначено різальний інструмент для обробки деталі. З використанням вимірювальної системи проінспектовано отриману деталь на точність.

ABSTRACT

Explanatory note to the master's project: 62 p., 53 pic., 7 tab., 10 sources.

METAL CUTTING MACHINE, POST-PROCESSOR, CONTROL PROGRAM, SIMULATION, VISUALIZATION, SOFTWARE, ACCURACY CONTROL, PREPARATION

The object of the study - post-processor for the Camaro Woodpecker CP1208 engraving machine.

The purpose of the work – to create a post-processor for the Camaro Woodpecker CP1208 model machine and the Carveco software.

In the course of the work, the post-processor for the Woodpecker CP1208 machine was developed. The post-processor was configured to work in the Carveco software. Test processing was carried out to check the created post-processor and the correctness of the program created by it for the given machine. A simplified kinematic of the machine was created for its further use in the verification of the created control programs. A route for processing a part of a complex shape for writing a control program using the developed post-processor has been developed. The cutting modes are defined and a cutting tool is assigned to process the part. Using the measuring system, the received part was inspected for accuracy.

ЗМІСТ

	С.
Вступ	7
1. Конструкторський розділ	9
1.1 Розробка постпроцесору	9
1.1.1 Початкові дані	10
1.1.2 Створення постпроцесору	11
1.1.3 Налагодження постпроцесору	19
1.2 Створення візуалізації процесу обробки в програмному середовищі «FeatureCAM»	22
1.2.1 Створення 3D моделі верстата Woodpecker CAMARO-1208	23
2. Технологічний розділ	35
2.1 Вибір та опис виду отримання заготовки	35
2.2 Розробка маршруту виготовлення деталі	36
2.3 Обґрунтування вибору технологічних баз	41
2.4 Вибір верстату для виконання обробки	42
2.5 Вибір оснащення для обробки	44
2.6 Вибір режимів різання	53
2.7 Контроль деталі	53
3. Створення керуючої програми	56
Висновки	61
Список використаних джерел	62

ВСТУП

Постпроцесування важливий етап створення керуючої програми для верстатів з ЧПК. Результатом постпроцесування є файл який включає дані CAD/CAM системи у форматі, який може бути зрозумілий та виконаний системою ЧПК верстата. Постпроцесування неможливе без програми постпроцесору.

Постпроцесор - програма, яка перетворює файл траєкторії руху інструменту і технологічних команд (проміжний файл), сформований CAD/CAM-системою, в файл керуючої програми відповідно до вимог конкретного верстату.

Основні особливості постпроцесора:

- сумісність з конкретним верстатом: постпроцесор повинен бути налаштований для конкретного типу ЧПК верстата. Кожен верстат може мати свої власні особливості та мови програмування, тому постпроцесор повинен генерувати код, який оптимально взаємодіє з конкретним обладнанням.
- оптимізація швидкості та точності: постпроцесор генерує код, який керує рухом верстата та виконує обробку матеріалу. Важливо, щоб цей код був оптимізований для швидкості та точності обробки, щоб забезпечити ефективну роботу верстата.
- підтримка різноманітних операцій: постпроцесор повинен підтримувати різні операції обробки, такі як фрезерування, токарна обробка, свердління та інші. Це дозволяє користувачеві використовувати верстат для різноманітних завдань.
- безпека та надійність: постпроцесор повинен генерувати код, який забезпечує безпеку верстата та надійність його роботи. Це особливо важливо при взаємодії з складними та дорогими обладнаннями.
- зручність в користуванні: оператор повинен мати зручний інтерфейс для налаштування параметрів постпроцесора та внесення необхідних змін у програму обробки.

Постпроцесори можуть бути розділені на кілька категорій в залежності від їх функцій та особливостей. Ось деякі типи постпроцесорів:

- універсальні постпроцесори: ці постпроцесори призначені для використання з різноманітними типами систем ЧПК верстатів. Вони зазвичай підтримують основні функції і мови програмування, які використовуються в промисловості. Універсальні постпроцесори можуть бути налаштовані для різних моделей верстатів.

- спеціалізовані постпроцесори: деякі постпроцесори створені для конкретних типів систем ЧПК верстатів або брендів. Вони можуть містити оптимізації та функції, які специфічні для конкретного обладнання.

- постпроцесори для конкретних операцій: це постпроцесори, спеціально розроблені для певних операцій обробки, таких як токарна обробка, фрезерування, свердління тощо. Вони можуть генерувати оптимізований код для конкретних видів робіт.

- постпроцесори з підтримкою спеціальних функцій: деякі верстати мають унікальні функції чи опції, і постпроцесори можуть бути розширені для підтримки цих особливостей. Наприклад, постпроцесор для верстата з підтримкою обертального столу чи інших спеціальних механізмів.

- відкриті постпроцесори: деякі системи CAD/CAM надають можливість користувачам створювати свої власні постпроцесори або модифікувати існуючі для відповіді на конкретні потреби або характеристики верстата.

Вибір певного типу постпроцесора залежить від конкретних потреб, типу верстата та його особливостей, а також від того, які операції обробки потрібно виконати.

1 КОНСТРУКТОРСКИЙ РОЗДІЛ

1.1 Розробка постпроцесору

Розглянемо основну структуру постпроцесору. САМ-система генерує проміжний файл, який містить інформацію про траєкторію, кути повороту інструменту (у разі багатокоординатної обробки) і узагальнені команди управління верстатом. Зазвичай цей проміжний файл називається CL-файлом (Cutter Location) або CLDATA-файлом.

Постпроцесор перетворює цей проміжний файл в програму обробки в суворій відповідності з форматом програмування конкретного верстата з ЧПК. Така технологія дозволяє програмісту під час проектування обробки в САД/САМ-системи не замислюватися про те, на який конкретно верстат потрапить керуюча програма (КП) і яким буде її формат. Йому необхідно лише вибрати постпроцесор, що відповідає певному верстату з ЧПК, і той візьме на себе всю роботу по створенню програми обробки певного формату.

Класичний постпроцесор, що використовується в сучасних САД/САМ-системах, складається з декількох файлів. По-перше, це виконуваний файл - програма. Виконуваний файл займається перетворенням даних проміжного CL-файлу в кадри КП. Перетворення здійснюється за деякими правилами, відмінними для різних верстатів і систем ЧПК. Ці правила, або алгоритми перетворення, знаходяться в другому файлі - текстовому.

Текстовий файл написаний на спеціальному макросові, який може бути змінений в разі необхідності самим технологом-програмістом в будь-якому текстовому редакторі.

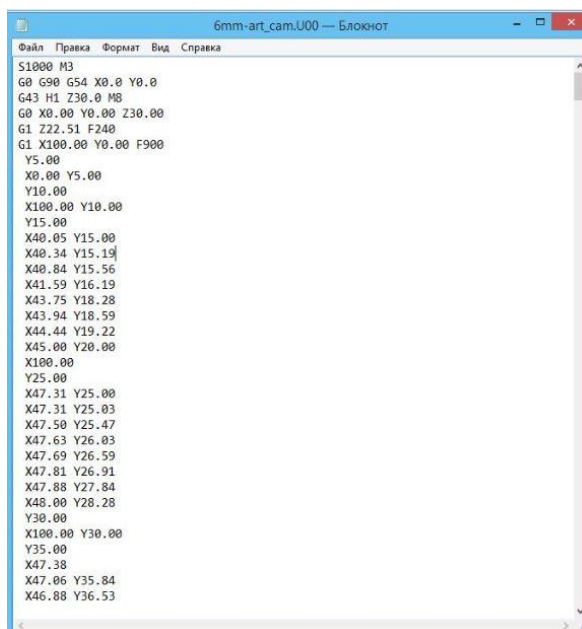
Сьогодні найбільш ефективним і простим рішенням проблем постпроцесування на підприємстві є використання універсального постпроцесора (генератора).

Універсальні постпроцесори дозволяють працювати з багатьма відомими САД/САМ-системами та одночасно не залежати від них. Справа в тому, що, на

відміну від класичних постпроцесорів, які працюють з проміжним файлом тільки «рідної» системи, універсальні постпроцесори здатні «переробляти» CL-файли різних САМ-систем. Просунутий інтуїтивно-зрозумілий графічний інтерфейс, що дозволяє будувати наочну кінематичну схему верстата і задавати типові параметри системи ЧПК, дає можливість отримати потужний та універсальний засіб для вирішення проблем сумісності будь-якого обладнання з будь-якою CAD/CAM-системою.

1.1.1 Початкові дані

Для створення постпроцесору для верстата Woodpecker CAMARO-1208 скористуємось уже наявним постпроцесором для програмного продукту «Carvesc». На рисунку 1.1 наводиться код керуючої програми з постпроцесору для програми «Carvesc»



```
6mm-art_cam.U00 — Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справка
S1000 M3
G0 G90 G54 X0.0 Y0.0
G43 H1 Z30.0 M8
G0 X0.00 Y0.00 Z30.00
G1 Z22.51 F240
G1 X100.00 Y0.00 F900
Y5.00
X0.00 Y5.00
Y10.00
X100.00 Y10.00
Y15.00
X40.05 Y15.00
X40.34 Y15.19
X40.84 Y15.56
X41.59 Y16.19
X43.75 Y18.28
X43.94 Y18.59
X44.44 Y19.22
X45.00 Y20.00
X100.00
Y25.00
X47.31 Y25.00
X47.31 Y25.03
X47.50 Y25.47
X47.63 Y26.03
X47.69 Y26.59
X47.81 Y26.91
X47.88 Y27.84
X48.00 Y28.28
Y30.00
X100.00 Y30.00
Y35.00
X47.38
X47.06 Y35.84
X46.88 Y36.53
```

Рисунок 1.1— Керуюча програма після постпроцесування з середовища програмного продукту «Carvesc»

Отриману керуючу програму розбивають по блокам для більш зручного розуміння самої програми та створення постпроцесору так, як постпроцесор програмується окремими блоками які пов'язанні з конкретною дією верстата

Таблиця 1.1 — Призначення блоків керуючої програми

Блок програми	Пояснення блоку програми
S1000 M3 G0 G90 X0.0 Y0.0	Початок програми
G43 H1 Z30.0 M8 G0 X0.00 Y0.00 Z30.00 G1 Z22.51 F240	Переміщення на швидкому ході у початкову точку обробки деталі
G1 X100.00 Y0.00 F900 Y5.00 X0.00 Y5.00 Y10.00 X100.00 Y10.00 Y15.00	Ввімкнення робочої подачі та робочі рухи для обробки деталі
G0 Z30.00 G0 X0.00 Y0.00 M17 M30 %	Кінець програми

1.1.2 Створення постпроцесору

Створення постпроцесора починається із завантаження деяких параметрів про оброблювану деталь а саме:

- інформацію про переміщення інструмента;
- стратегії обробки та інформацію про задання основних, допоміжних і підготовчих функцій.

Ця інформація генерується під час написання програми у САМ-системі та зберігається у відповідному проекті з розширенням «.cut».

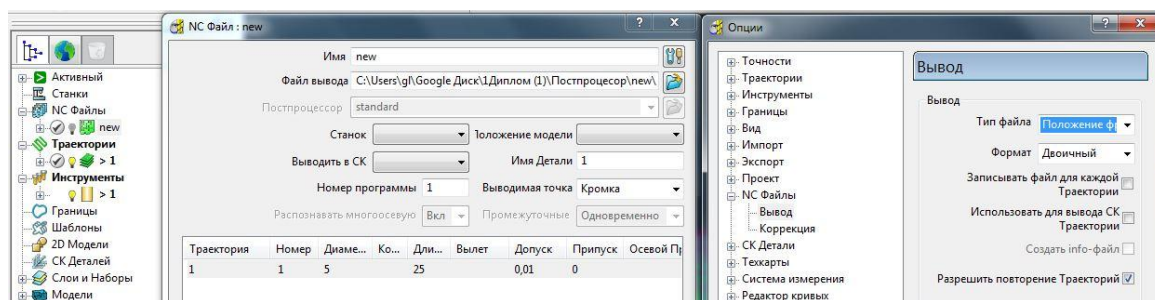


Рисунок 1.2 — Процесс створення файлу з розширенням «.cut»

Завантажуємо цей файл у програмне забезпечення «Delcam PostProcessor». На вкладці «Постпроцесор» натискаємо правою кнопкою миші на кнопку «CLDATA Files» та вибираємо пункт «Загрузить CLDATA». Після чого знаходимо відповідний файл та завантажуємо його у програму.

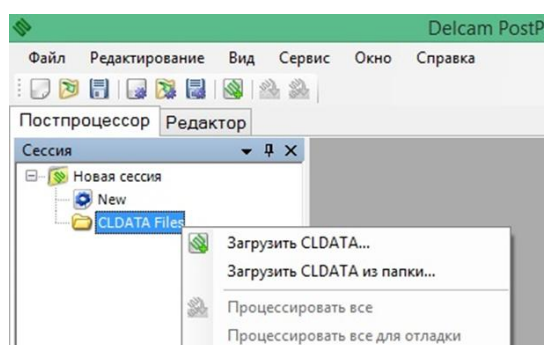


Рисунок 1.3 – Завантаження CLDATA у програмне забезпечення Delcam PostProcessor

Переходимо на вкладку «Редактор» та натискаємо кнопку «Program Start» для створення початкового блоку керуючої програми. У цьому блоці можна налаштувати увімкнення допоміжних функцій, вихід верстата у нульове положення та ін.

У нашому випадку початковий блок програми буде містити наступні кадри:

S1000 M3 – увімкнення правих обертів з частотою 1000 хв^{-1} ;

G0 G90 G54 – вихід в нульову точку верстата на швидкому ході;

X0.0 Y0.0 – координати точок для швидкого переміщення

Для додавання цих кадрів до КП вибираємо першу комірку і за допомогою команди «Вставити текст» вставляємо текст «**S1000 M3**». Аналогічно додаємо інші початкові данні до 2-х наступних комірок.

```
S1000 M3
G0 G90 G54X0.0 Y0.0
```

Рисунок 1.4 – Перегляд коду початку програми

Справа у відповідному вікні можна спостерігати те як буду відображатися ця частина програми у G-кодi.

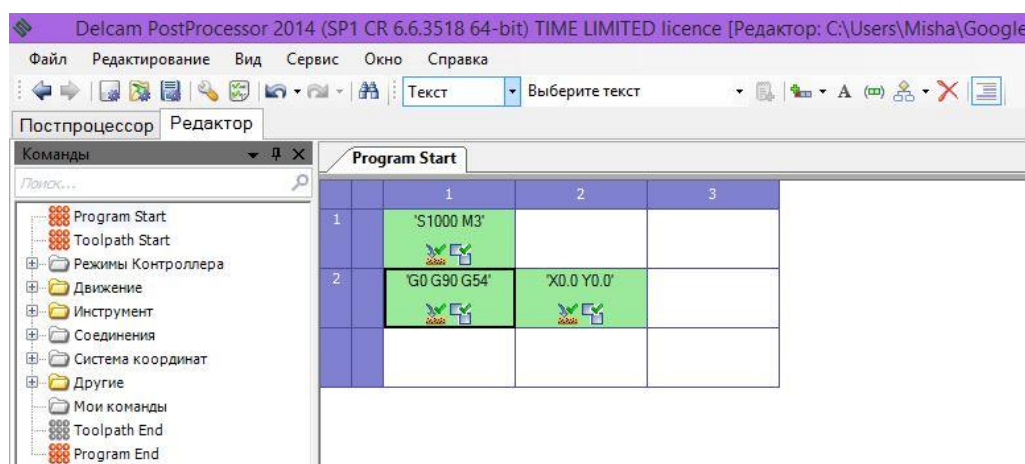
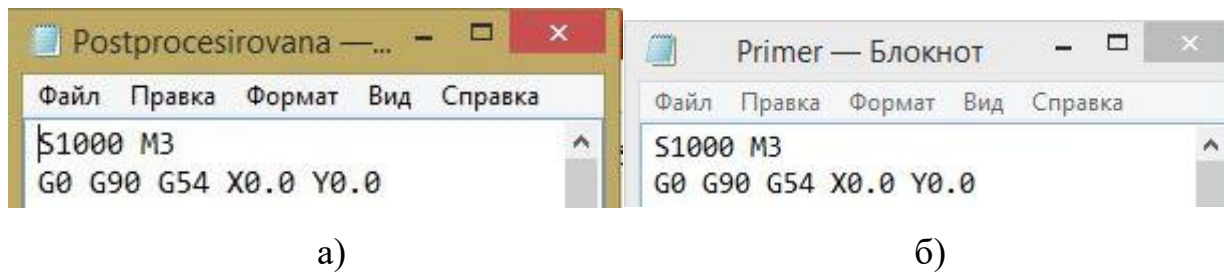


Рисунок 1.5 – Задання параметрів з яких починається програма

Отже після проведених операцій створюємо постпроцесора, при постпроцесуванні керуючої програми, утворив такий же початок програми як і в наявній програмі отриманій з програмного середовища «Carvesco»



а — програма розробляемого постпроцесора; б — наявна керуюча програма

Рисунок 1.6 — Порівняння початку програми розробляемого постпроцесора та наявної керуючої програми

Після отримання початку програми треба запрограмувати переміщення інструменту перед початком роботи та під час обробки деталі. Для цього переходимо у вкладку «Рух». Настроюємо кнопку «Fist Move After Toolchfnge», яка відповідає за перші переміщення інструмента при його заміні. Для того, щоб команди з переміщення не накладалися одна на одну, а діяли модально, потрібно задати параметр «Motion Mode». На панелі головного меню вибираємо «Параметр» та «Motion Mode». У наступних блоках послідовно додаємо осі за якими будуть переміщуватися робочі органи верстата. Викликаємо контекстне меню на комірці «Motion Mode» вибираємо «Вивід в програму»/«Як в форматі (якщо змінено)» після вибору цієї функції, задані команди будуть працювати модально. Тобто, команда буде працювати до тих пір поки у кодї програмі не з'явиться аналогічна команда, яка вимкне попередню.

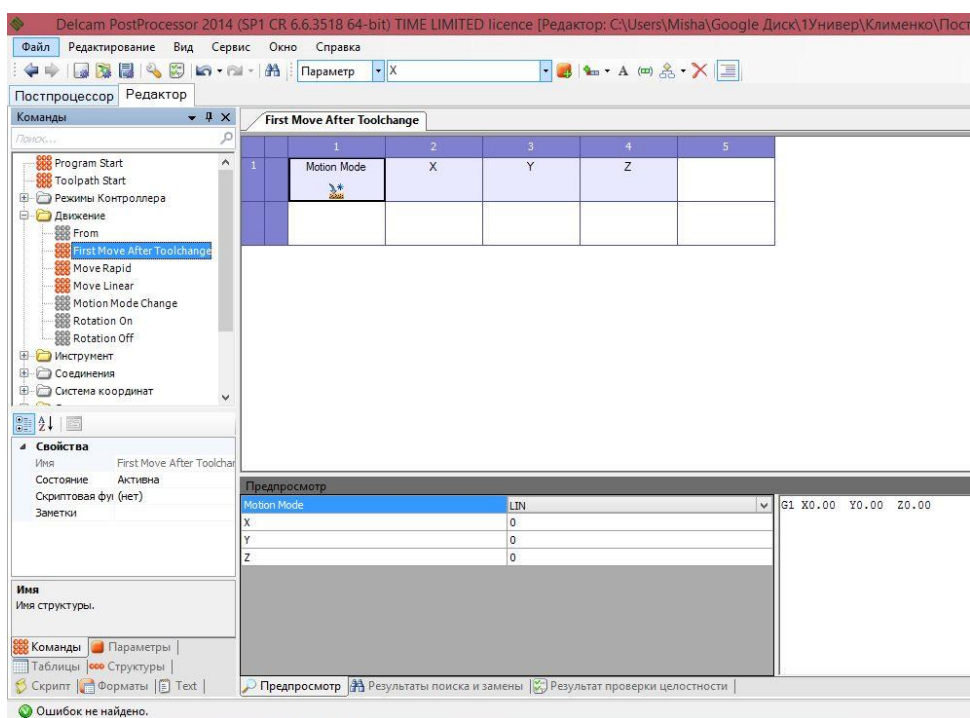


Рисунок 1.7 – Створення кнопки «First Move After Toolchange»

На панелі головного меню вибираємо «Параметр» і шукаємо і відповідному списку назву осі для якої програмується переміщення (X,Y,Z).
Задаємо координати точок для переміщення (0,0).

Переходимо до вкладки «Move Rapid». Настроюємо переміщення робочих органів верстат на заданій подачі «F1». Задаємо параметр «Motion Mode» і аналогічно до попереднього пункту додаємо осі переміщення. Задамо кількість символів після коми для виводу у КП. Для цього переходимо у «Форматы»/«aisis1»/«X»/«свойства элемента»/ «десятичная нульвая часть». Задаємо три символи після коми для виводу у КП. Аналогічно додаємо для інших координат Y і Z.

В останню комірку додаємо блок який відповідає за робочу подачу, на панелі головного меню вибираємо «Параметр» та «Feed Rate».

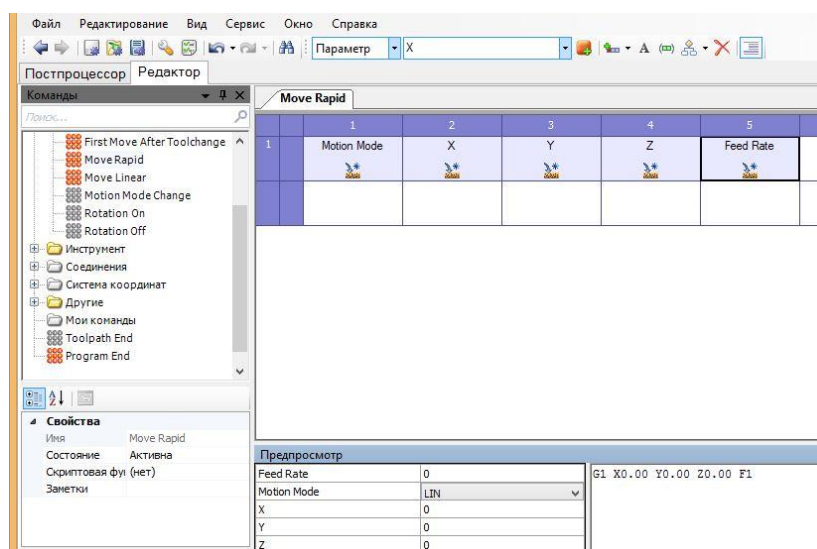


Рисунок 1.8 – Створення кнопки Move Rapid

Створення вкладки «Load tool fist». Переходимо у блок «Інструмент». Аналогічно до попередніх пунктів створюємо блоки у яких записуємо такі команди:

- **G43** – коректор для інструменту;
- **M8** – увімкнення СОЖ;

А також додаємо два блоки: номера інструменту (**Tool Number**) і координати точки безпечної відстані для заміни інструмента (**WP Safe Z**)

У вікні попереднього перегляду перевіряємо на коректність результат запису команд.

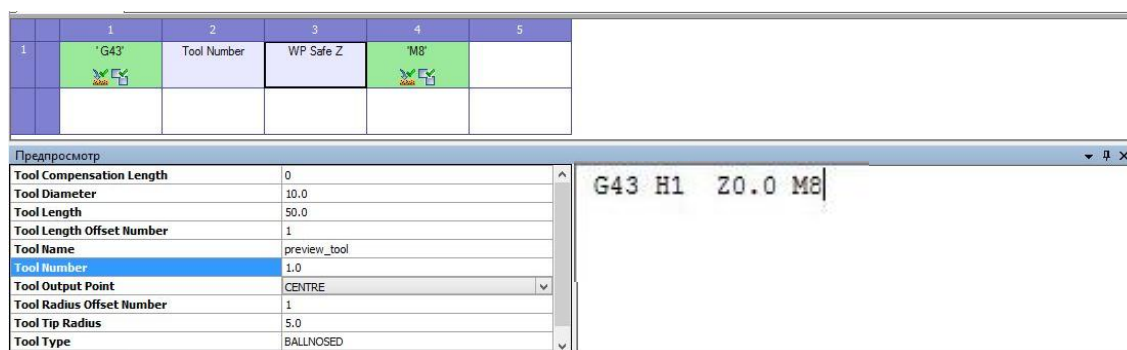


Рисунок 1.9 – Результати запису команд основних і допоміжних команд у блоці «Інструмент»

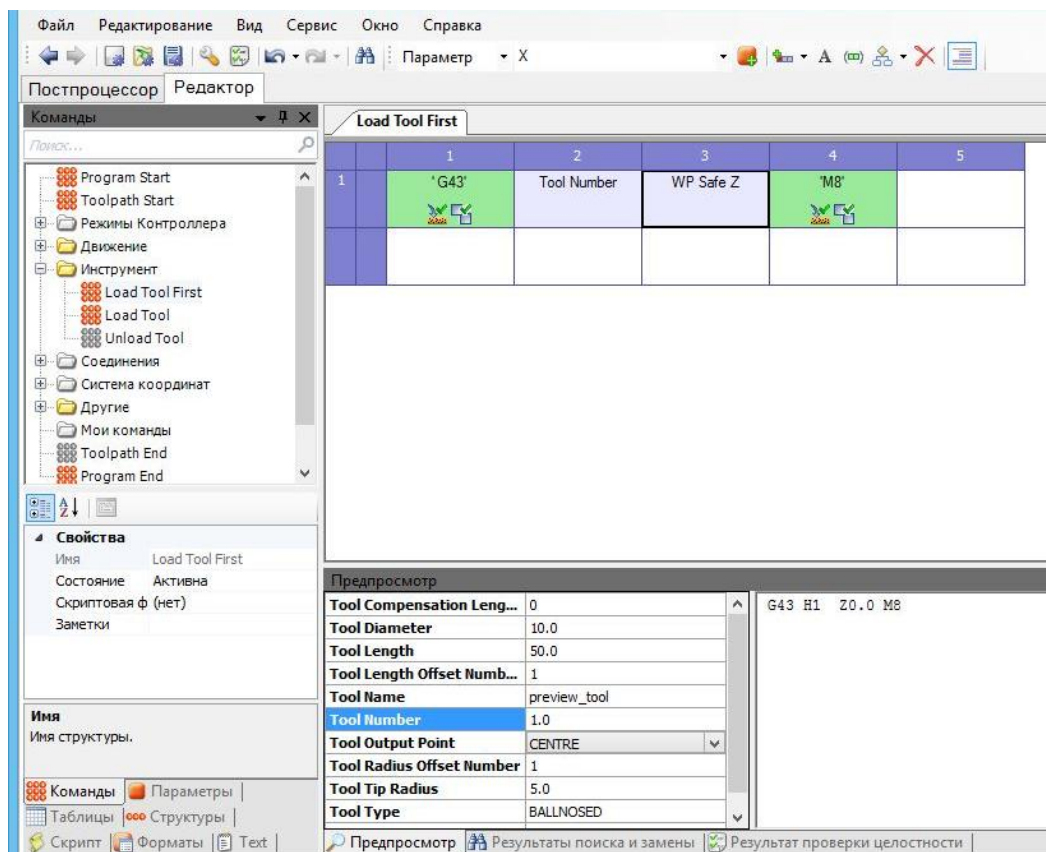


Рисунок 1.10 – Створення кнопки Load tool fist

Після того як були запрограмовані переміщення інструменту перед початком обробки та переміщення безпосередньо при обробці деталі, необхідно порівняти чи розроблений постпроцесор генерує програму яка співпадає з наявною програмою.

```
G43 H1 Z5.0 M8
G0 X-49.97 Y-49.96 Z5.00
G1 Z-2.36 F240
G1 X50.00 Y-49.96 F900
X50.00 Y-46.00
X-49.97 Y-46.00
```

а)



```
G43 H1 Z5.0 M8
G0 X-49.97 Y-49.96 Z5.00
G1 Z-2.36 F240
G1 X50.00 Y-49.96 F900
X50.00 Y-46.00
X-49.97 Y-46.00
```

б)

а — програма розробляемого постпроцесора; б — наявна керуюча програма

Рисунок 1.11 — Порівняння програмування переміщень інструменту розробляемого постпроцесора та наявної керуючої програми

Наступним кроком при розробці постпроцесора необхідно, об він вірно генерував кінець програми. І так як система ЧПК верстата Woodpecker CAMARO-1208 підтримує майже всі стандартні допоміжні і підготовчі функції то код КП закінчуємо вводючи такі функції

M17 – вимкнення обертів шпинделя

M30 – кінець програми зі сбросом основних функцій

% – символ кінця КП

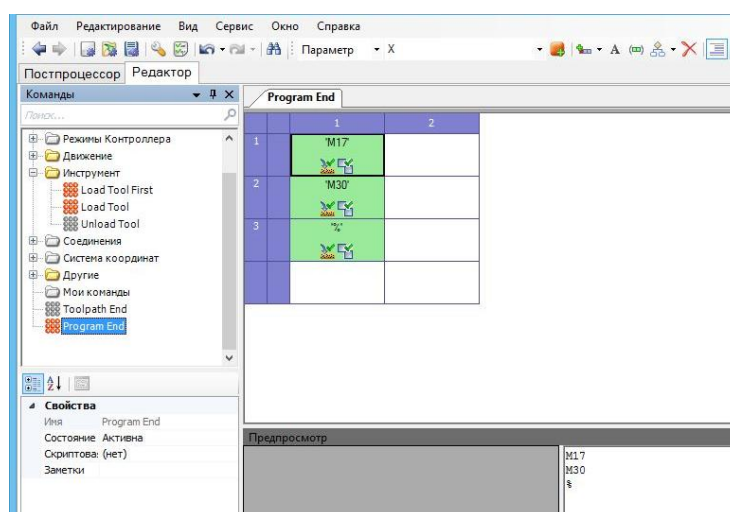


Рисунок 1.12 – Задання підготовчих і допоміжних функцій у кінці програми

Після того як виконані всі налаштування, необхідно ще раз перевірити програму на точність генерування та чи співпадає вона з наявною.



а)

б)

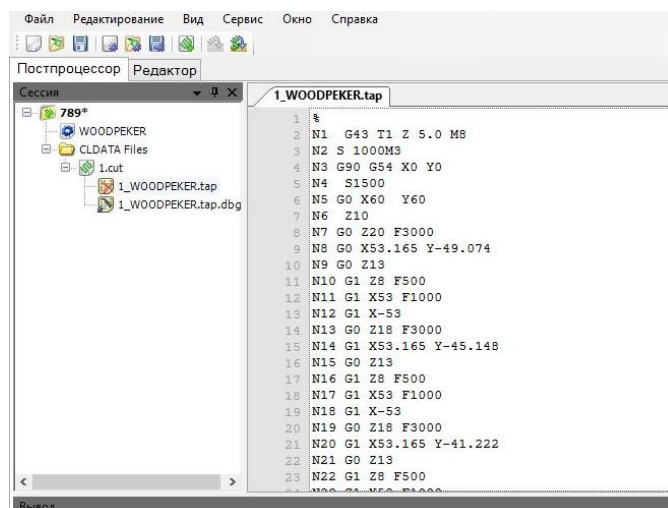
а — програма розробляемого постпроцесора; б — наявна керуюча програма

Рисунок 1.13 — Порівняння кінця програми розробляемого постпроцесора та наявної керуючої програми

При перевірці програми яка генерується постпроцесором з наявною керуючою програмою, не було виявлено жодних помилок, які могли б впливати на коректну роботу верстата. Але необхідно перевірити отриману програму через постпроцесор на верстаті, для того щоб зробити остаточні висновки про коректну роботу постпроцесора.

1.1.3 Налагодження постпроцесору

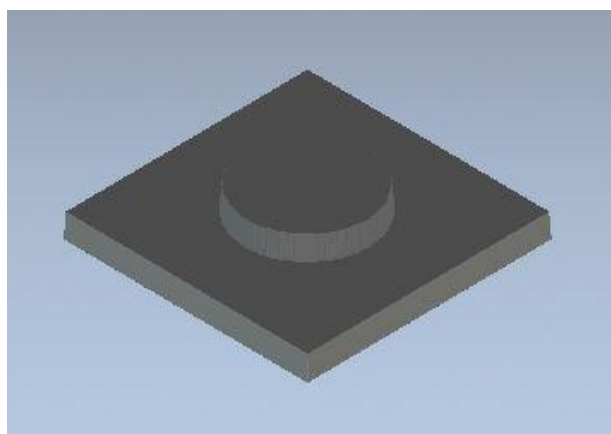
Одним з найголовніших етапів розробки постпроцесора це є його налагодження на верстаті. Для виконання постпроцесінга необхідно перейти на викладку «Постпроцесор» і правою кнопкою миші натиснути на файли CLDATA, у меню вибрати «Постпроцесувати для налагодження». Після виконання цієї команди з'явиться код керуючої програми який був отриманий внаслідок переопрацювання CLDATA у постпроцесорі який вивів код керуючої програми.



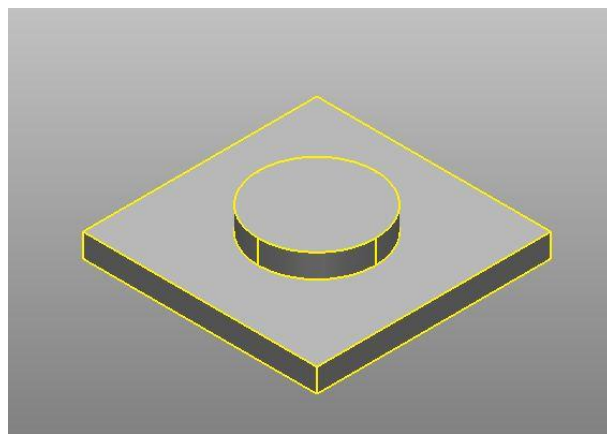
```
1 %
2 N1 G43 T1 Z 5.0 M8
3 N2 S 1000M3
4 N3 G90 G54 X0 Y0
5 N4 S1500
6 N5 G0 X60 Y60
7 N6 Z10
8 N7 G0 Z20 F3000
9 N8 G0 X53.165 Y-49.074
10 N9 G0 Z13
11 N10 G1 Z8 F500
12 N11 G1 X53 F1000
13 N12 G1 X-53
14 N13 G0 Z18 F3000
15 N14 G1 X53.165 Y-45.148
16 N15 G0 Z13
17 N16 G1 Z8 F500
18 N17 G1 X53 F1000
19 N18 G1 X-53
20 N19 G0 Z18 F3000
21 N20 G1 X53.165 Y-41.222
22 N21 G0 Z13
23 N22 G1 Z8 F500
```

Рисунок 1.14 – Формування коду КП

Після цього будемо дві однакові моделі у програмних середовищах «Carvesc» та «PowerSHAPE».



а)

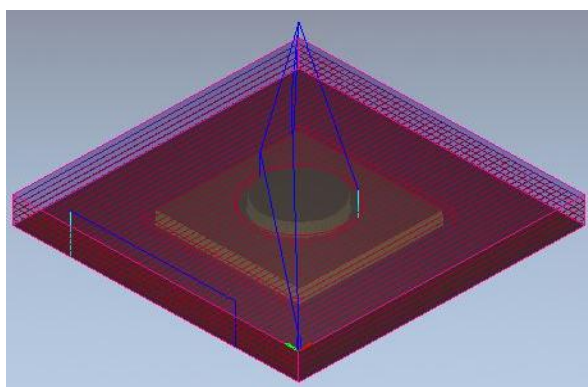


б)

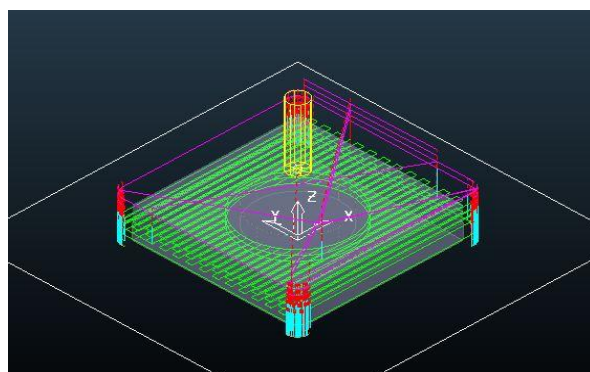
а — модель створена у «Carvesc»; б — модель створена у «PowerSHAPE»)

Рисунок 1.15 — Тестова модель для налагодження постпроцесора на верстаті

Коли моделі побудовані їх необхідно обробити за допомогою однакових стратегій та однаковими за діаметром фрезами.



а)



б)

а — стратегія обробки створенна у «Carvesc»; б — стратегія обробки створенна у «PowerMILL»

Рисунок 1.16 — Стратегії обробки моделі для налагодження постпроцесора на верстаті

Після того, як стратегії обробки були створені та перевірені на помилки, їх потрібно постпроцесувати для отримання керуючої програми.

```

test1 — Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справа
S1000 M3
G0 G90 G54 X0.0 Y0.0
G43 H1 Z5.0 M8
G0 X0.00 Y0.00 Z5.00
G1 Z-1.99 F360
G1 X100.00 Y0.00 F1200
Y2.00
X0.00 Y2.00
Y4.00
X100.00 Y4.00
Y6.00
X0.00 Y6.00
Y8.00
X100.00 Y8.00
Y10.00
X0.00 Y10.00
Y12.00
X100.00 Y12.00
Y14.00
X0.00 Y14.00
Y16.00
X100.00 Y16.00
Y18.00
X0.00
Y20.00
X100.00 Y20.00
Y22.00
X0.00 Y22.00
Y24.00
X100.00
Y26.00
X0.00 Y26.00
Y28.00
X100.00 Y28.00
Y30.00
X0.00 Y30.00
Y32.00
X100.00 Y32.00
Y34.00
X0.00
Y36.00
X43.22 Y36.00
X42.59 Y36.31
X41.84 Y36.81
X41.53 Y36.94
X41.22 Y37.19
X40.72 Y37.50
X40.28 Y37.75
X40.04 Y38.00

rastr — Блокнот
Файл  Правка  Формат  Вид  Справа
S1000 M3
G0 G90 G54 X0.0 Y0.0
G43 H1 Z5.0 M8
G0 X0.00 Y0.00 Z5.00
G1 Z-1.99 F360
G1 X100.00 Y0.00 F1200
Y2.00
X0.00 Y2.00
Y4.00
X100.00 Y4.00
Y6.00
X0.00 Y6.00
Y8.00
X100.00 Y8.00
Y10.00
X0.00 Y10.00
Y12.00
X100.00 Y12.00
Y14.00
X0.00 Y14.00
Y16.00
X100.00 Y16.00
Y18.00
X0.00
Y20.00
X100.00 Y20.00
Y22.00
X0.00 Y22.00
Y24.00
X100.00
Y26.00
X0.00 Y26.00
Y28.00
X100.00 Y28.00
Y30.00
X0.00 Y30.00
Y32.00
X100.00 Y32.00
Y34.00
X0.00
Y36.00
X43.22 Y36.00
X42.59 Y36.31
X41.84 Y36.81
X41.53 Y36.94
X41.22 Y37.19
X40.72 Y37.50
X40.28 Y37.75
X40.04 Y38.00
  
```

а)

б)

а — керуюча програма створена у «Carvesco»; б — керуюча програма створена у «PowerMILL»)

Рисунок 1.17 — Керуючі програми для обробки моделі для налагодження постпроцесора на верстаті

1.2 Створення візуалізації процесу обробки в програмному середовищі «FeatureCAM»

Зі збільшенням технологічних можливостей верстатів і ускладненням керуючих програм, підвищуються вимоги до забезпечення безперервного контролю технологічних процесів і підтримання їх надійності. Стають актуальними завдання розробки систем контролю технологічних процесів, зокрема, систем верифікації керуючих програм, візуального контролю переміщення ріжучого інструменту, а також систем діагностування його стану.

На ринку є безліч програмних засобів, призначених для здійснення перевірки працездатності керуючих програм, імітації роботи верстата, а також візуалізації процесу обробки. Такі програмні комплекси дозволяють проводити перевірку керуючих програм для систем ЧПУ на помилки і виконувати їх оптимізацію для різних видів обробки. Імітація роботи верстата дозволяє виявити зіткнення і небезпечні зближення з будь-якими компонентами обладнання, такими як направляючі, інструментальні шпинделі, револьверні головки, поворотні столи, пристрої зміни інструменту, кріпильні пристосування, заготовки, ріжучий інструмент, а також інші визначені користувачем об'єкти. Також, подібні програмні продукти спрямовані на збільшення ефективності керуючих програм, підвищення якості обробки, а також збільшення ресурсу інструменту, виходячи з поточних умов обробки.

Ці програмні продукти, безсумнівно, дозволяють якісно поліпшити виробничий процес і зробити важливу з фізичної та економічної точки зору оптимізацію процесу, проте істотним мінусом більшості з них є відсутність можливості інтеграції безпосередньо в систему ЧПК, що найчастіше є незручним рішенням, оскільки для його використання потрібні допоміжні обчислювальні засоби. Крім цього, зовнішнє рішення не дозволяє розкрити всі його можливості, оскільки відсутній зв'язок з системою ЧПК, і даними про перебіг технологічному

процесі. У зв'язку з цим, актуальним завданням є створення засобу по візуальному контролю роботи системи управління, інтегрованого в системи ЧПК.

1.2.1 Створення 3D моделі верстата Woodpecker CAMARO-1208

При створенням 3D моделі верстата потрібно виконати наступні умови:

- спрощена конструкція верстата (для візуалізації не потрібна висока деталізація робочих органів верстата);
- створення окремих деталей (для візуалізації необхідно щоб вся модель верстата була створена в одному файлі та відносно одної системи координат, також щоб кожен окремий вузол був як окрема деталь).

Після задання умов для створення моделі верстата, необхідно визначити в якій послідовності буде розроблена модель та в якому програмному середовищі.

Для розробки твердотільної моделі верстата було обране програмне середовище «Delcam PowerSHAPE». Першим кроком при створенні моделі верстата є створення деталі «Стіл верстата». Для цього був створена спрощена модель столу верстата за допомогою плоского ескізу та операції «Тіло витягування».

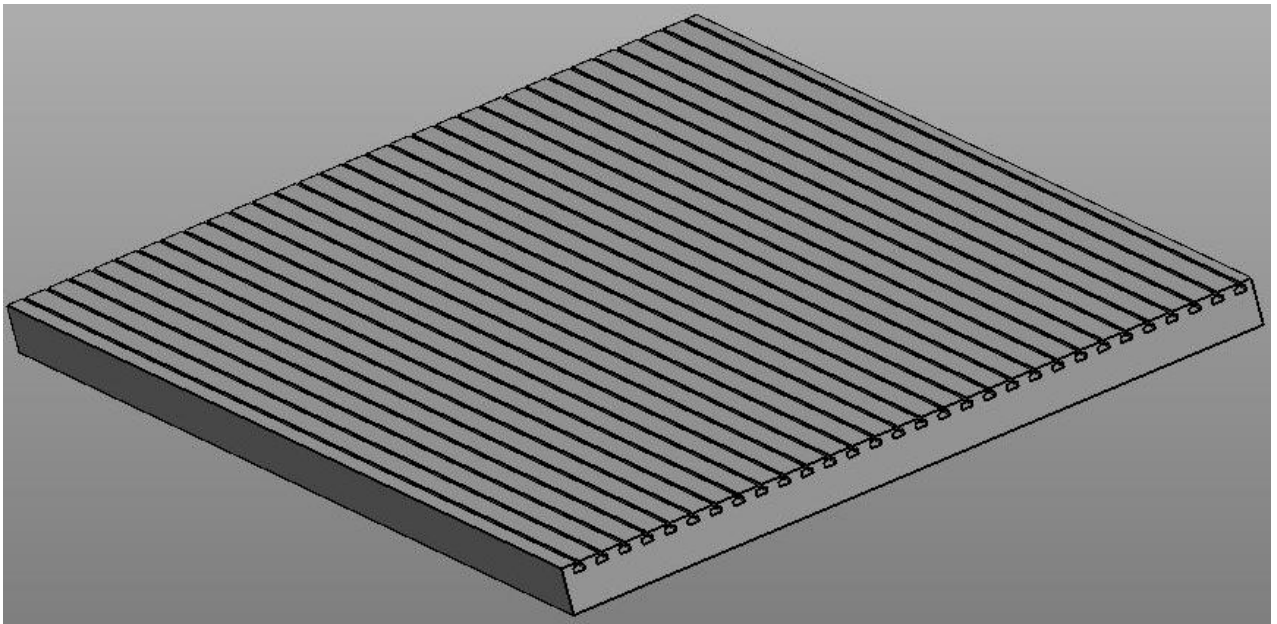
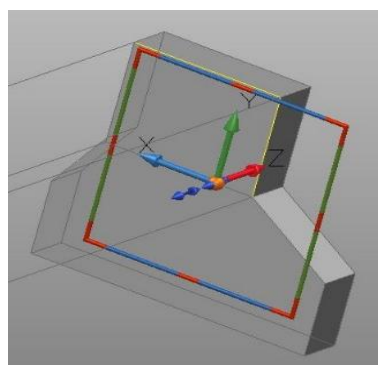
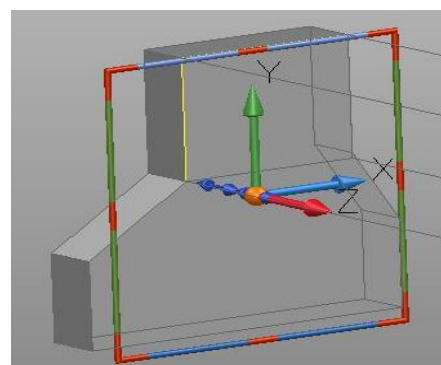


Рисунок 1.18 — Деталь «Стіл верстата» створена у програмному середовищі «Delcam PowerSHAPE»

Після створення моделі столу необхідно створити портал на якому будуть кріпитися інші робочі органи верстата. Для того щоб створити деталь «Портал» необхідно створити декілька деталей з яких складається портал, а потім об'єднати їх до одної деталі. «Портал» складається з двох опор та балки. Опори створюються за допомогою ескізу та операції «Тело витягивання».



а)



б)

а — ліва «Опора»; б — права «Опора»

Рисунок 1.19 — Деталь «Опора»

Балка створюється також за допомогою операції «Тіло витягування»

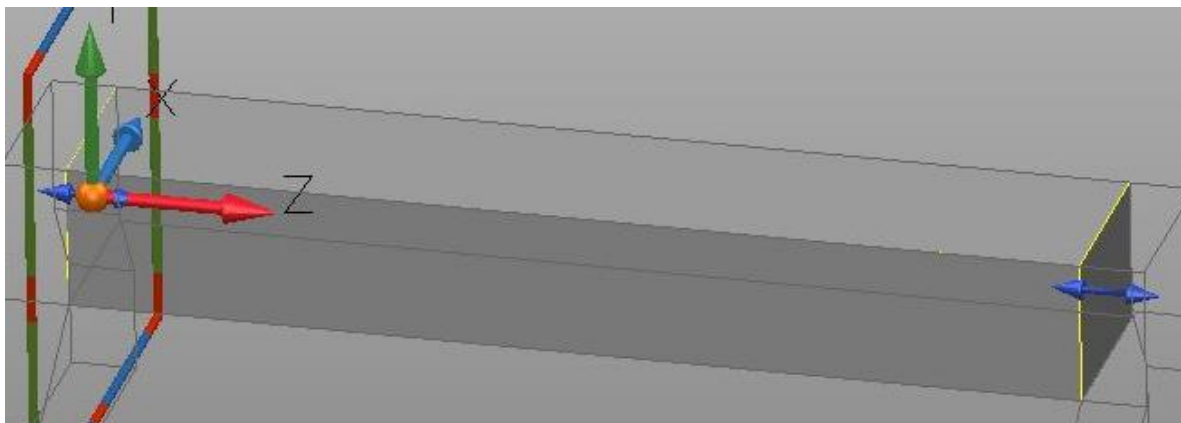


Рисунок 1.20 — Деталь «Балка»

Для створення «Порталу» необхідно об'єднати наші три деталі для цього використовується функція «Додати тіло до активного тіла». Після виконання всіх операцій ми отримуємо деталь яка зображена на рисунку 1.20.

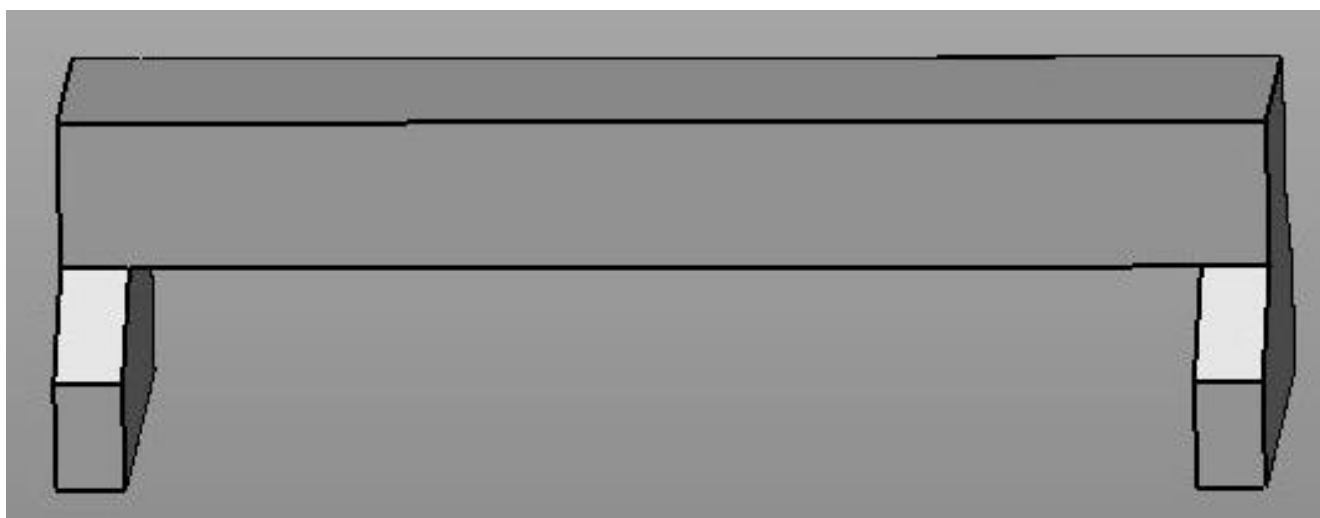


Рисунок 1.21 — Деталь «Портал»

Наступна деталь яку потрібно створити є «Траверса». Траверса створюється за допомогою ескізу та операції «Тіло витягування».

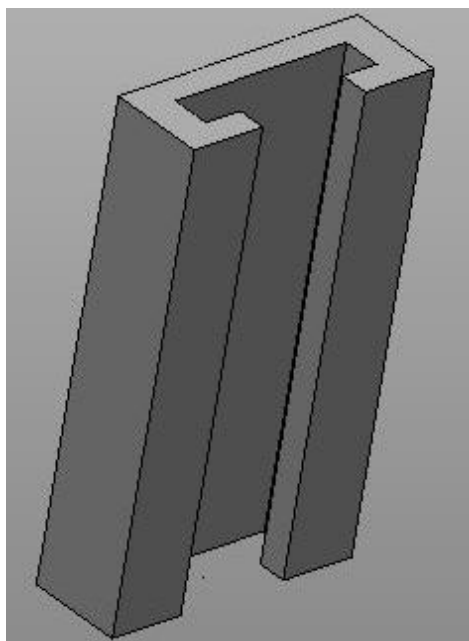


Рисунок 1.22— Деталь «Траверса»

Остання деталь яку необхідно створити є «Шпиндель». «Шпиндель» також складається з декількох деталей — «Корпус шпинделя» та «Торець». Обидві деталі створюються за аналогічною схемою і їх вигляд надається на рисунках 1.23 та 1.24

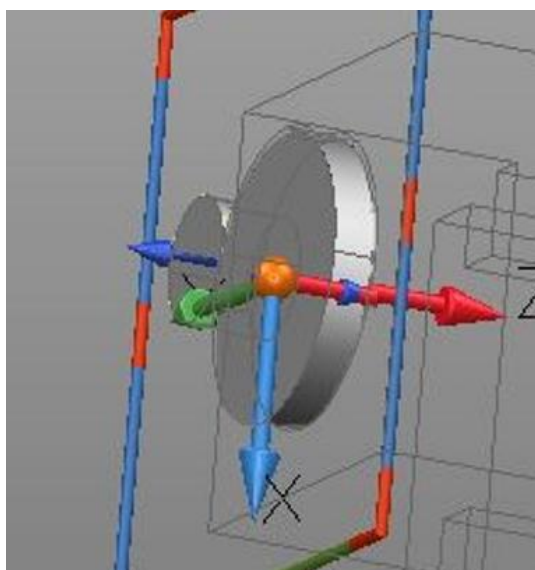


Рисунок 1.23 — Деталь «Торець»

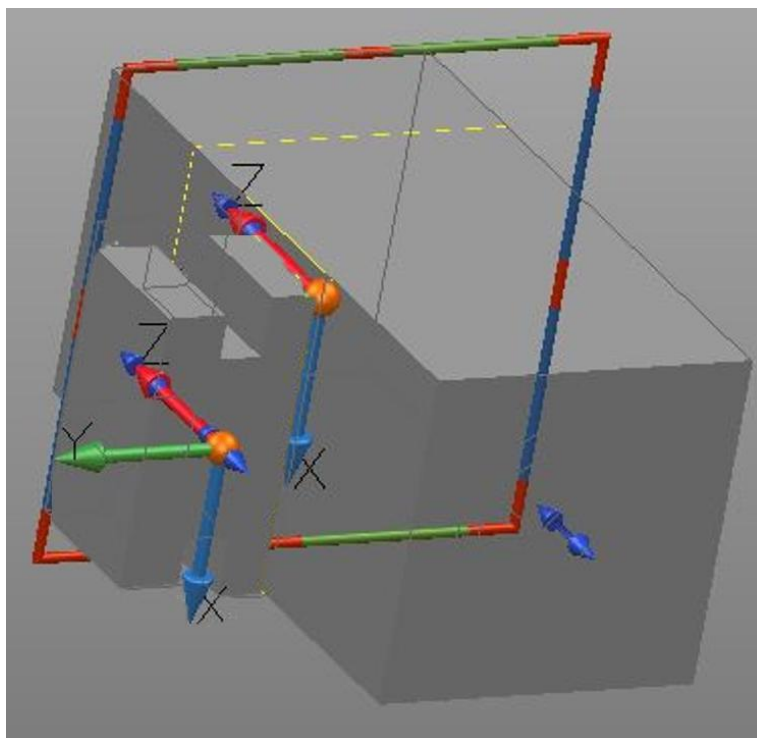


Рисунок 1.24 — Деталь «Корпус шпинделя»

Для створення «Шпинделя» необхідно об'єднати наші дві деталі для цього використовується функція «Додати тіло до активного тіла». Після виконання всіх операцій ми отримуємо деталь яка зображена на рисунку 1.24.

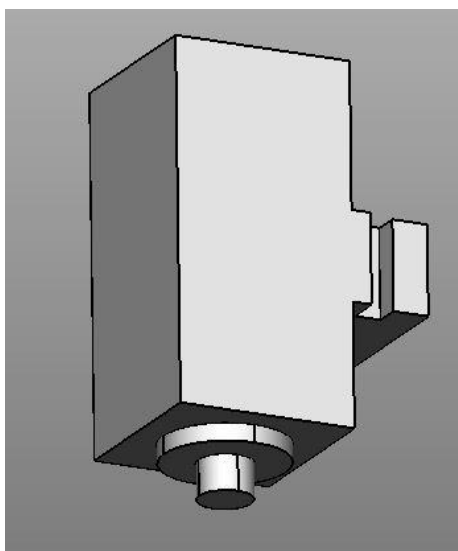


Рисунок 1.25 — Деталь «Шпиндель»

Після створення всіх деталей ми отримуємо спрощену 3D модель верстата Woodpecker CAMARO-1208 яка надається на рисунку 1.25. Також виконується перевірка на всі умови які були задані при розробці цієї моделі.

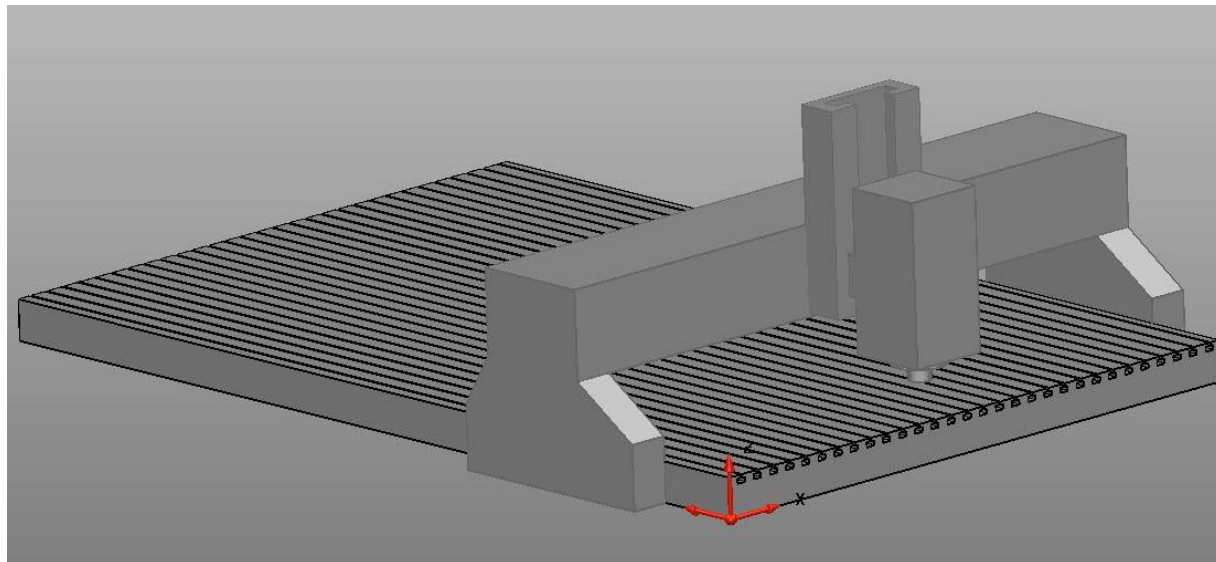


Рисунок 1.26 — 3D модель верстата Woodpecker CAMARO-1208.

1.2.2 Наладка візуалізації в програмному середовищі FeatureCAM

Наступним кроком для створення візуалізації являється завантаження створеної 3D моделі верстата у програмне середовище FeatureCAM, для цього необхідно наявну модель верстата зберегти зі спеціальним розширенням. Після чого модель завантажується безпосередньо у FeatureCAM.

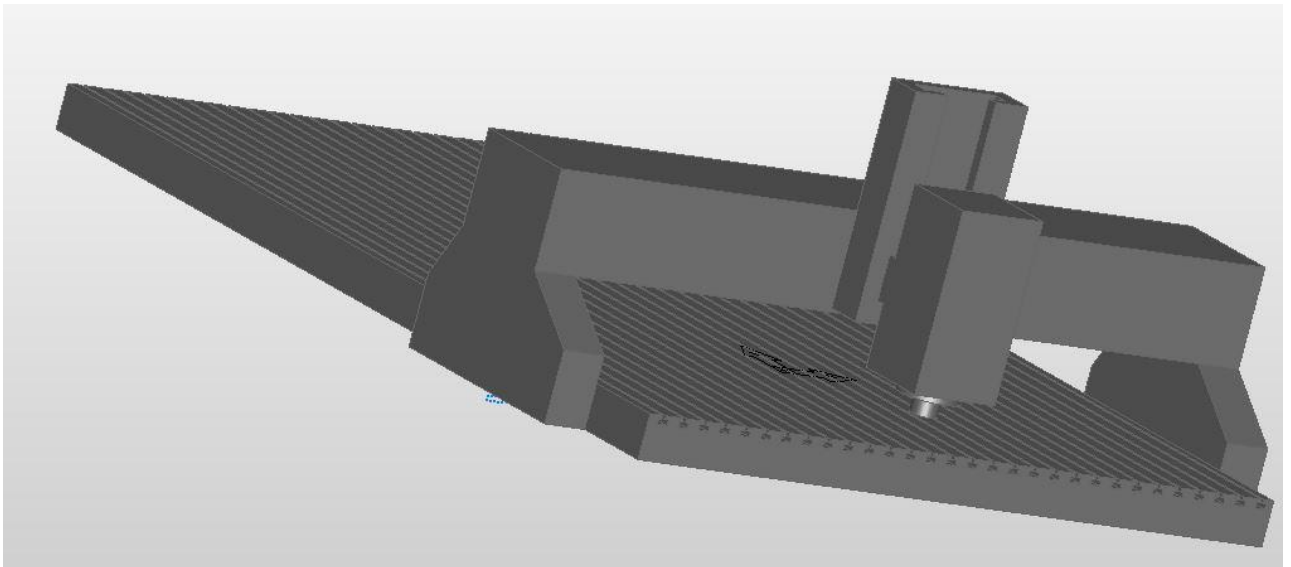
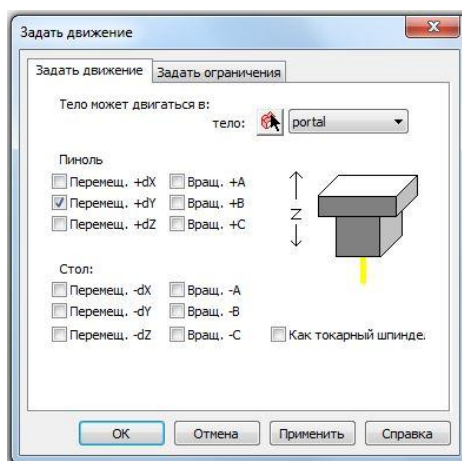
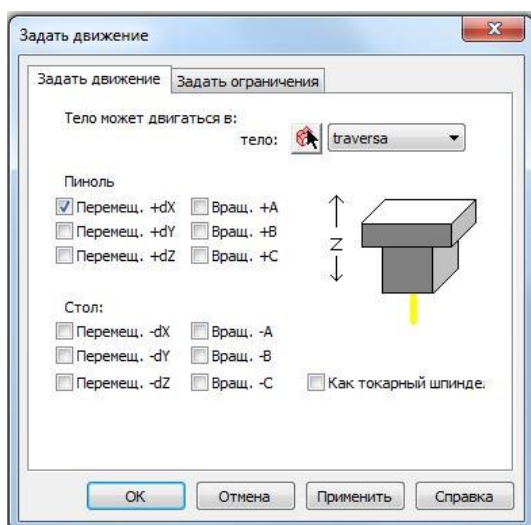


Рисунок 1.27 — 3D модель верстата Woodpecker CAMARO-1208 у програмному середовищі FeatureCAM.

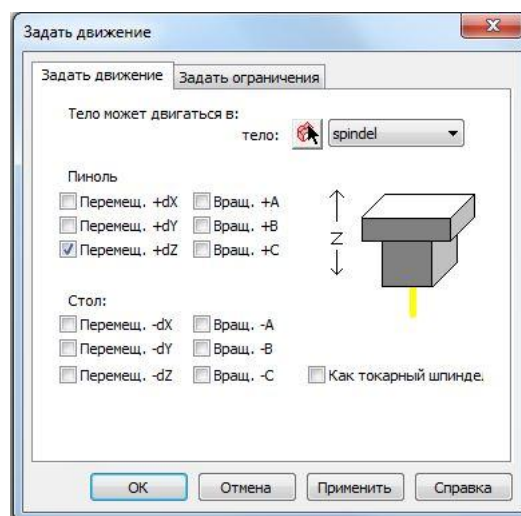
Наступним кроком для візуалізації обробки є задання переміщення робочих органів верстата по осям відповідно до наявного верстата. Для цього відкриваємо спеціальну вкладку в програмі та програмуємо кожну вісь відповідно до робочого органу верстата.



а)



б)



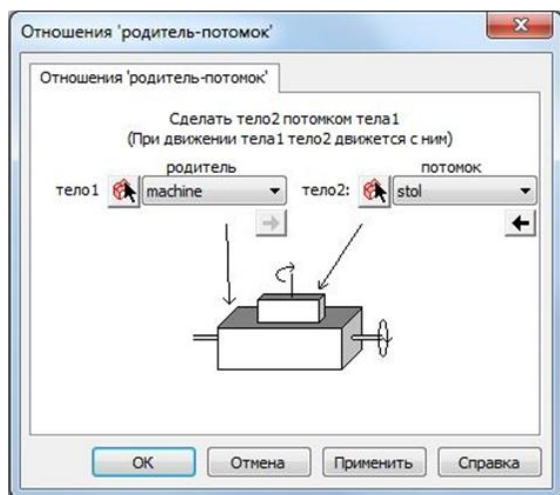
в)

а — задання переміщення деталі «Портал» по вісі Y; б — задання переміщення деталі «Траверса» по вісі X; в— задання переміщення деталі «Шпиндель» по вісі Z

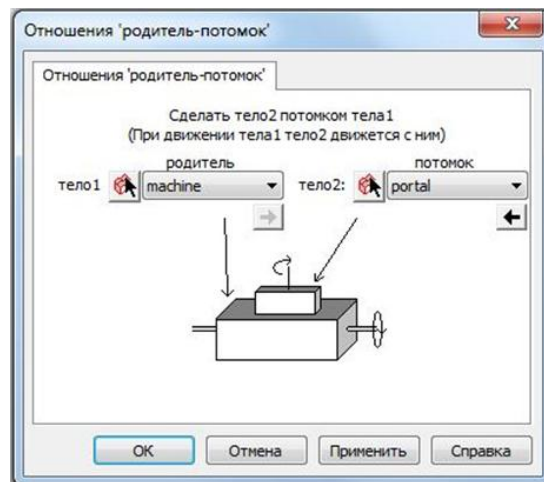
Рисунок 1.28 — Задання переміщень робочих органів верстата в програмному середовищі FeatureCAM

Коли модель завантажена та заданні переміщення по осям необхідно задати відношення «батьки-нащадки». За допомогою цих відношень буде визначено, які робочі органи верстата не будуть рухатися без переміщення других органів. Тобто «Траверса» не буде переміщуватися по вісі Y, якщо не буде

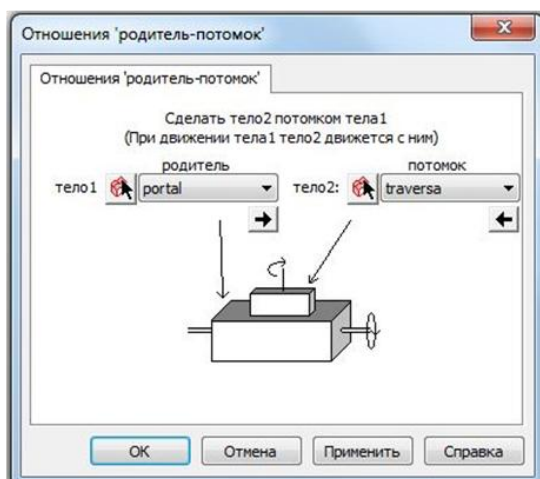
рухатися «Портал». Щоб задати ці відношення потрібно у відповідній вкладці програми вибрати деталі по черзі та запрограмувати в якій взаємозв'язку вони знаходяться.



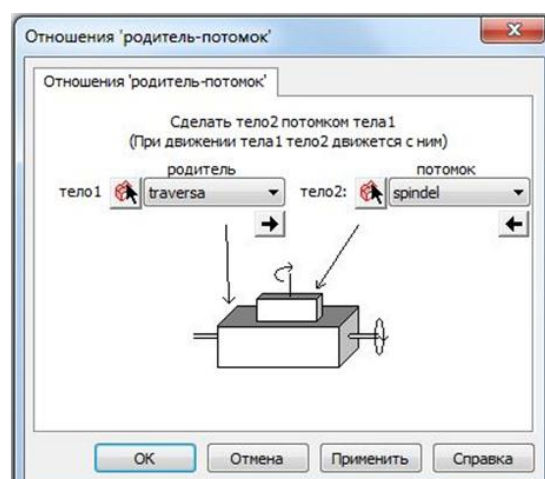
а)



б)



в)



г)

а — задання відношення деталі «Стіл» до машини ; б — задання відношення деталі «Портал» до машини; в— задання відношення деталі «Траверса» до деталі «Портал»; г— задання відношення деталі «Шпиндель» до деталі «Траверса»).

Рисунок 1.29 — Задання відношення «батьки-нащадки» в програмному середовищі FeatureCAM

Після задання відношень робочих органів верстата необхідно орієнтувати: верхню площину столу, точку розміщення заготовки та положення інструмента. Для того щоб задати верхню поверхню столу необхідно вибрати робочий орган верстата на якому буде розміщуватися заготовка та локальну систему координат (ЛСК) на поверхні столу.

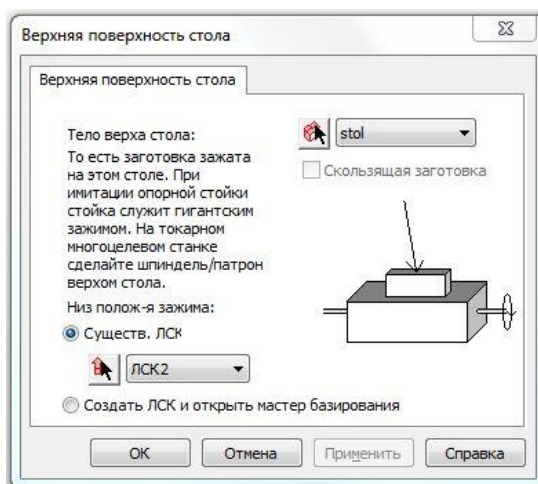


Рисунок 1.30 — Задання верхньої площини столу

Щоб задати положення інструменту необхідно вибрати робочий орган верстата в якому буде розміщуватися інструмент та ЛСК на шпинделі верстата.

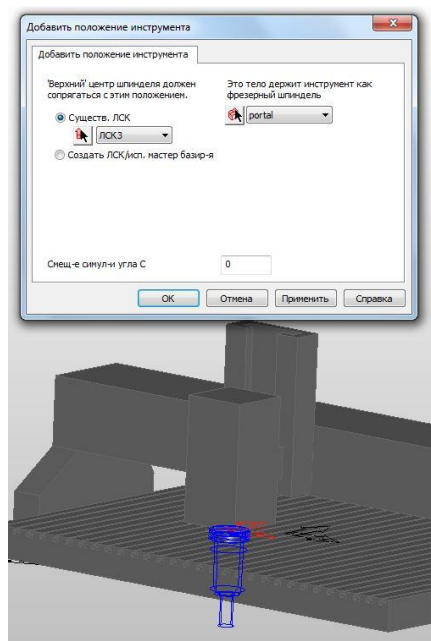


Рисунок 1.31 — Задання положення інструменту

Після того як виконані всі операції з моделлю верстата необхідно зберегти файл. Для того, щоб відбувалась візуалізація обробки в програмному середовищі FeatureCAM потрібно при створенні установу деталі вибрати створений верстат.

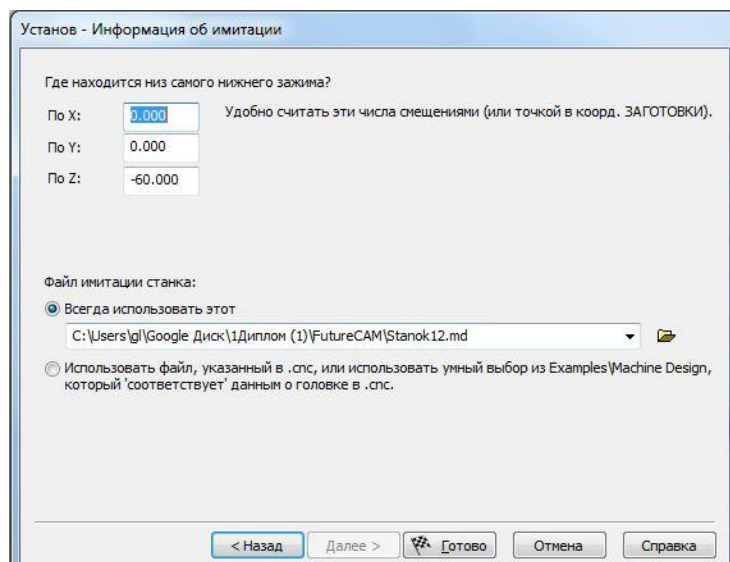


Рисунок 1.32 — Задання установу з створеним верстатом у програмному середовищі FeatureCAM.

Останнім кроком для візуалізації обробки є вибрати постпроцесор, який був вже розроблений, для заданого верстата.

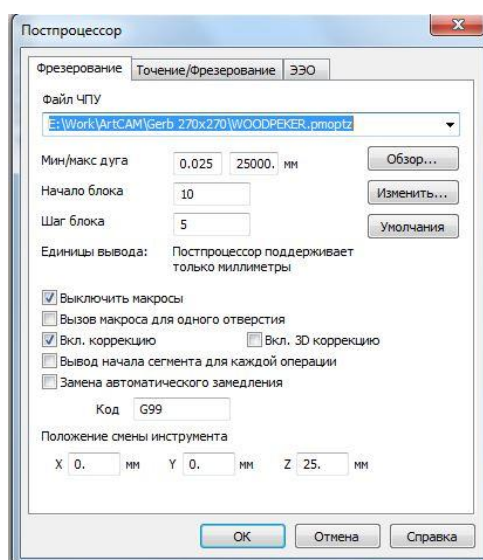


Рисунок 1.33 — Обрання постпроцесору для даного верстата.

На рисунку 1.34 представлений процес візуалізації обробки деталі в програмному середовищі FeatureCAM.

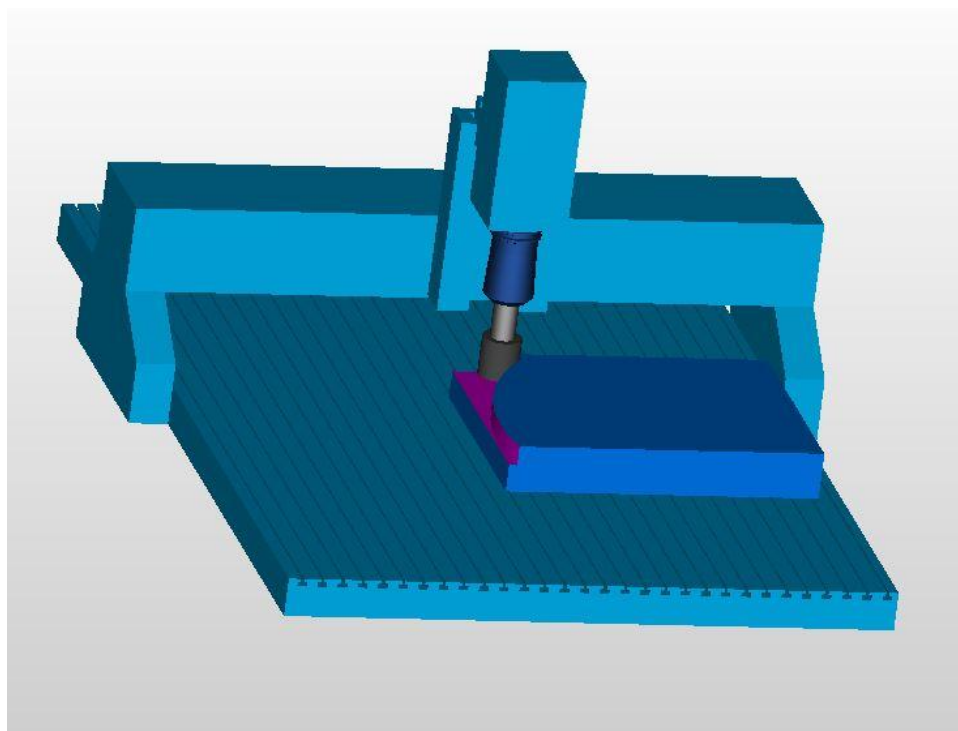


Рисунок 1.34 — Візуалізація процесу обробки деталі.

Після візуалізації обробки створюється керуюча програма для обробки деталі на верстаті, код керуючої програми надається на рисунку 1.33

С	Операция	Элемент	Инструмент
	черн. проход 1	выступ3	конц.фрезаM5.
	чернов. плоск.	выступ3	конц.фрезаM5.
	радиус уклона	выступ3	конц.фрезаM5.
	чист.	выступ3	конц.фрезаM5.
	фаска	выступ3	фаскаM0800
	черн. проход 1	карман1	конц.фрезаM1.
	чист.	карман1	конц.фрезаM1.
	thread finish	резьб_фрез1	tmM0150e
	Результаты		

Код УП
S1000 M3
G0 G90 G54X0.0 Y0.0
G43 H1 Z0.0 M8
G0 X-49.25 Y280.94 Z25.00
Z3.00 F33.8
G1 Z-25.00
X-25.00 Y293.91 F67.6
X-23.03 Y297.07
X-18.98 Y303.34
X-14.81 Y309.54
X-10.54 Y315.66
X-6.16 Y321.71
X-3.92 Y324.69
X-0.6 Y351.99

Рисунок 1.35 — Список виконаних переходів та код керуючої програми.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір та опис виду отримання заготовки.

У попередньому розділі був розроблений постпроцесор для фрезерно-гравірувального верстата Woodpecker CAMARO-1208, який був випробуваний на простій деталі. Але враховуючи, що деталь була з простою геометрією, необхідно постпроцесор ще раз протестувати на деталі з більш складною геометрією та конфігурацією. Для цього була обрана тестова деталь яка надається на рисунку 2.1

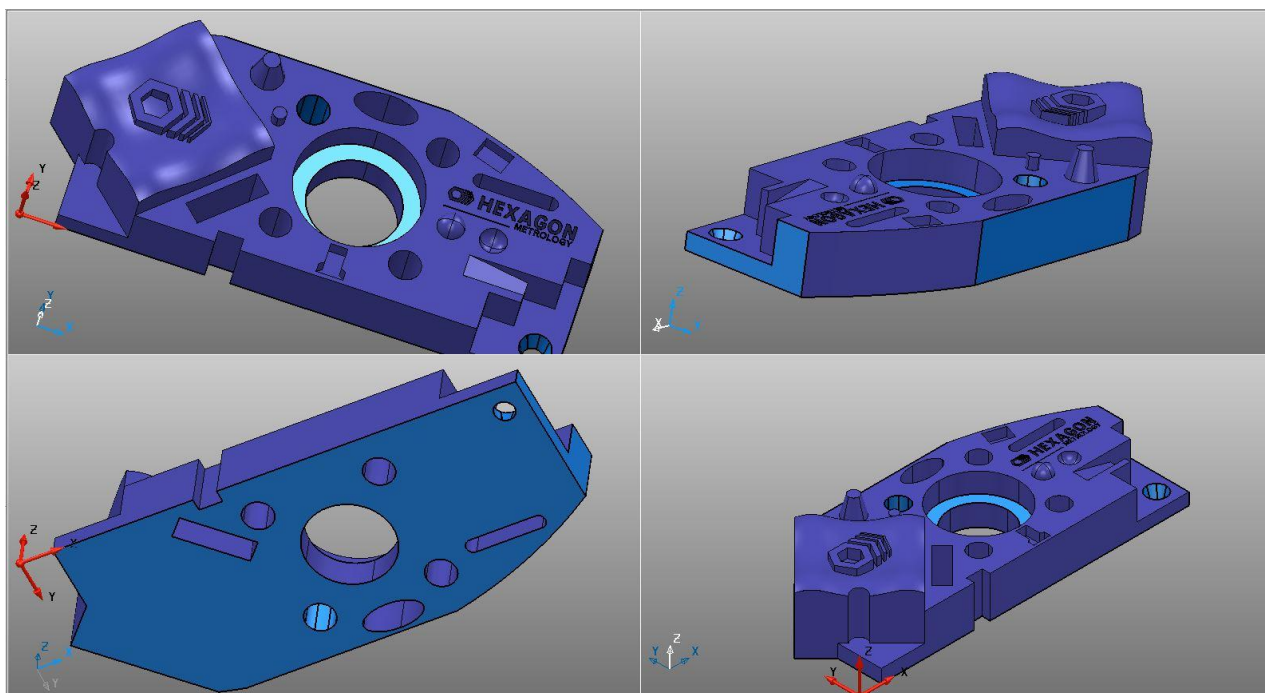


Рисунок 2.1 — Геометрія тестової деталі «HEXBLOCK_SURFACE»

Враховуючи особливості конструкції деталі заготовкою для її виготовлення може бути блок.

Загальні припуски та розміри заготовки визначаються табличним методом і надаються в таблиці 2.1. Величина припуску на довжину деталі призначається для чорнової обробки торців деталі діаметром, мм 30...80.

Розміри заготовки розраховуються додаванням величини припуску до розмірів деталі.

Таблиця 2.1 - Загальні припуски на обробку поверхонь деталі «HEXBLOCK_SURFACE»

Розмір деталі, мм	Точність розмірів, квалітет	Шорсткість R_a , мкм	Припуск на розміри заготовки, мм	Розмір заготовки, мм
250	h14	12,5	16,5x2	283±0,5
102	h14	12,5	0,5x2	103±0,5
47	h14	12,5	3	50±0,5

2.2 Розробка маршруту виготовлення деталі

При проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі вирішують головну задачу технології - забезпечити потрібну якість, максимальну продуктивність, мінімальну собівартість і мінімум шкідливих впливів на навколишнє середовище. Технологічні основи вирішення цього завдання закладаються при призначенні переходів маршрутів обробки поверхонь (МОП), організаційні основи - при формуванні операцій маршруту виготовлення деталі (МЗС).

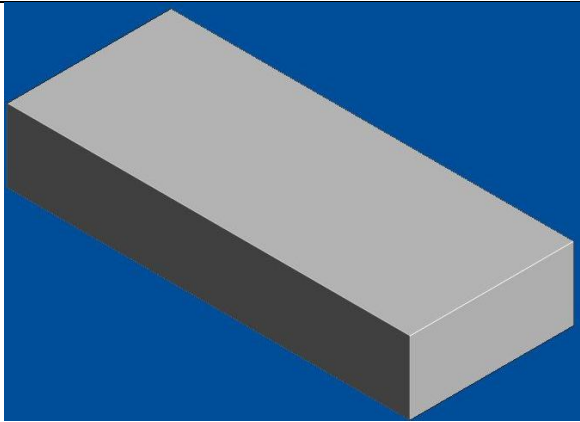
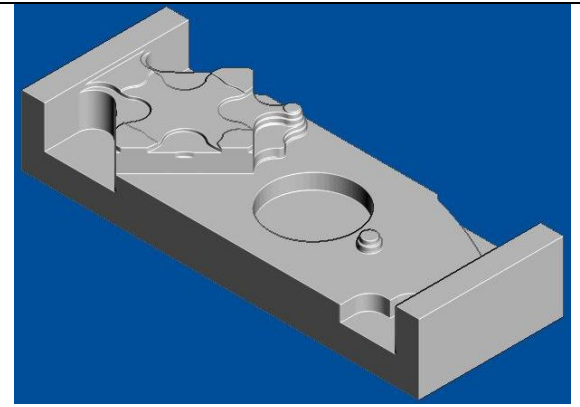
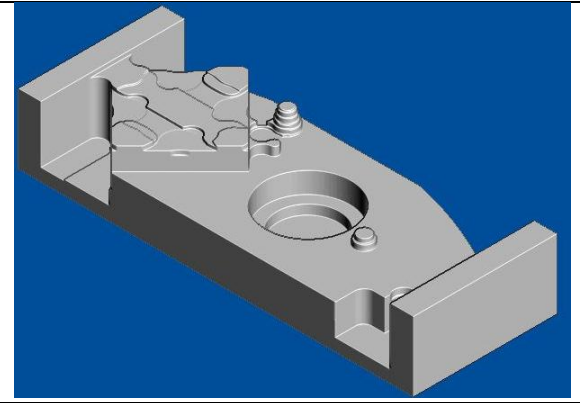
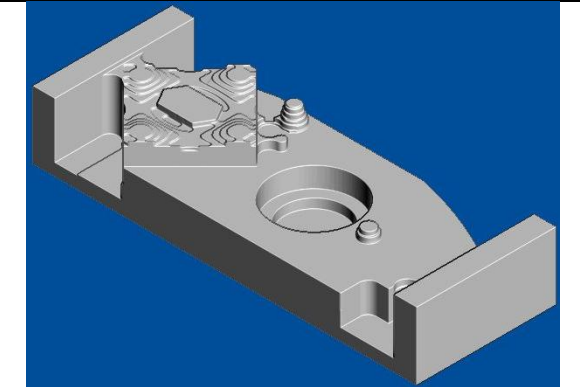
Основні етапи маршруту

Складаємо загальну етапну схему виготовлення деталі - етапний маршрут виготовлення деталі:

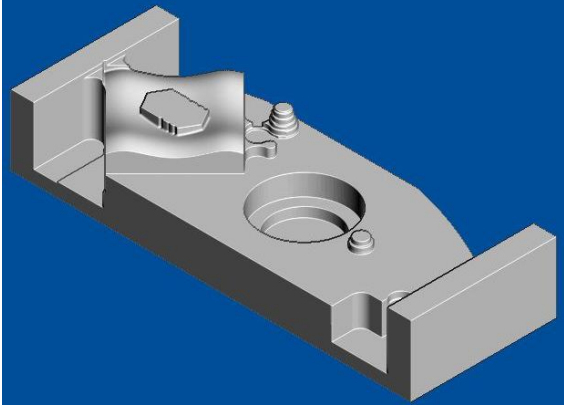
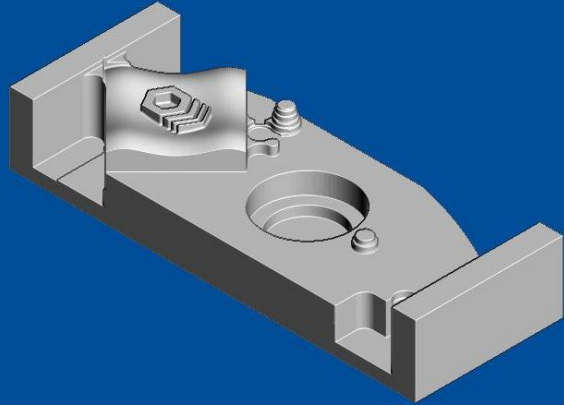
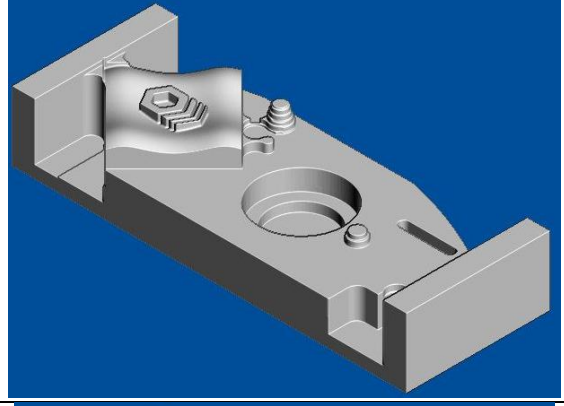
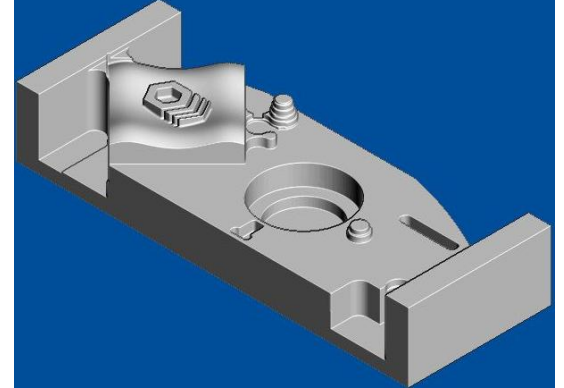
- 1 етап - отримання заготовки,
- 2 етап – механічна обробка:
 - фрезерно-гравірувальна
- 3 етап – контроль

У таблиці 2.3 представлений маршрут виготовлення деталі «HEXBLOCK_SURFACE».

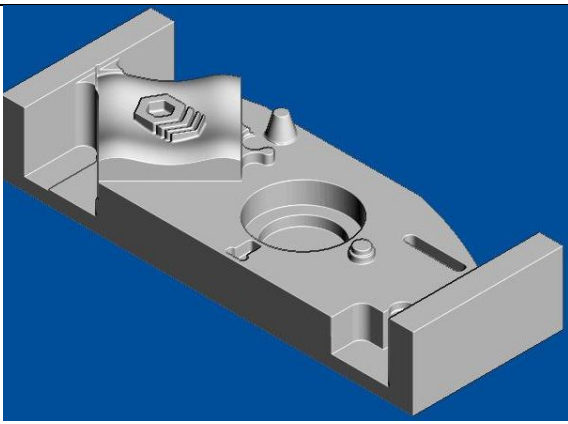
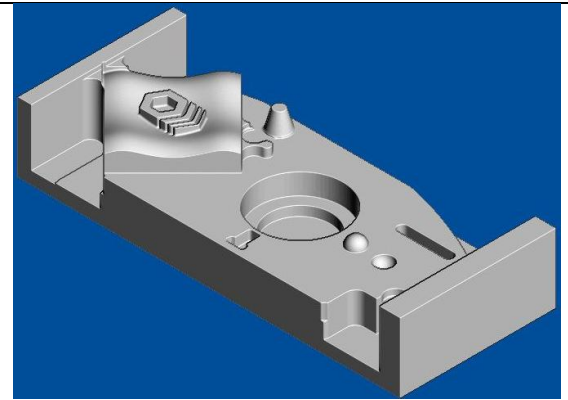
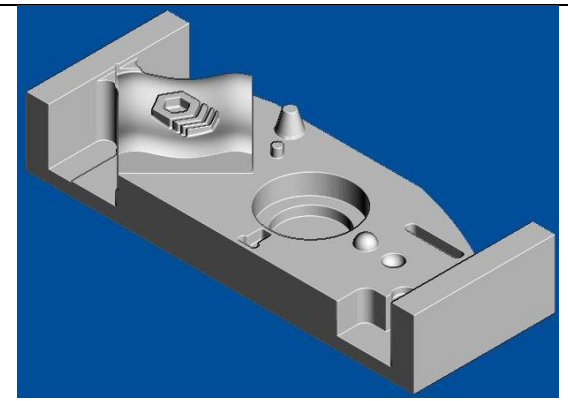
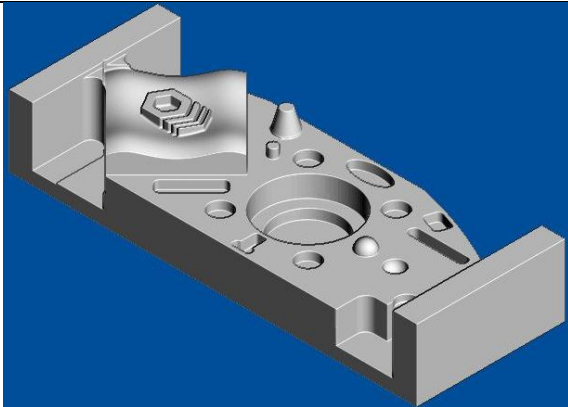
Таблиця 2.3 – Маршрут обробки деталі «HEXBLOCK_SURFACE»

№ операції	№ переходу	Зміст переходу	Ескіз
1	2	3	4
05	1	Встановити і закріпити деталь	
	2	Фрезерувати деталь знімаючи припуск по всій деталі	
	3	Фрезерувати деталь знімаючи припуск по всій деталі	
	4	Фрезерувати попередньо виступ під подальше фрезерування	

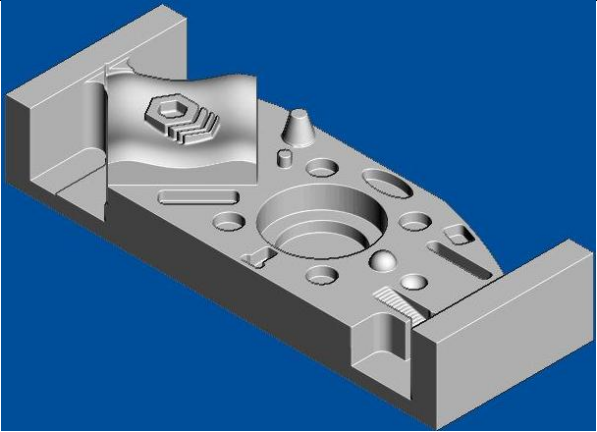
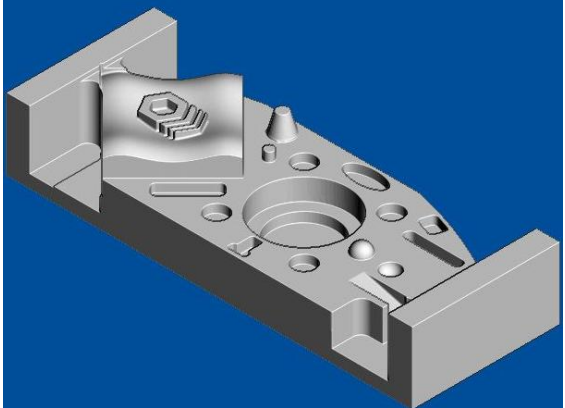
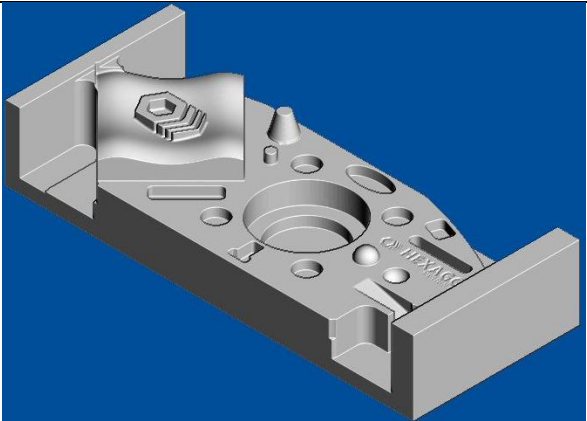
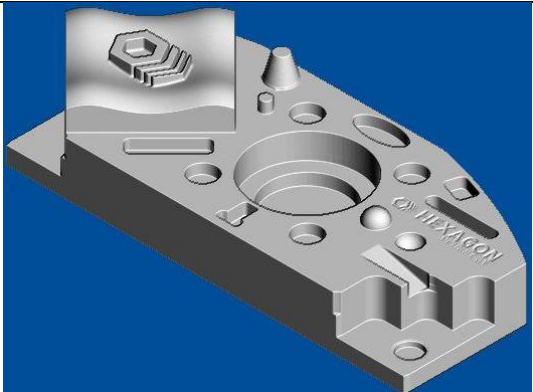
Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
05	5	Фрезерувати начисто виступ	
	6	Фрезерувати знак начисто	
	7	Фрезерувати прямокутний карман начисто	
	8	Фрезерувати спеціальне поглиблення начисто	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
	9	Фрезерувати конус начисто	
05	10	Фрезерувати сферичне поглиблення та сферичний виступ начисто	
	11	Вибірка залишкового матеріалу меншого діаметру	
	12	Фрезерувати всі кармани начисто	

Кінець таблиці 2.3

1	2	3	4
	13	Фрезерувати нахил начорно	
	14	Фрезерувати нахил начисто	
	15	Фрезерувати напис начисто	
	16	Перевстановити	-
	17	Фрезерувати залишковий матеріал	

2.3 Обґрунтування вибору технологічних баз

Базою називають поверхню, вісь, точку деталі або складальної одиниці, по відношенню до яких орієнтується інші деталі виробу або поверхню деталі, які обробляються. При проектуванні технологічного процесу для забезпечення необхідної точності велике значення має вибір баз.

При виборі технологічних баз для обробки заготовок необхідно застосовувати принцип сполучення баз, тобто для технологічної бази необхідно брати поверхню, яка є вимірювальною базою. При розробці маршруту обробки необхідно дотримуватися принципу постійності баз; на всіх основних технологічних операціях використовувати для технологічних баз одні й ті ж поверхні.

Тобто, розробляючи технологічний процес механічної обробки деталі, для кожної операції необхідно вибирати бази, керуючись наступними положеннями:

- бажано, щоб вимірювальна і технологічна бази збігалися, треба вибирати в якості технологічної бази поверхню, від котрої заданий розмір. При цьому похибка базування буде дорівнювати нулю і відпаде необхідність в перерахунку операційних розмірів;

- кожна зміна установчої бази в ході технологічного процесу вносить нові похибки, які залежать від неточності взаємного розташування баз; тому доцільно виконувати обробку від однієї постійної бази;

- якщо для виконання наступної операції минула база не може бути використана, то новою установчою базою повинна бути оброблена поверхня;

- у всіх випадках установча база повинна забезпечити жорсткість установки заготовки, яка досягається відповідними розмірами поверхонь базування і їх взаємним розташуванням;

- чорнова установча база може бути прийнята тільки для чорнових операцій, так як повторне її використання може значною мірою порушити взаємне розташування оброблюваних поверхонь;

- прийняті бази та методи базування повинні забезпечувати більш просту і надійну конструкцію пристосування. Зручність установки і зняття деталі.

Конструкторською базою є зовнішня поверхня заготовки, яка протягом технологічного процесу використовується в якості технологічних баз. На першій чорновій операції деталь затискається по зовнішній поверхні заготовки - чорнова база призначається один раз.

2.4 Вибір верстату для виконання обробки

3D гравірувально-фрезерний верстат Woodpecker CAMARO-1208 має робочу область розміром 1200x800x110мм і шпинделем потужністю 1500Вт, оснащений високоточними кульково-гвинтовими парами і кроковими двигунами по всіх осях.

Області застосування:

- візуальна реклама: фрезерування об'ємних букв, рельєфних зображень, покажчиків, табличок, логотипів, гербів з широкого спектру матеріалів, фрезерування композитних панелей і т.д. ;
- деревообробне виробництво: декоративне різання по дереву і МДФ, розкроювання ДСП, виробництво ексклюзивних меблів, дверей, фасадів та ін;
- поліграфія: штампи для тиснення та конгріву;
- ювелірна справа: інкрустації, медалі, брошки, воскові моделі, форми для лиття;
- приладо- та машинобудування: форми для лиття, штампи та прес-форми, технічні прокладки, приладові дошки, панелі управління, маркування, швидке створення прототипів;
- Взутцева промисловість: виготовлення форм для лиття, шаблонів, лекал
- Таропакувальне виробництво: моделі, форми для виробництва пластикової тари, кліше для тиснення та ін.;

– Оброблювані матеріали: пластики, органічне скло, дерево, метали: латунь, алюміній, магній і т.д.;



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд Woodpecker CAMARO-1208.

Особливості гравірувально-фрезерних машин Woodpecker:

- широкий модельний ряд з різною робочою областю та шпинделями для різноманітного спектра завдань;
- можливість 2D і 3D обробки широкого спектру матеріалів (пластик, оргскло, дерево, кольорові метали).
- високошвидкісні крокові двигуни постійного струму по всіх осях;
- конструктивно незалежний блок управління;
- цанговий патрон стандартного діаметра, що дозволяє встановлювати всі типи стандартних фрез;
- прецизійні кульково-гвинтові пари по всіх осях;
- сталева станина, рухомі частини з високоякісного алюмінієвого сплаву забезпечують міцність конструкції, високу швидкість і точність;
- оснащені зчитувальними пристроями для карти пам'яті CompactFlash;

- оснащені високошвидкісною системою управління верстатом ARM system, що значно підвищує продуктивність;

Таблиця 2.4 – Основні параметри верстатта Woodpecker CAMARO-1208

Робочий стіл X,Y, мм	1325×1280
Робочий простір, мм	1200x800x110
Макс. швидкість переміщення, м/хв	7.2
Потужність шпинделя, Вт	1500
Макс частота обертання шпинделя, об/хв	24000
Діаметр інструмента, мм	3,175/4/6/8
Тип привода мотора	Мікрокроковий
Живлення	АС 220 В±10%, 50 Гц
Габаритні розміри, мм	1525x1710x1420
Вага, кг.	380
Споживча потужність, КВт	1.8

Верстат з ЧПК Woodpecker CAMARO-1208 комплектується набором цанг, яка забезпечує жорстке закріплення токарного інструменту і розточних оправок. Дана револьверна головка дозволяє встановити інструменти по периметру і має рівне число стандартних радіальних пазів на торцевій поверхні для кріплення токарного інструменту як в правосторонньому, так і в лівосторонньому напрямку.

2.5 Вибір оснащення для обробки

Сучасні ріжучі інструменти виготовляють з вуглецевих і легованих інструментальних сталей, швидкорізальних інструментальних сталей, твердих сплавів, мінералокераміки, алмазів, абразивних матеріалів.

Для повного використання можливостей сучасного ріжучого інструменту необхідно підвищити не тільки швидкохідність і потужність, але і жорсткість верстата.

При повному використанні можливостей сучасного ріжучого інструменту, коли робота ведеться при високих режимах різання і при концентрації операцій і переходів, основний час у багатьох випадках скорочується настільки значно, що становить лише невелику частину загального штучного часу.

Інструментальна промисловість освоїла широку номенклатуру сучасних ріжучих інструментів, значно збільшивши за останні роки випуск високопродуктивних інструментів, оснащених твердим сплавом.

Конструкція і геометрія ріжучого інструменту безперервно удосконалюється. З'являються нові матеріали для його виготовлення, що створює умови для безперервного підвищення швидкостей різання і роботи з більшими подачами. Виходячи з аналізу сучасних темпів розвитку, можна зробити висновок, що продуктивність ріжучого інструменту подвоюється кожні десять років. Якщо розгляньте рекомендації десятирічної давності, то виявите, що сучасні інструменти в два рази швидше знімають стружку і при цьому витрачають на 30% менше енергії.

Нові інструменти зроблені з більш міцних і жорстких марок карбідів, застосовуються при обробці на великих швидкостях і забезпечують менший ріжуче зусилля. Вони забезпечені стружколомами, виконані з більш універсальних матеріалів, менш залежних від області застосування. Вони розроблені для нових технологічних процесів в машинобудуванні. Наприклад, інструменти для виразний обробки і поворотні інструменти, багатофункціональні фрезерні головки, інструменти для високошвидкісної обробки, з використанням мінімальної кількості СОР і для токарної обробки деталей високої твердості і т. д. В силу перерахованих вище та ряд інших причин необхідно брати до уваги найкращі практичні результати і останні досягнення в технології ріжучого інструменту, інакше ризикуєте відстати від історичного прогресу.

Для обробки деталі був обраний комплект фрез, які надається на рисунку 2.3.



Рисунок 2.3 — Набір фрез для обробки заданої деталі.

Для фрезерно-гравірувального верстата обрано базовий набір затискних елементів фірми «AMFO», який надається на рисунку 2.5



Рисунок 2.5 - Базовий набір затискних елементів фірми «AMFO».

Для контролю готової деталі вибирається вимірювальна рука MicroScribe G2X. Дана вимірювальна рука дозволяє проконтролювати готовий виріб по наявній 3D моделі.



Рисунок 2.6— Вимірювальна рука MicroScribe G2X.

Таблиця 2.5 — Характеристики 3d сканера MicroScribe G2X


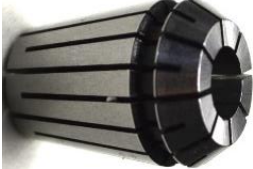

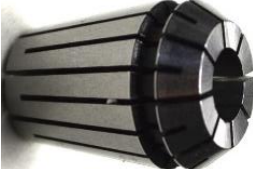

Точність	0,23 мм
Розмір робочого простору	1270 мм
Програмне забезпечення	Стандартні драйвери – MicroScribe G2 сумісні з усіма популярними програмними продуктами для 3D моделювання та контролю деталей
Сумісність	PC и Macintosh
Інтерфейси	RS-232 или 1.1 USB

Перелік технологічного оснащення для виготовлення деталі надається в таблиці 2.5.

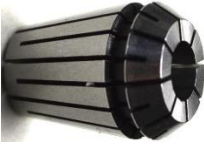

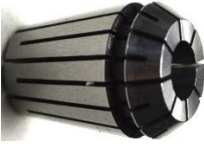

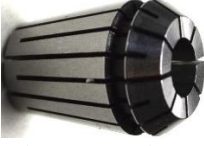

Таблиця 2.5 – Технологічне оснащення для виготовлення деталі «HEXBLOCK_SURFACE»

Перехід	Оснащення
1	2
2	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d8</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D20</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>
3	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d8</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D12</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>
4	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d6</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D4</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>

Продовження таблиці 2.5

1	2
5	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d2</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D2 ГОСТ 18944-73</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>
6	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d2</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D2</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>
7	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d6</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D5</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>

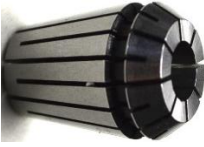

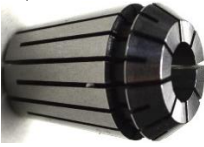

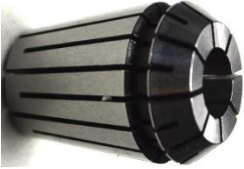

Продовження таблиці 2.5

1	2
8	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d6</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D3</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>
9	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d2</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D4</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>
10	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d2</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D4</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>

Продовження таблиці 2.5

1	2
11	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d6</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D5</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>
12	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d6</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D5</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>
13	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d2</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D4</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>

Кінець таблиці 2.5

1	2
14	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d2</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D4</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>
15	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d6</p>  <p>Ріжучий інструмент: Гравер спеціальний</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>
17	<p>Допоміжний інструмент: Цанга ER8 d8</p>  <p>Ріжучий інструмент: Фреза D12</p>  <p>Вимірювальний інструмент: Вимірювальна рука MicroScribe G2X; ШЦ-I-160-0,05 ГОСТ 166-89</p>

2.6 Вибір режимів різання

Режими різання для обраного матеріалу та виду обробки не розраховуються, а приймаються в залежності від діаметру згідно рекомендації цього матеріалу.

Таблиця 2.7 – Режими різання

Номер переходу	Діаметр фрези, мм	Глибина різання, мм	Подача, мм/хв	Швидкість різання, м/хв	Частота обертання, об/хв	Основний технологічний час, хв.
1	2	3	4	5	6	7
2	20	3	1500	753,6	12000	43,88
3	12	3	1500	452,16	12000	19,15
4	4	1	1800	175,84	14000	6,01
5	2	0,3	1900	100,48	16000	16,73
6	2	0,3	1900	100,48	16000	9,61
7	5	1	1800	219,8	14000	1,22
8	3	1	1800	131,88	14000	1,87
9	4	1	1800	175,84	14000	2,01
10	4	1	1800	175,84	14000	1,82
11	5	1	1800	219,8	14000	1,9
12	5	1	1800	219,8	14000	6,82
13	4	1	1800	175,84	14000	2,52
14	4	1	1800	175,84	14000	4,17
15	0,1	0,1	1900	5,02	16000	4,92
17	12	3	1500	452,16	12000	74,17

2.7 Контроль деталі

Для тестування постпроцесору була обрана деталь складної конфігурації, яку неможливо виміряти стандартним вимірювальним інструментом. Тому для

вимірювання деталі було обрано вимірювальну руку MicroScribe G2X, програмне забезпечення «PowerINSPECT» та наявну комп'ютерну модель.

Першим кроком при вимірюванні заданої деталі є завантаження даної деталі в програмне забезпечення та узгодження системи координат комп'ютерної моделі, вимірювальної руки та наявної моделі за допомогою площини, прямої між двома колами та центром одного з цих кіл.

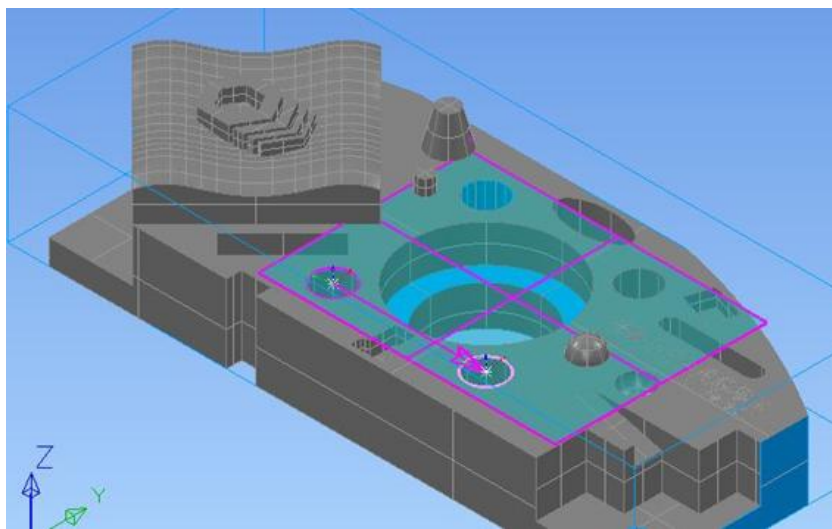


Рисунок 2.8 — Базування по геометрії.

Тепер при переміщенні вимірювального маніпулятора, його положення на деталі співпадає з положенням на комп'ютерній моделі.

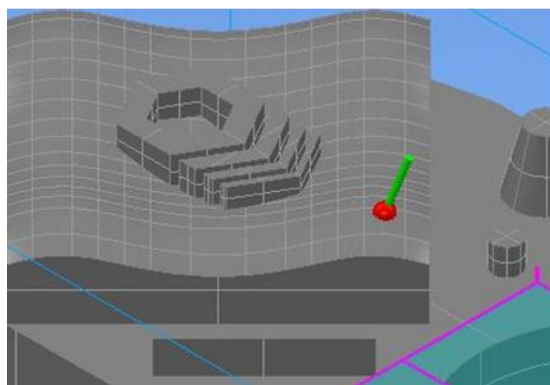


Рисунок 2.9 — Результат базування деталі по геометрії

Після прив'язки систем координат можна починати вимірювання деталі по окремим геометричним об'єктам. Складні криволінійні поверхні неможливо виміряти стандартним інструментом, тому контроль з використанням вимірювального маніпулятора дає повне уявлення про точність виготовленої деталі незважаючи на складність геометрії. На рисунку 2.10 показано приклад вимірювання однієї з поверхонь, можна помітити, що вона оброблена з нерівномірною точністю, але в полі допуску виготовлення заданої деталі.

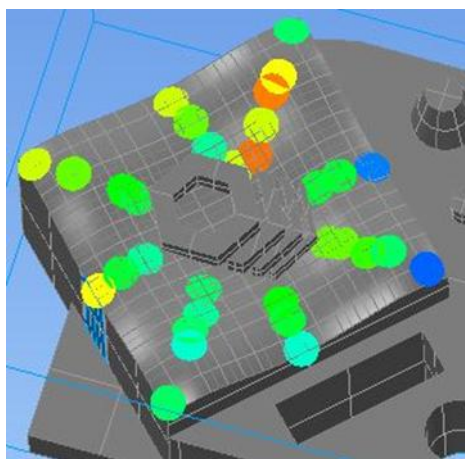


Рисунок 2.10 — Вимірювання виступу в програмному забезпеченні «PowerINSPECT».

Таким чином вимірюються всі поверхні деталі та роблять звіт по кожній з поверхонь в якому зазначенні відхилення розмірів від допуску.

3 СТВОРЕННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ

Для створення керуючої програми для верстата Woodpecker CAMARO-1208 використовуємо програмне забезпечення фірми Delcam, а саме «PowerMILL». Це програмне забезпечення відносить до класу САМ систем які автоматизують процес підготовки керуючих програм, мінімізують час програмування та підвищують продуктивність обробки. «PowerMILL» генерує траєкторії на основі елементів обробки та підбирає потрібний інструмент для чорнових і чистових проходів, розраховує подачі та швидкості а також інші необхідні параметри обробки. Крім підібраних режимів різання та інструментів, є можливість міняти режими різання і створення свого різального інструменту. Програма дозволяє у 2D і 3D імітувати процеси фрезерної обробки, що дозволяє налагодити керуючу програму до її завантаження на верстат.

Керуюча програма в середовищі «PowerMILL» створюється в наступній послідовності:

1. Завантаження моделі деталі

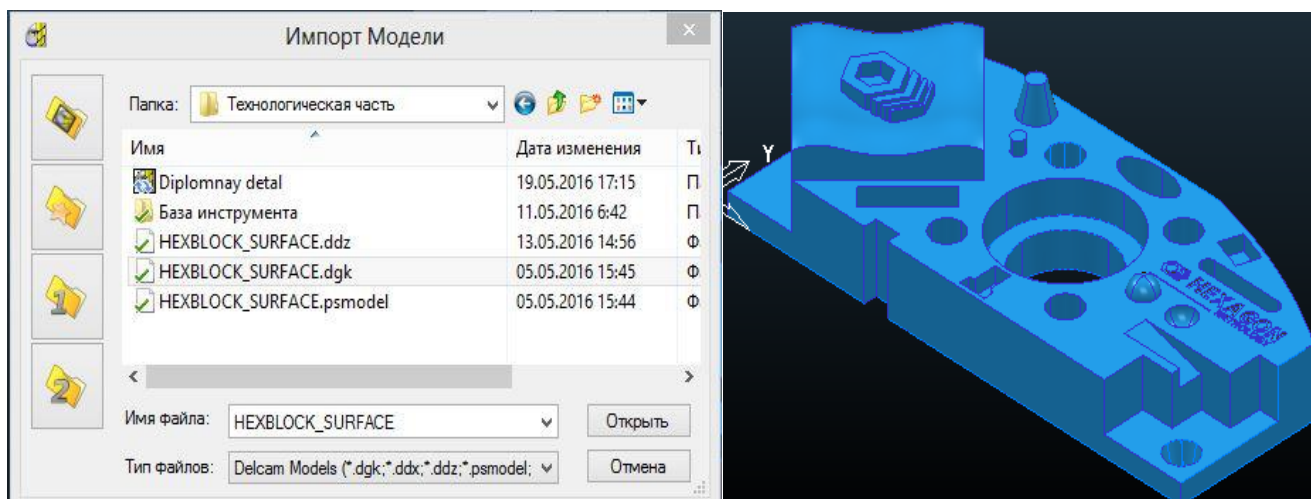


Рисунок 3.1 — Завантаження моделі деталі в середовищі «PowerMILL».

2. Створення заготовки

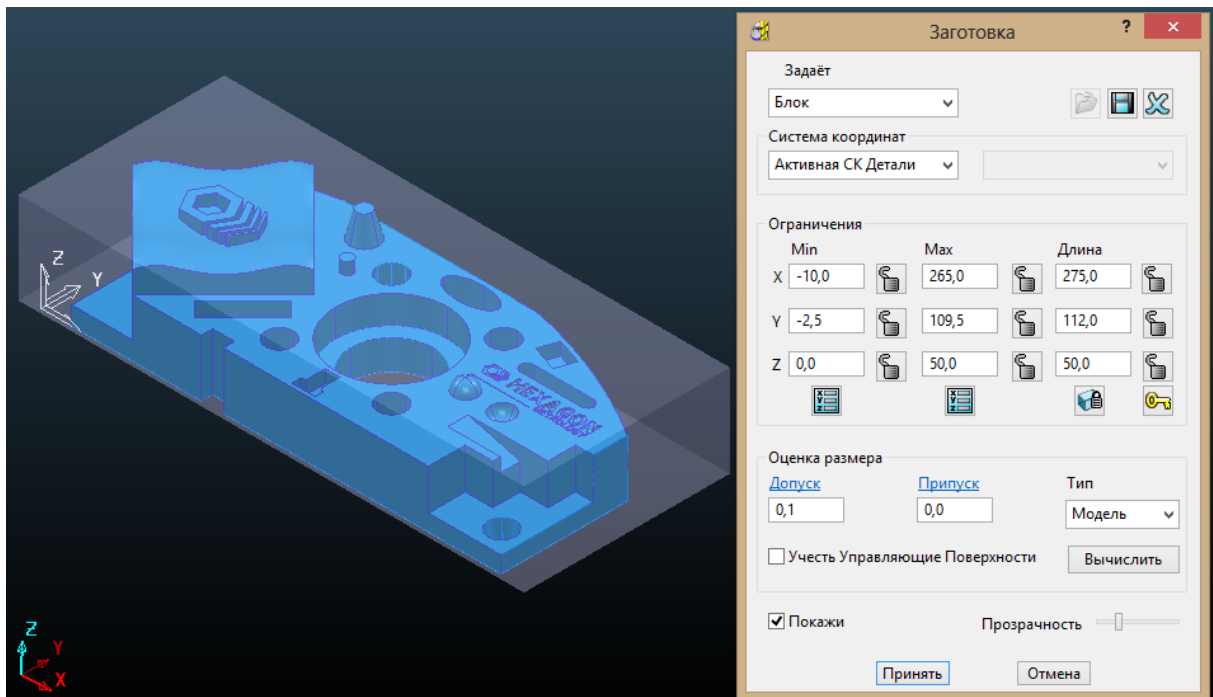


Рисунок 3.2 — Створення заготовки в середовищі «PowerMILL».

3. Створення операційних переходів

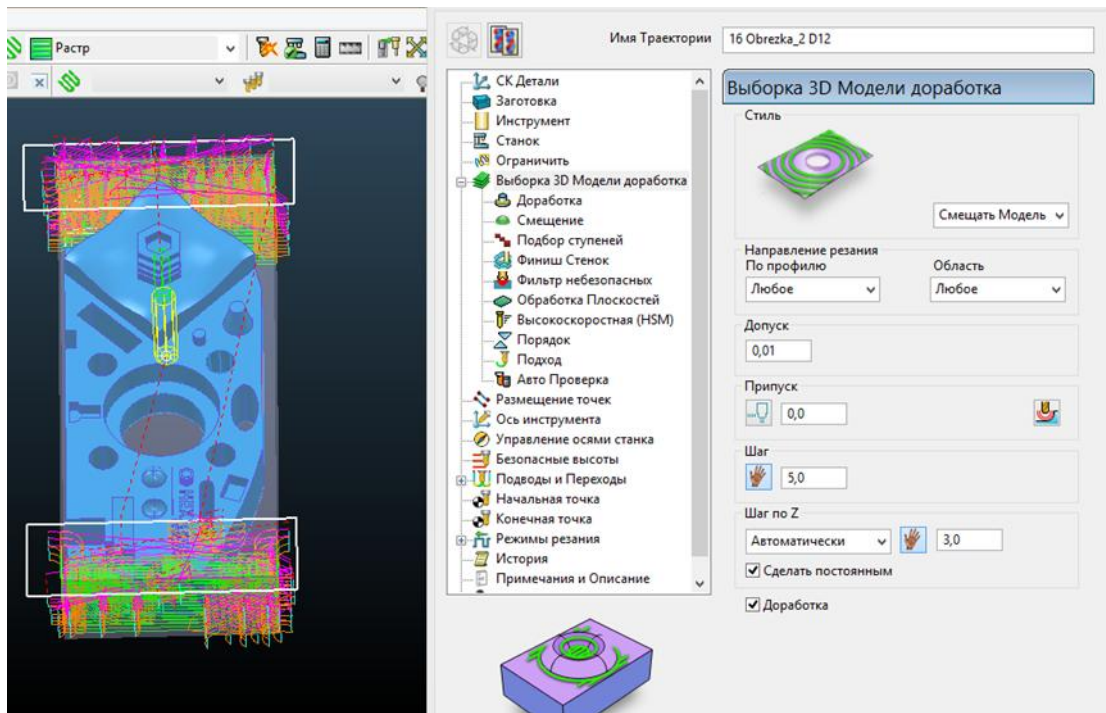


Рисунок 3.3 — Створення операційного переходу в середовищі «PowerMILL».

4. Створення інструменту для переходу

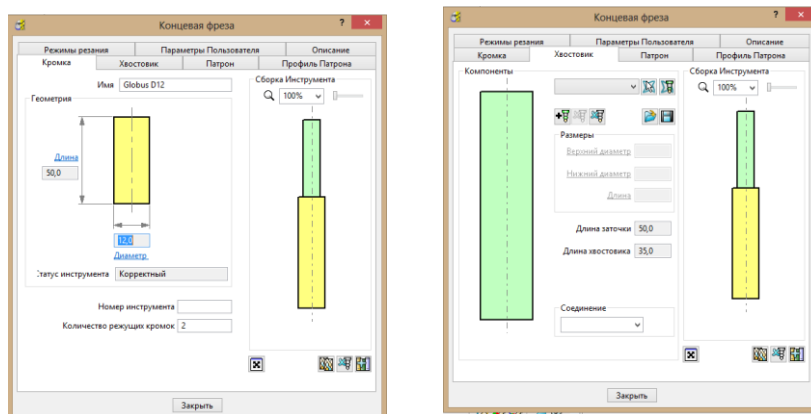


Рисунок 3.4 — Створення інструменту для обробки на заданому переході в середовищі «PowerMILL»

5. Редагування переходів за врізанням, обмеженням та іншими параметрами

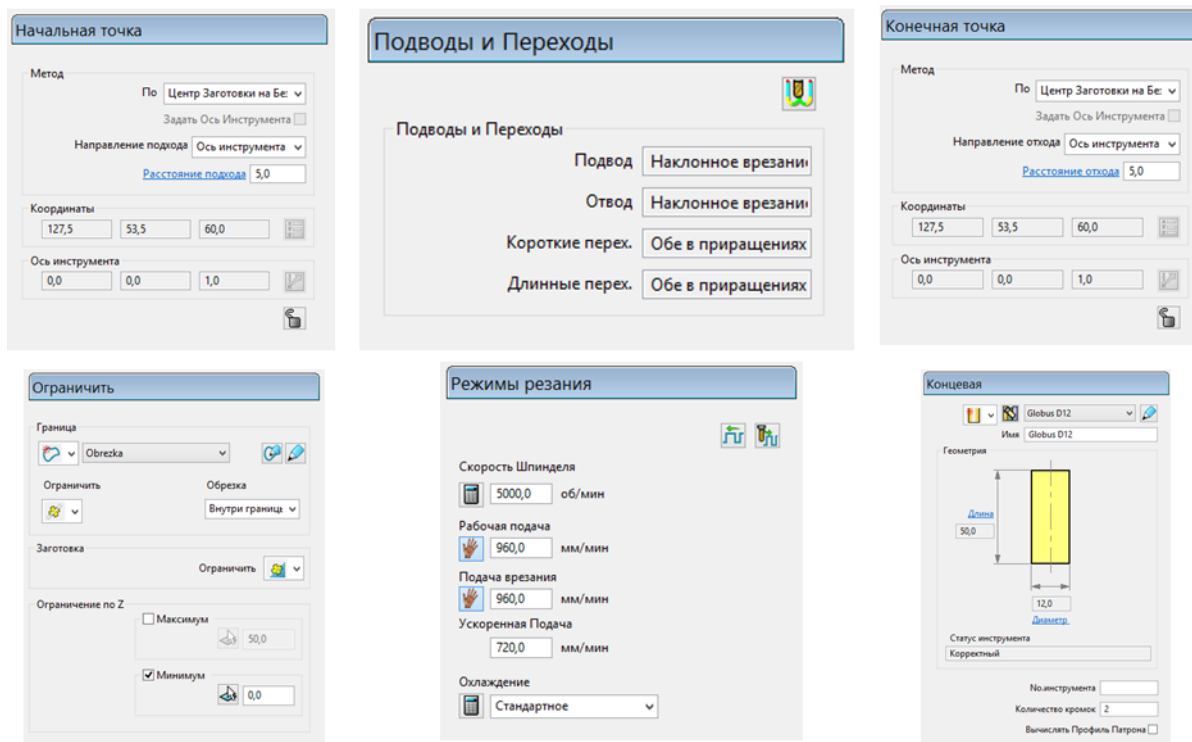


Рисунок 3.5 — Редагування переходів для обробки деталі в середовищі «PowerMILL».

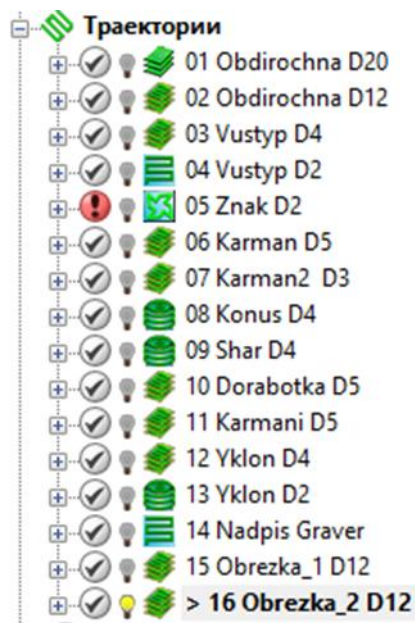


Рисунок 3.6 — Дерево обработки детали в среде «PowerMILL»

6. Створення керуючої програми

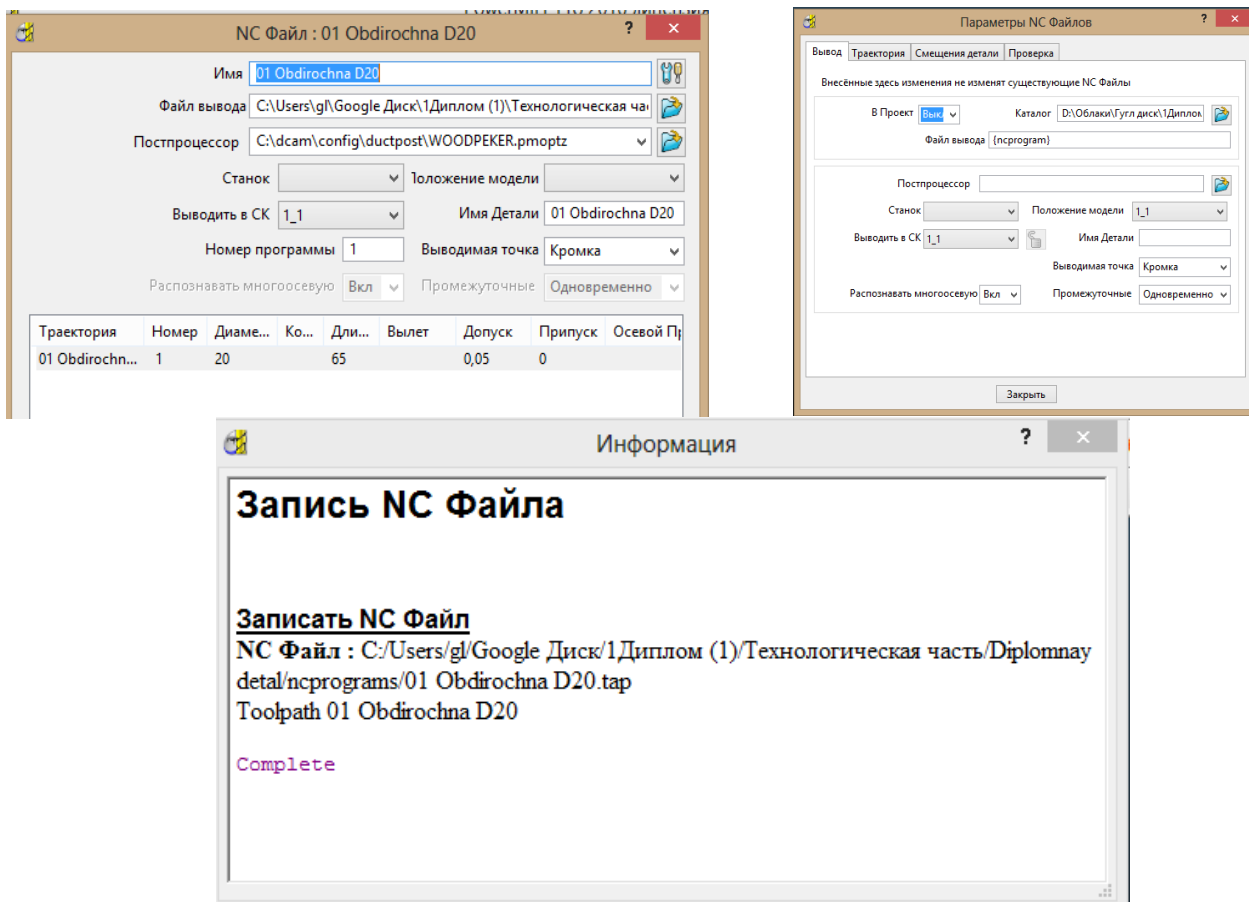


Рисунок 3.7 — Створення керуючої програми

Також є можливість переглянути весь процес обробки на візуалізації для запобігання ударів, зрізів та інших помилок програміста:

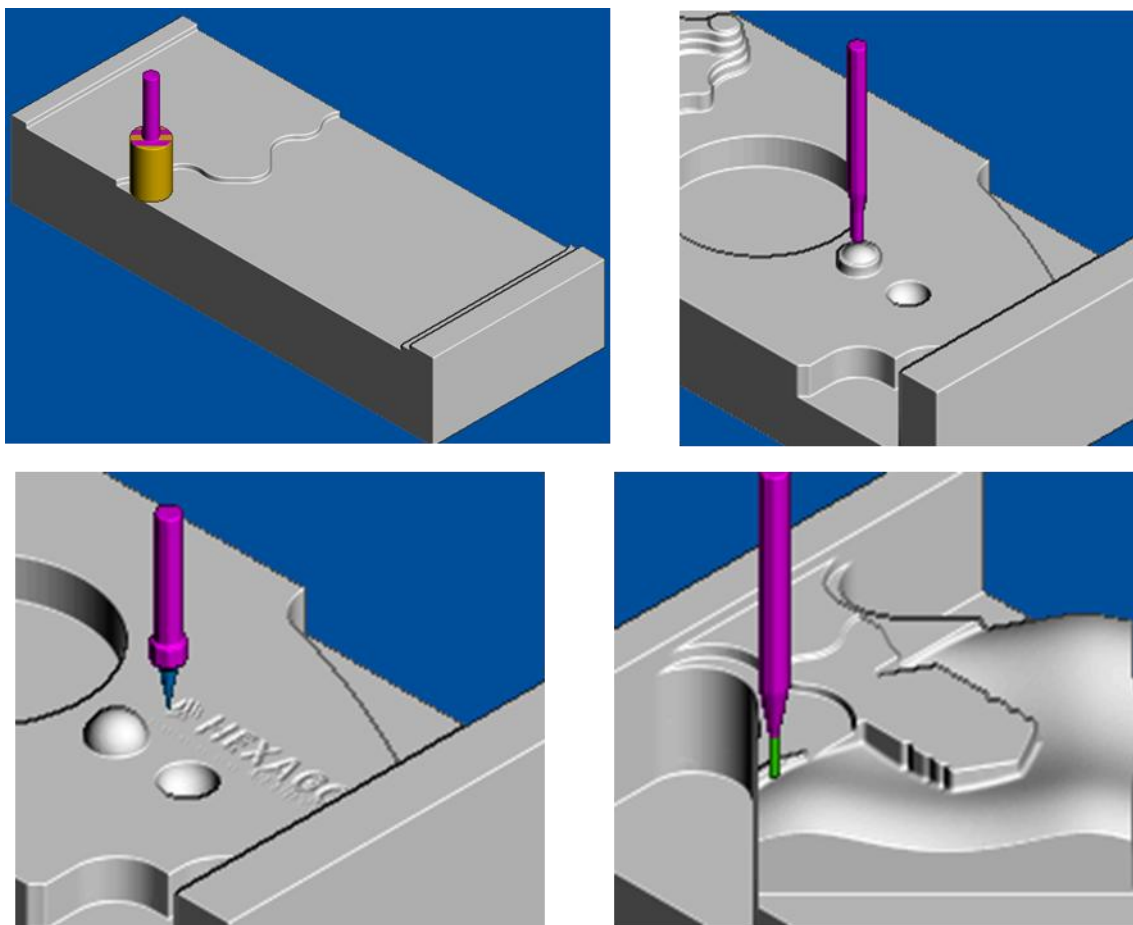


Рисунок 3.8 — Візуалізація обробки в середовищі «PowerMILL».

ВИСНОВКИ

- Розроблено постпроцесор для верстату Woodpecker CP1208;
- проведено налагодження постпроцесору було для роботи в програмному забезпеченні Carvesco;
- проведено тестову обробку для аналізу коректності роботи створеного постпроцесору;
- створено спрощену кінематичну схему верстата для подальшої її використання у варафікації створених керуючих програм;
- розроблено маршрут обробки деталі складної форми для написання керуючої програми з використанням розробленого постпроцесору;
- визначено режими різання та призначено різальний інструмент для обробки деталі.
- обрано вимірювальну систему та програмне забезпечення для інспектування точності отриману деталь.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обладнання для новітніх технологій [Текст]: навчальний посібник / В.В. Солоха, Л.Й. Івченко, І.А. Бойко, В.Ю. Коцюба, В.Л. Карнаух. – Запоріжжя: ПАТ «Мотор Січ», 2020. – 210 с.
2. Интеллектуальные возможности современных САМ-систем. Обзор по материалам разработчиков и современных САМ-изданий. CAD/CAM/CAE Observer No4(9), Рига - 2002, с.2-7.
3. Петраков Ю.В., Пасічник В.А. Проектування формоутворюючих рухів для оброблення складних 3D поверхонь на верстатах з ЧПУ / Вісник НТУУ «КП». Машинобудування. К.:2008.-54. С.24-30.
4. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2 / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова-М.: Машиностроение-1, 2003, 944с.
5. САМ-система FeatureCAM 2011: возможности новой версии / Ж. «САПР и графика», октябрь, 2010.
6. Студопедия. Справочник по генератору постпроцессоров. - https://studopedia.ru/20_52701_Pbcmdspindletabletcl.html
7. Mikell P. Groover. CAD/CAM: Computer-Aided Design and Manufacturing / Mikell P. Groover. – Pearson Education, London, United Kingdom, 2013. – 510 p.
8. Peter Smid. CNC Programming Handbook / Peter Smid.- Industrial Press, New York, USA, 2002. - 529 p.
9. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Посібник для практичного програмування верстатів з ЧПК [Електронний ресурс] – Київ : НТУУ «КП ім. Ігоря Сікорського», 2019. – 115с.
10. PowerINSPECT Training Course. - Birmingham: Delcam UK, 2013. – 229p