

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет
(повне найменування факультету)
Кафедра «Технологія машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)
другий (магістерський)
(ступінь вищої освіти)

на тему «Створення комплекту програмного забезпечення для автоматизації
генерування керуючих програм з візуалізацією обробки деталі на 4-х осьовому
фрезерному верстаті з ЧПУ»

Виконав: студент(ка) II курсу, групи М-112м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Технології машинобудування»

МАЗУРЕНКО М.А.
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ДЯДЯ С. І.
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ШИРОКОБОКОВ В.В.
(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Запоріжжя, 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет Машинобудівний
Кафедра Технологія машинобудування
Ступінь вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ

«__» _____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

МАЗУРЕНКО Максим Анатолійович
(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Створення комплекту програмного забезпечення для автоматизації генерування керуючих програм з візуалізацією обробки деталі на 4-х осьовому фрезерному верстаті з ЧПУ»

керівник проекту (роботи) канд. техн. наук, доцент ДЯДЯ Сергій Іванович
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «14» 11 2023 року №436

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 12.12.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) інструкція з програмування для стойки ЧПУ WL4M, інструкція оператора для роботи на фрезерному верстаті з ЧПУ, технічна документація до модуля генераторів постпроцесорів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити)

1 Аналіз літературних джерел; 2 Методика розробки керуючих програм у NX CAM; 3 Розробка та налагодження постпроцесора для NX CAM; 4 Налагодження симуляції NX CAM; 5 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки; 6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Презентація доповіді

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-4	ДЯДЯ С. І., зав.каф.		
5	ПУХАЛЬСЬКА Г. В., доцент		
6	ШМИРКО В. І., доцент		
нормоконтроль	ДЯДЯ С. І., зав.каф		

7. Дата видачі завдання « 22 » вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	22.09.2023 - 29.09.2023	
2	Методика розробки керуючих програм у NX CAM	30.09.2023 - 05.10.2023	
3	Розробка та налагодження постпроцесора для NX CAM	06.10.2023 - 20.10.2023	
4	Налагодження симуляції NX CAM	21.10.2023 - 16.11.2023	
5	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	17.11.2023 - 19.11.2023	
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	20.11.2023 - 24.11.2023	
7	Оформлення пояснювальної записки	25.11.2023 - 30.11.2023	
8	Нормоконтроль, рецензія, перевірка на плагіат	01.12.2023 - 06.12.2023	
9	Захист магістерської роботи	13.12.2023	

Студент(ка)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

(підпис)

Максим МАЗУРЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ))

Сергій ДЯДЯ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 79 с., 1 табл., 61 рис., 1 дод., 15 джерел

3D ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ВЕРИФІКАЦІЯ, ГЕНЕРУВАННЯ, ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРАМ ОБРОБКИ, ВЕРСТАТ, ТРАЄКТОРІЯ ІНСТРУМЕНТУ, СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ.

Об'єкт дослідження – програмне забезпечення для автоматизації генерування керуючих програм для обробки на верстаті.

Мета роботи – розробка програмного комплексу для автоматичного генерування і перевірки згенерованих керуючих програм.

Методи дослідження – розрахунково - аналітичний; комп'ютерна симуляція процесів механічної обробки деталі.

В магістерській роботі досліджено існуючі програмні продукти для автоматизації генерування програм обробки деталей та їх верифікації. Обрано оптимальний шлях для впровадження нових програм на верстаті. До обраного програмного продукту розроблено постпроцесор, 3D модель верстата та створений проєкт для симуляції рухів верстата під час верифікації програм обробки деталей. Розглянута методика розробки програм обробки деталей та їх верифікація різними способами.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	6
Вступ	7
1 Аналіз літературних джерел	8
1.1 Аналіз CAD/CAM – систем	8
1.1.1 Autodesk	13
1.1.2 SolidWorks	16
1.1.3 Siemens PLM Software	20
1.2 Підбір програмного забезпечення CAD/CAM системи	23
2 Методика розробки керуючих програм у NX CAM	24
3 Розробка та налагодження постпроцесора для NX CAM	27
4 Налагодження симуляції NX CAM	33
4.1 Розробка 3D моделі фрезерного верстата.....	33
4.2 Створення проєкту верстата в Machine Tool Builder.....	37
4.3 Додавання нового верстата в бібліотеку NX CAM.....	54
4.4 Створення CSE драйверу для верстата.....	55
4.5 Випробування симуляцій.....	60
5 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	66
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	71
6.1 Пожежна безпека під час виконання досліджень.....	71
6.2 Розробка плану евакуації з лабораторії.....	73
Висновки	76
Перелік джерел посилання	77
Додаток А. Назва слів з переліком адрес, які використовує ЧПУ WL4M.....	79

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЧПУ – Числове програмне управління

СЧПУ – Система числового програмного керування

CAD – Computer-Aided Design

CAM - Computer Aided Manufacturing

CAE – Computer-Aided Engineering

HSC - High-Speed-Cutting

НРС - High-Performance-Cutting

САПР – Система автоматизованого проєктування

HSS - High Speed Surface

ВСТУП

Сучасне виробництво значною мірою спирається на використання верстатів із ЧПУ. Водночас їхня ефективна експлуатація пов'язана з комплексною автоматизацією підготовки виробництва та самого виробництва, що зменшить собівартість виготовлення складних виробів та підвищить їх конкуренцію на ринках збуту. У такій постановці стадія розробки керуючих програм для верстатів з ЧПУ не сприймається як автономне завдання, а має бути пов'язана з іншими етапами конструкторсько - технологічної підготовки виробництва.

Для використання верстатів з ЧПУ потрібні технологи - програмісти, які здатні розробляти керуючі програми для обробки найрізноманітніших за формами та розмірами деталей. При цьому існують проблеми, що пов'язані з використанням на підприємствах різноманітного обладнання з ЧПУ з різним програмним забезпеченням CAD/CAM – систем, для яких треба мати різні інструменти створення керуючих програм. Тому актуальним є наявність комплекту програмного CAD/CAM забезпечення з одним програмним ядром.

У зв'язку з цим метою дипломного проєкту є розробка програмного комплекту для автоматичного генерування і перевірки згенерованих керуючих програм. Для цього треба створити методики розробки, налагодження постпроцесора та програмного модулю для візуальної перевірки виконання програми спочатку на персональному комп'ютері, а після редагування перенести її на верстат з ЧПУ .

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Аналіз CAD/CAM – систем

В даний час на ринку програмно-апаратних засобів існує велика кількість систем, які в тому або іншому ступені забезпечують автоматизацію проєктно-конструкторських і технологічних робіт. За своїми можливостями і функціональному призначенню їх розділяють на три рівні: верхній, середній і нижній (рис. 1.1) [1].

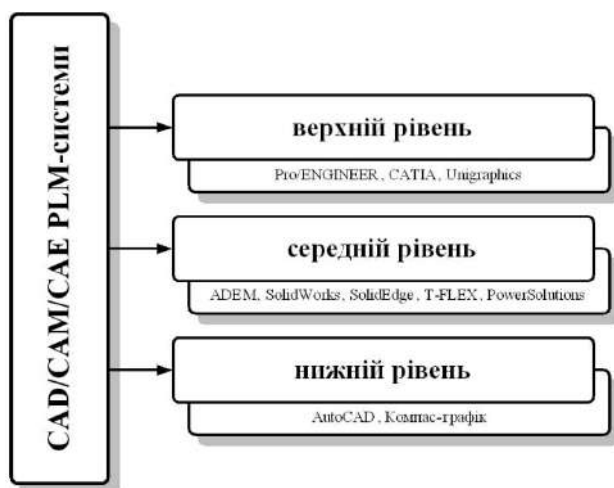


Рисунок 1.1 - Класифікація CAD/CAM/CAE – систем [1]

Системи нижнього рівня призначені для автоматизації створення текстової та креслярської документації, що використовується у виробництві, а також для вирішення окремих задач підготовки управляючих програм для обладнання з ЧПУ. По своїй суті системи нижнього рівня є комп'ютерним аналогом кульмана, і ефект від їх застосування зводиться до підвищення якості і точності підготовки конструкторсько-технологічної документації. До систем нижнього рівня можна віднести такі системи, як AutoCAD, TopCAD, Caddy. Через функціональну обмеженість скорочується їх використання. Але деякі з них, як і раніше, зберегли свою актуальність і затребуваність, як необхідне доповнення до систем середнього і верхнього рівнів [1].

Системи середнього рівня на сьогоднішній день представляють найширший спектр рішень, що розвинувся як більш функціонально просунута альтернатива набору систем нижнього рівня [1].

Типовими прикладами систем середнього рівня є ADEM, SolidWorks, SolidEdge, T-FLEX, PowerSolutions та інші [1].

Відмінною рисою систем середнього рівня є їх вузька орієнтація на певний клас задач: конструювання виробів і підготовка конструкторської документації, моделювання механічної обробки певного типу і розробка технологічних процесів, виконання певного типу аналізу. Системи середнього рівня понад усе обмежені в питаннях забезпечення взаємодії з іншими системами [1].

Основне призначення систем середнього рівня можна описати як універсальний інструмент для швидкого створення нескладних моделей, підготовки і випуску креслень. Системи середнього рівня не мають спеціалізованих додатків для вирішення специфічних задач підготовки виробництва, таких, наприклад, як проєктування і виготовлення оснащення, аналізу і оптимізації конструкції. Для вирішення задач рівня підприємства необхідно комбінувати різні системи, доповнювати системи середнього рівня більш спеціалізованими системами нижнього рівня. І хоча розробники і постачальники систем середнього рівня заявляють про їх тисну інтеграцію між собою і можливості таким чином автоматизувати з їх допомогою всі інженерні роботи сучасного машинобудівного підприємства, збудувати на їх основі єдиний комплекс не вдається. Причиною тому є відсутність асоціативного зв'язку між різнорідними системами. Це означає, що однозначно з системи в систему передається тільки геометричні дані. Дані ж топологічні (тобто методика розробки проєкту) і структурні (ієрархія проєкту, структурні зв'язки між його компонентами) між системами не передаються з причини різнорідності їх математичних моделей (ядр). Те ж саме торкається і внутрішньої інформації про виріб: кожна система зберігає в собі власну копію математичної моделі, в якій міститься інформація про розміри, допуски точності, тощо, яка найчастіше є недоступною для інших систем. В цьому випадку, крім передачі геометрії з системи в систему через стандартний інтерфейс, необхідно

передавати ще і докладну креслярську документацію, що пов'язана з моделлю тільки формально. У тому випадку, коли при передачі креслення в ньому була знайдена і виправлена помилка, це може не знайти свого віддзеркалення в моделі, оскільки по суті це абсолютно різні, не пов'язані один з одним одиниці інформації [1].

Потрібно відзначити, що ряд систем середнього рівня формально пропонують автоматизацію всіх видів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. Але в даному випадку йдеться швидше про автоматизацію окремих видів робіт на кожній ділянці циклу проєктування виробництва - по суті, звичайний кульман замінюється електронним без виникнення якісно нових методів роботи. При такому підході відбувається досить незначне підвищення ефективності роботи при повній відсутності перспектив для її підвищення [1].

Взагалі процес автоматизації всього підприємства, що проводиться з використанням систем середнього рівня, можна розглядати як процес насичення підрозділів різнорідними засобами від різних розробників і постачальників, що призводить до виникнення проблем іншого роду: труднощі з передачею даних з однієї системи в іншу, багатократне дублювання даних без можливості контролю їх відповідності, навчання фахівців використанню декількох систем одночасно. При такому підході втрачається відповідальність окремого постачальника або виконавця за кінцевий результат впровадження або якої-небудь роботи [1].

Обмежена функціональність систем середнього не дозволяє експлуатувати такі пакети в промисловому масштабі та змушує навіть малі підприємства переходити на більш ефективну технологію [1].

Системи верхнього рівня пропонують як найповніший набір функціональних можливостей і інструментальних засобів для автоматизації всього циклу проєктування і підготовки виробництва продукції. На сьогоднішній день системи верхнього рівня представлені всього трьома представниками Pro/ENGINEER, CATIA і Unigraphics [1].

Всі системи верхнього включають засоби автоматизованого конструювання, технологічної підготовки виробництва і засобу автоматизації інженерних

розрахунків. Кожна з цих систем базується на власному геометричному ядрі, і здатна вирішувати широкий спектр задач проектування і підготовки виробництва незалежно від складності проєктованих виробів [1].

Системи верхнього рівня є самими універсальними, вони допускають роботу різних груп користувачів над одним проєктом спільно і управління даними на рівні робочих груп. Такі системи містять різні прикладні модулі, які зв'язані між собою [2].

Під CAD-системами (computer-aided design – комп'ютерна підтримка проектування) розуміють програмне забезпечення, яке автоматизує працю інженера-конструктора та дозволяє вирішувати завдання проектування виробів та оформлення технічної документації за допомогою персонального комп'ютера [2].

CAM-системи (computer-aided manufacturing – комп'ютерна підтримка виготовлення) автоматизують розрахунки траєкторій переміщення інструменту для обробки на верстатах з ЧПУ та забезпечують видачу керуючих програм за допомогою комп'ютера [2].

CAE-системи (computer-aided engineering – комп'ютерна підтримка інженерних розрахунків) призначені для вирішення різних інженерних завдань, наприклад для розрахунків конструктивної міцності, аналізу теплових процесів, розрахунків гідравлічних систем та механізмів [2].

Розглянемо ланцюг використання CAD/CAM/CAE систем на виробництві для досягнення оптимального результату (рис.1.2).

На виробництві інженер-технолог розробляє проєкт обробки деталі в САМ системі для верстатів з ЧПУ. Як вхідні дані використовує 3D модель деталі, спроектована в САД системі інженером-конструктором. Потім вкрай необхідний постпроцесор, він формує керуючу програму, яку «розуміє» обладнання з ЧПУ, перетворюючи внутрішній формат запису даних (CLData) у рядки G-коду. Далі бажано перевірити сформований код постпроцесором у симуляції. Для коректної перевірки потрібно мати 3D модель верстату у САМ системі. І тільки після цього відправляти програму на верстат для налаштування та виготовлення деталі [3].



Рисунок 1.2 - Ідеальний ланцюг CAD/CAM/CAE систем для виробництва

Важливо розуміти, якщо в постпроцесорі будуть допущені помилки, то програма керування буде формуватися невірно, що в кращому випадку призведе до помилки в системі ЧПУ в ході виконання керуючої програми, а в гіршому випадку до аварійної ситуації і до поломки обладнання. А ще можуть виникати приховані помилки, які спричинятимуть брак деталей. Багато саме таких помилок можливо виявити за допомогою симуляції [3].

Існує безліч різних систем ЧПУ і ще більше різних видів обладнання. САМ-системи також різні, вони зберігають дані в різних форматах, мають різні інструменти для створення постпроцесорів і передачі даних в них. Навіть у рамках одного програмного забезпечення різні версії можуть значно відрізнятися. Тому постпроцесор унікальний модуль для пари версій (або покоління) САМ-системи та конкретна одиниця обладнання з ЧПУ [3].

Варто відразу відзначити, що процес створення постпроцесора трудомісткий, їх розробкою займаються фахівці з високою кваліфікацією, які:

Мають високу кваліфікацію в галузі технологій металообробки на обладнанні з ЧПУ;

Досягнули професійного/експертного рівня роботи в САМ-системі, на яку ведеться розробка постпроцесора;

Знають принципи роботи та основи програмування різних систем ЧПУ (мінімум: Siemens Sinumerik 828/840, Fanuc різних моделей) та різного за кінематикою технологічного обладнання;

Знають принципи написання постпроцесорів для певної САМ-системи, як правило потрібні базові знання та вміння написання функцій якоюсь мовою програмування (наприклад, tcl/tk, C# та ін.).

1.1.1 Autodesk

«Autodesk, Inc» (NASDAQ: ADSK) американська транснаціональна корпорація, найбільший у світі постачальник програмного забезпечення (САПР) для промислового і цивільного будівництва, машинобудування, ринку засобів інформації та розваг [4].

Починаючи з випуску AutoCAD у 1982 році, компанією Autodesk був розроблений широкий спектр рішень для архітекторів, інженерів, конструкторів, що дозволяють їм створювати цифрові моделі. Технології Autodesk використовуються для візуалізації, моделювання та аналізу поведінки конструкцій, що розробляються на ранніх стадіях проєктування і дозволяють не просто побачити модель на екрані, а й випробувати її. Зараз налічується понад 9 млн користувачів Autodesk по всьому світу [4].

Рішення для проєктування і дизайну, використовуються в різних галузях промисловості, включаючи машинобудівну, електромеханічну, автомобільну, виробництво промислового обладнання та споживчих товарів. Багато продуктів засновані на технології цифрових прототипів. До рішень цього сегменту відносяться: Autodesk Inventor, продукти сімейства Autodesk Alias, AutoCAD Electrical, AutoCAD Mechanical, Autodesk Vault та інші [4].

AutoCAD — система автоматизованого проєктування для двовимірного та тривимірного проєктування і креслення. На сучасному етапі програма містить у собі повний набір засобів, що забезпечують комплексне тривимірне моделювання. Починаючи з версії 2010, в AutoCAD реалізована підтримка параметричного креслення, тобто можливість накладати на об'єкт геометричні або розмірні залежності. Це гарантує, що при внесенні будь-яких змін до проєкту, певні параметри і раніше встановлені між об'єктами зв'язки зберігаються [4].

Autodesk Inventor — базове рішення на основі параметричного 3D моделювання для промисловості. Програма дозволяє створювати «цифровий прототип», властивості якого повністю відповідають властивостям майбутнього фізичного прототипу аж до характеристик матеріалів [4].

AutoCAD Mechanical і AutoCAD Electrical — спеціалізовані рішення для промисловості на основі AutoCAD. Містять додаткові інструменти й бібліотеки компонентів, орієнтовані саме на використання в машинобудівних галузях [4].

Autodesk Showcase — продукт, призначений для створення тривимірних візуалізацій на основі даних систем автоматизованого проєктування (САПР) [4].

Autodesk SketchBook Pro — додаток для малювання і креслення, розроблений спеціально для використання з цифровими планшетами і планшетного ПК [4].

Autodesk Alias — сімейство програм (Alias Sketch, Alias Design, Alias Surface і Alias Automotive), призначених для моделювання поверхонь і дизайну зовнішнього вигляду промислових виробів складної форми [4].

Autodesk Algor Моделювання та Moldflow Autodesk — інструменти для розрахунку і моделювання деталей і збірок конструкцій на основі цифрового прототипу, а також процесу їх лиття [4].

Autodesk Vault — сімейство програм (Vault Виробництво і Workgroup Vault) на основі технології цифрових прототипів для управління проєктами в робочій групі [4].

Autodesk Inventor Publisher — рішення, призначене для створення технічних інструкцій і документації на продукцію на основі того ж цифрового прототипу, що був використаний у ході проектування [4].

Більш ефективне та безпечне виробництво hyperMILL

- одне з найкращих у світі рішень САМ для програмування, незалежного від типу верстата та ЧПУ. Ця система пропонує надзвичайно інноваційні, гнучкі та ефективні САМ-стратегії, за допомогою яких можна набагато швидше досягти високих цілей у плані якості, економії часу та витрат [5].

Завдяки надійній системі запобігання зіткнень можлива безпечна обробка навіть важкодоступних областей. Використовуючи hyperMILL, користувач може бути впевнений у тому, що й у майбутньому виготовлення нових деталей не викличе жодних проблем [5].

Швидкість сьогодні відіграє важливішу роль, ніж будь-коли. Модуль hyperMILL MAXX Machining дозволяє суттєво скоротити час обробки [5].

Високопродуктивний пакет hyperMILL MAXX Machining складається з трьох незалежних модулів для ефективної чорнової, чистової обробки та свердління. Трохоїдальні траєкторії забезпечують високошвидкісне видалення матеріалу. Інноваційні стратегії для барабанних фрез, також відомих як фрези зі сферичним торцем або параболічні фрези, дозволяють виконувати чистову обробку рекордний час, зберігаючи або навіть значно підвищуючи якість поверхні. Фрезерування з нахилом у напрямку руху дозволяє швидко і легко висвердлювати отвори навіть у матеріалах, що погано піддаються обробці різанням, - і все це без попереднього свердління [5].

Підвищення безпеки виробництва: "Надійно" означає надійно! Для цього існують повністю автоматизовані функції контролю та запобігання зіткнень. hyperMILL® розпізнає зіткнення і пропонує ефективні рішення для їх запобігання при 2,5D-, 3D- та 5-осьовій обробці. При синхронній 5-осьовій обробці підведення інструменту, що виключає можливість зіткнення, розраховується автоматично. При цьому користувач може вказати, які осі обертання (залежно від кінематики машини) краще використовувати для того, щоб уникнути зіткнень [5].

Від простих до складних деталей: за допомогою hyperMILL ви можете значно скоротити час, необхідне для програмування та виробництва. Результати відповідають найсуворішим вимогам наших клієнтів у тому, що стосується точності, надійності, якості поверхні та часу обробки [5].

Система hyperMILL являє собою модульне і гнучке САМ-рішення, що інтегрує в одній оболонці комплексний підхід до 2,5D-, 3D- та 5-осьового фрезерування, а також до фрезерно-токарної обробки та таких завдань, як високошвидкісне та високопродуктивне фрезерування (HSC та HPC) [5].

Спектр можливостей hyperMILL доповнюють спеціальні додатки для обробки імпелерів, блисків, турбінних лопаток, фасонних каналів та шин [5].

Висока продуктивність до виведення програми. Ми вважаємо, що технологія постпроцесорів — одна з наших основних спеціалізацій. Тому ми самостійно розробляємо все постпроцесори з урахуванням особливостей конкретних верстатів [5].

Компанія працює з клієнтами по всьому світу із різних галузей: машинобудування, виробництво інструментів, моделювання, виробництво дослідних зразків та форм, автомобілебудування, автоспорт, аерокосмічна промисловість, медична техніка, виробництво турбін, годинників та ювелірних виробів та інші. Клієнти компанії цінують не лише чудові виробничі результати, а й значне зниження витрат та підвищення продуктивності [5].

1.1.2 SolidWorks

SolidWorks — програмний продукт компанії SolidWorks Corporation (зараз — дочірня компанія Dassault Systèmes), САПР, інженерного аналізу та підготовки виробництва будь-якої складності та призначення [6].

SolidWorks є ядром інтегрованого комплексу автоматизації підприємства, за допомогою якого здійснюється підтримка життєвого циклу виробу згідно з

концепцією CALS — технологій, включаючи двонаправлений обмін даними з іншими Windows-застосунками та створення інтерактивної документації [6].

SolidWorks є конструкторською системою твердотільного параметричного моделювання машинобудівних конструкцій спеціально розробленою для використання на персональних комп'ютерах під управлінням операційної системи Windows. Стандартний графічний користувальницький інтерфейс Windows і засоби твердотільного параметричного моделювання дозволяють швидше і легше ніж будь-коли створювати тривимірні моделі деталей, складальні одиниці, генерувати креслення, значно знижуючи терміни проєктування і зменшуючи час виходу виробів на ринок [6].

SolidWorks Motion призначений для розрахунку руху механізмів. Модуль використовує інформацію, що міститься в збірках SolidWorks з можливістю уточнення розрахункової моделі за допомогою його процедур. SolidWorks Motion є третім, найбільш функціональним інструментом SolidWorks, для імітації руху. Перші два рівні: рух збірки і фізичне моделювання, присутні в базовій конфігурації SolidWorks Standard, можуть бути використані для створення кінематичної моделі збірки, імітації руху без отримання чисельних характеристик. Після цього інформація без будь-яких додаткових дій сприймається на рівні SolidWorks Motion [6].

SolidWorks Routing - модуль проєктування трубопроводів. Часто при проєктуванні приладів і обладнання виникає завдання створення трубопроводів і комунікацій, які б об'єднали компоненти збірок і зробили тривимірну модель завершеною [6].

Бібліотеки стандартних виробів Toolbox SolidWorks використовуються для забезпечення автоматичного сполучення стандартних виробів при вставці в збірку та надають можливість групових операцій. Toolbox дозволяє проводити проєктувальні розрахунки балок і підшипників. Бібліотеки Toolbox редагуються і налаштовуються під конкретні завдання будь-якого підприємства [6].

SolidWorks Simulation (COSMOSWorks) – універсальний інструмент для аналізу методом кінцевих елементів. SolidWorks Simulation існує в трьох

конфігураціях: власне SolidWorks Simulation, SolidWorks Simulation Professional та SolidWorks Simulation Premium. Однак, навіть в мінімальній конфігурації модуля міцнісного аналізу забезпечується повноцінний статичний аналіз, як деталі, так і збірки з використанням кінцевих елементів твердого тіла, поверхонь і балок. Реалізовано різноманітні контактні умови і всілякі віртуальні з'єднувачі [6].

SolidCAM — це провідний, «найкращий у своєму класі» пакет CAM для прибуткового програмування з ЧПУ у SOLIDWORKS [7].

У сучасному світі виробництва продуктивність має значення, і кожен верстат з ЧПУ повинен використовуватися максимально. SolidCAM забезпечує можливість керувати верстатами з ЧПУ найбільш ефективним і продуктивним способом [7].

У 2011 році ми запустили революційну технологію iMachining, яка вивела індустрію механічної обробки на новий рівень. Сьогодні запатентована технологія iMachining пропонує десяткам тисяч користувачів унікальні та дивовижні переваги, включаючи більш ніж на 70% швидшу обробку та значно збільшений термін служби інструменту. Крім того, запатентований майстер технологій iMachining направляє машиністів у всьому світі до ідеальних результатів обробки кожної окремої деталі. SolidCAM є ідеальним рішенням для багатозадачної обробки, з максимальною гнучкістю програмування та можливістю налаштування. Завдяки повній синхронізації каналів ви можете оптимально програмувати операції з декількома револьверними головками та декількома шпинделями, а потім подивіться симуляцію SolidCAM вашої деталі, яка обробляється в кілька етапів. SolidCAM найкраще підтримує верстати Swiss-Type і MillTurn, включно з багатоканальною синхронізацією [7].

SolidCAM + SOLIDWORKS надає потужне, просте у використанні інтегроване рішення CAD/CAM, яке підтримує повний спектр основних виробничих програм, включаючи iMachining 2D, iMachining 3D, 2.5D Milling, High Speed Surface Machining (HSS), 3D Mill High Speed Machining. (HSR/HSM), індексна багато осьова обробка, одночасна 5-осьова обробка, токарна обробка, фрезерна обробка та навіть обмір деталей [7].

Усі 2D і 3D геометрії, які використовуються для обробки, повністю асоціюються з моделлю SolidWorks. Якщо ви вносите будь-які зміни у свою модель SolidWorks, усі ваші операції CAM оновлюються автоматично [7].

Велика клієнтська база SolidCAM охоплює всі галузі промисловості, включаючи аерокосмічну, автомобільну, електронну, медичну, оптичну, енергетику, виготовлення прес-форм та інші. Клієнти SolidCAM включають Job Shops, інженерні та виробничі компанії середнього розміру, великі аерокосмічні та автомобільні компанії, а також технологічні центри [7].

Ми віримо, що ідеальне рішення CAM передбачає як найкраще програмне забезпечення, так і найкращу підтримку. Технічна підтримка та підтримка постпроцесора SolidCAM, яку оцінили десятки тисяч наших клієнтів, є основною філософією нашої компанії, яка постійно вдосконалюється, щоб надати максимальний сервіс нашим клієнтам [7].

Переваги SolidCAM:

- Проста у використанні CAM система з коротким часом освоєння та потужним функціоналом CAM рішення повністю інтегроване в SOLIDWORKS та Inventor, підтримка імпорту всіх поширених форматів CAD.
- Унікальна запатентована технологія iMachining.
- Розширений CAM-функціонал для керування найскладнішими токарно-фрезерними верстатами та автоматами поздовжнього точення.
- SolidCAM росте разом з вами: SolidCAM формується з модулів і підтримує всі види верстатів з ЧПУ / алгоритми розрахунку траєкторій.
- Команда досвідчених технічних фахівців, що забезпечує 5-зіркову підтримку по всьому світу [7].

З моменту заснування у 1984 році керівник та генеральний директор SolidCAM, доктор Еміль Сомах, мав на меті створити провідне CAM-програмне забезпечення, інтегроване у провідні світові CAD-системи. Через багато років та мільйони рядків коду ми знаходимося в авангарді CAM технологій. Найсильніші програмісти спільно з висококваліфікованими ЧПУ-фахівцями за минулий час створили унікальні алгоритми, які зробили революцію у виробництві та дозволили

тисячам клієнтів отримати конкурентну перевагу. SolidCAM сьогодні є основним великим незалежним CAM-вендором, що залишився, і ми кожен день прагнемо зробити SolidCAM ще краще [7].

1.1.3 Siemens PLM Software

NX (раніше «Unigraphics») — флагманська CAD/CAM/CAE-система виробництва компанії Siemens PLM Software (до 1 жовтня 2007 — UGS PLM Software). Система використовує ядро геометричного моделювання Parasolid. Вперше представлена аудиторії в 1973 році [8].

NX підтримує широкий спектр операційних систем, в тому числі Windows, Mac OS X, UNIX/Linux, з можливістю розпаралелення обчислень в декількох ОС [8].

До складу конструкторських програм NX входять інструменти для проєктування деталей та агрегатів, створення користувацьких конструктивних елементів, проєктування листових тіл, створення простих і складних поверхонь, трубопроводів, електричних джгутів, засоби моделювання людини, проєктування друкованих плат, розробки прес-форм і штампів [8].

Засоби промислового дизайну забезпечують проєктування поверхонь вільної форми, рішення задач зворотної розробки. До їх складу входять [8]:

Freeform Shape — пакет автоматизованого промислового дизайну [8].

Dynamic & Photorealistic Rendering — пакет створення фотореалістичних зображень виробів [8].

Зворотна розробка дозволяє здійснити імпорт хмари точок (до мільйонів точок, які отримують за допомогою сканера поверхні). На основі отриманих даних в NX формується 3D-поверхнева та/або твердотільна геометрія. Залежно від необхідної якості готової моделі можуть застосовуватися різні методи обробки і

створення геометрії, вибір методу також залежить від часу, який буде витрачено на обробку даних [8].

NX дозволяє виконати моделювання деталей і агрегатів, провести аналіз перетинів і розрахунок маси, підготувати 2D або 3D креслення (розміри і анотації наносяться на 3D-модель) [8].

NX CAM — модуль підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПУ. Підтримує різні види обробки: токарну, фрезерну на 3-5-осьових верстатах з ЧПУ, токарно-фрезерну, електроерозійну дротяну обробку. Система NX CAM підтримує прогресивні види обробки і устаткування: високошвидкісне фрезерування, обробку на основі елементів, токарно-фрезерні багатофункціональні верстати. Містить вбудований модуль симуляції обробки на верстаті, що працює в кодах керуючої програми (G-code), який використовується для аналізу керуючих програм і забезпечує контроль зіткнень [8].

Асоціативний зв'язок між вихідною моделлю і сформованою траєкторією інструменту забезпечує автоматичне оновлення даних при внесенні змін [8].

NX CAM — комплексне рішення для виготовлення деталей високої якості у стислі терміни. (як заявляє розробник) [9].

Розширені функціональні можливості у NX CAM реалізовані переваги кожної ключової функції програмного пакета, включаючи додаткові можливості програмування, постобробки та імітаційного моделювання. У кожному модулі NX передбачений розширений, порівняно з типовими пакетами програм для підготовки КП, набір функцій. Наприклад, інтегрований модуль імітаційного моделювання роботи верстата працює на основі коду УП, отриманого з постпроцесора NX, а не на основі траєкторії руху інструменту. Таким чином, NX забезпечує більш високий рівень перевірки програми безпосередньо всередині САМ-системи [9].

NX для підготовки виробництва NX надає повний набір програмних засобів для програмування верстатів із ЧПУ в єдиній САМ-системі, а також інтегрований пакет програмних додатків для виробництва деталей. Дані програми дозволяють моделювати деталі, проєктувати оснастку та створювати програми контролю для контрольно вимірювальних машин на основі визнаних технологій NX [9].

Програмне забезпечення NX успішно впроваджено та використовується на багатьох промислових підприємствах авіакосмічної галузі, в автомобілебудуванні, під час виробництва медичного обладнання, а також у сфері верстатобудування та машинобудування [9].

NX надає ефективні засоби для вирішення бізнес-завдань незалежно від масштабів виробництва, чи це невеликий цех з незначною кількістю верстатів або промислова організація з великим парком обладнання [9].

Багатоосьова обробка в NX дозволяє обробляти високоточні деталі складної форми за мінімальну кількість операцій та установок, сприяючи скороченню вартості та термінів провадження [9].

NX CAM підтримує різні методи точного визначення орієнтації інструменту при багатоосьовій обробці складних поверхонь, забезпечуючи ефективний контроль зіткнень та зарізів [9].

- Швидкі та точні методи чорнової та чистової обробки дозволяють виготовляти складної форми деталі, типові для авіаційної промисловості [9].
- Метод обробки за Z-рівнями інструментом, встановленим під кутом, дозволяє використовувати інструменти меншої довжини, запобігаючи їх віджимання [9].
- Стратегія обробки обтіканням є ідеальним методом для багатоосьової високошвидкісної чистової обробки [9].

Інтегрований модуль для розробки постпроцесора NX включає в себе власну систему постпроцесора, яка тісно взаємодіє з ядром CAM-системи [9].

Це дозволяє легко згенерувати потрібний код керуючої програми для більшості типів конфігурації верстатів та систем ЧПУ [9].

NX CAM включає в себе вбудований модуль Генератор постпроцесорів, який дозволяє створювати та змінювати постпроцесори. Використовуючи графічний інтерфейс користувача утиліти, можна задавати параметри коду програми для верстата з ЧПУ [9].

NX CAM включає оптимізований постпроцесор Sinumerik, який автоматично вибирає основні налаштування системи ЧПУ відповідно із даними операції обробки [9].

1.2 Підбір програмного забезпечення CAD/CAM системи

При виборі програмних продуктів головна увага приділяється її сумісності. Тому перевага надається програмам одного виробника. Усі розглянуті вище розробники програмних продуктів охоплюють і CAD і CAM – системи. Тому, опрацювавши наведену вище інформацію по системам верхнього рівня, було обрано комплект від німецької компанії «Siemens PLM Software» NX10.0, оскільки він базується на одному програмному ядрі.

2 РОЗРОБКА КЕРУЮЧИХ ПРОГРАМ У NX CAM

Розробка керуючих програм у NX CAM проходить у кілька етапів. Їх послідовність роботи показана на рис.2.1. При цьому не всі етапи обов'язкові.

Робота починається з вибору оточення обробки (ініціалізації). Для різних видів обробки використовуються різні шаблони для ініціалізації. На цьому етапі створюються об'єкти, які необхідні даного виду обробки [10].

Наступний етап – аналіз геометрії. Етап необхідний, якщо технолог моделі не створював, а отримав її від конструктора чи стороннього замовника. На цьому етапі аналізуються габаритні розміри деталі, розміри елементів (ширина паза, діаметр отвору та ін.), радіус заокруглення елементів моделі, наявність та величина ухилів (для оснащення) [10].

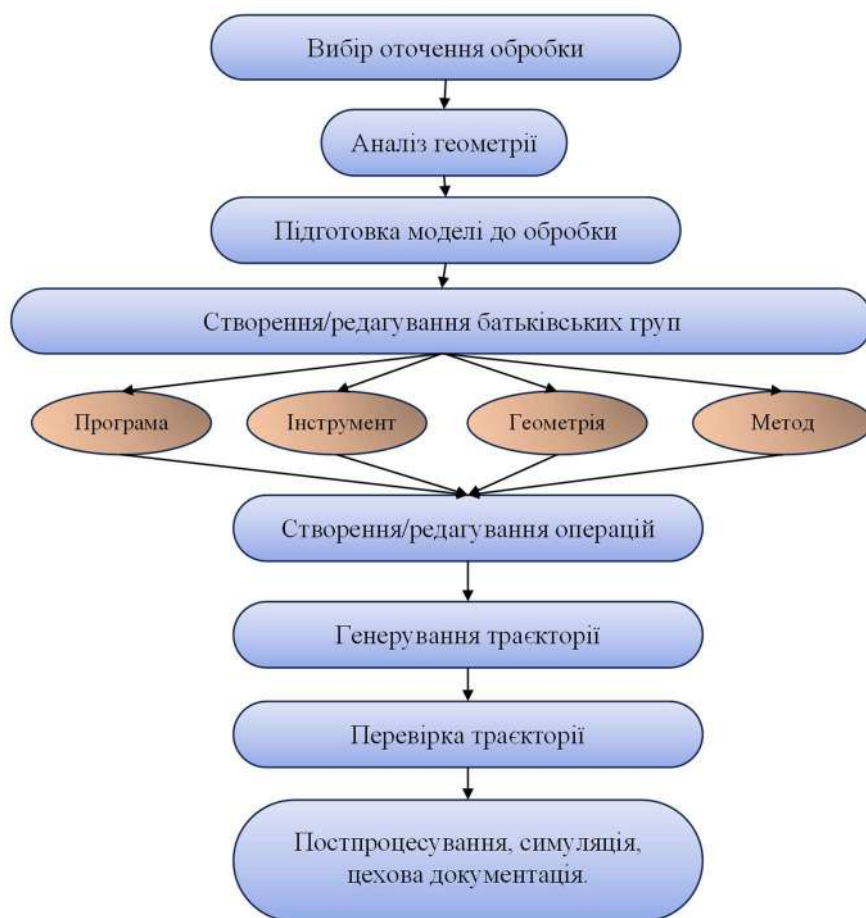


Рисунок 2.1 -Послідовність розробки керуючих програм у NX CAM [10]

Підготовка моделі до обробки іноді необхідна, на цьому етапі можна прибрати елементи, які будуть отримані на інших операціях (наприклад, електроерозійною обробкою), додати ухили, припуски, модифікувати елементи моделі з урахуванням полів допусків розмірів і т. д. Фактично це CAD-операції для завдань CAM. Правильний підхід модифікувати не саму конструкторську модель, а її асоціативну копію [10].

Важливий етап – створення або редагування батьківських груп. Це відмінна риса NX CAM; об'єкти, задані у батьківських групах, успадковуються пов'язаними з ними операціями. Такий підхід дозволяє керувати одночасно всіма операціями, використовують конкретну батьківську групу, шляхом модифікації об'єктів цієї групи. Батьківські групи визначаються для чотирьох категорій: Програма, Інструмент, Геометрія, Метод [10].

Далі йде етап створення або редагування операцій обробки. Операції бувають різного типу та використовують різні батьківські групи. Операції з конкретними параметрами можна зберегти у проєкті, не генеруючи їх. Це корисно, якщо процес генерації операцій займає значний час [10].

Генерування траєкторій винесено на окремий етап, причому може здійснюватися відразу групи операцій [10].

Перевірка траєкторій необхідна для того, щоб виявити можливі проблеми, наприклад, зарізи або зіткнення інструменту з оснасткою. У NX CAM є кілька інструментів перевірки траєкторій, у тому числі і симуляція роботи верстата, що здійснюється в кодах програми, що управляє [10].

До етапу постпроцесування траєкторії не залежить від конкретного верстата. Для того, щоб траєкторія була відпрацьована верстатом, вона повинна бути постпроцесована (або перетворена на формат конкретного верстата). Саме на цьому етапі виходить керуюча програма (УП), причому одна УП може включати кілька траєкторій, створених різними операціями. Однак постпроцесор неправильно розглядати як простий конвертор, він може виконувати додаткові перевірки, обчислення, може аналізувати деякі умови та залежно від цього модифікувати інформацію, що виводиться [10].

Разом із керуючою програмою до цеху зазвичай передається Цехова документація. Зазвичай це карта налагодження із зазначенням нульової точки програми, порядку операцій та різної атрибутивної інформації (розробник, дата, код деталі, час обробки тощо), вона також може включати список інструментів із зазначенням номерів осередків магазину, що необхідно для правильного налагодження верстата [10].

3 РОЗРОБКА ТА НАЛАГОДЖЕННЯ ПОСТПРОЦЕСОРА ДЛЯ NX CAM

Для розробки постпроцесора у NX CAM системі від NX 10, є спеціалізований модуль який має назву Post Builder. Цей модуль за допомогою конфігураційного файлу згенеровані траєкторії обробки опрацьовуються і генерується програмний код для ЧПУ верстату [11].

Для коректної роботи цього модулю потрібно налаштувати та згенерувати файли для постпроцесування траєкторії обробки [11].

Створення конфігураційного файлу показана на рис.3.1.

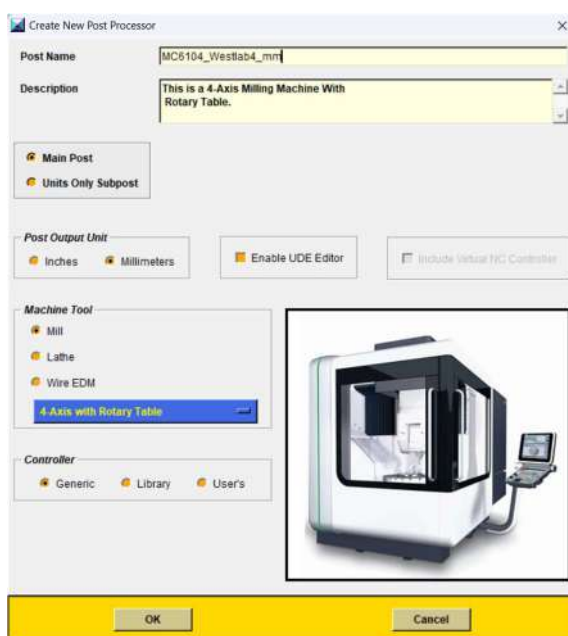


Рисунок 3.1 - Головне меню PostBuilder

Потрібно заповнити та обрати необхідні параметри.

PostName – виводимо назву нового постпроцесору.

Description – виводимо опис нашого постпроцесору

PostOutputUnit – обираємо в яких одиницях виміру буде працювати постпроцесор за замовчуванням (inc/mm).

Machine Tool – обираємо тип нашого верстату, фрезерний.

Controller – обираємо ЧПУ систему верстату, наша система ЧПУ відсутня у бібліотеці контролерів PostBuilder, тому обираємо Generic.

Для проведення налаштування потрібно ввести у програму Post Builder геометричні обмеження реального верстату [11].

На рис.3.2 показано введення геометричних обмежень верстату та обирання осі шпинделю.

The screenshot shows the 'Post Builder' configuration window. At the top, there is a blue button labeled 'Post Output Unit : Metric'. To its right is a section 'Output Circular Record' with radio buttons for 'Yes' (selected) and 'No'. Below this are two columns of input fields. The left column is titled 'Linear Axis Travel Limits' and contains fields for X (525), Y (295), and Z (235). The right column is titled 'Home Position' and contains fields for X (0), Y (0), and Z (0). Below these are two more sections: 'Linear Motion Resolution' with a 'Minimum' field set to 0.001, and 'Traversal Feed Rate' with a 'Maximum' field set to 10000. At the bottom, there are two more sections: 'Axis Multipliers' which includes 'Diameter Programming' (with checkboxes for 2X, 2Y, 2Z) and 'Mirror Output' (with checkboxes for -X, -Y, -Z, -I, -J, -K); and 'Initial Spindle Axis' with fields for I (0.0), J (0.0), and K (1.0).

Рисунок 3.2 - Введення геометричних обмежень, для лінійних осей

Також нам необхідно заповнити таблицю для нашої 4 осі. Як це зробити показано на рис.3.3.

На цьому налаштування геометричних обмежень верстату завершується.

Далі переходимо до налаштувань системи ЧПУ для цього нам знадобиться інструкція «Посібник з програмування WL4».

Системи числового програмного керування WL4 є моделью адаптивної контурної системи управління другого покоління сімейства WL і призначена для керування фрезерними та токарними верстатами, оснащеними регульованими та кроковими приводами подач [12].

The image shows a software configuration window for a rotary axis. It is divided into several sections:

- Rotary Axis**: Contains a 'Table' button, 'Plane of Rotation' set to 'YZ', and 'Word Leader' set to 'A'.
- Machine Zero To 4th Axis Center**: Includes input fields for 'X Offset', 'Y Offset', and 'Z Offset', all set to '0.0'.
- Rotary Motion Resolution (Deg)**: Set to '0.001'.
- Angular Offset (Deg)**: Set to '0.0'.
- Max. Feed Rate (Deg/Min)**: Set to '10'.
- Pivot Distance**: Set to '0.0'.
- Axis Rotation**: Features radio buttons for 'Normal' (selected) and 'Reversed'.
- Axis Direction**: Includes a dropdown menu set to 'Magnitude Determines Direction'.
- Axis Limits (Deg)**: Has input fields for 'Maximum' (+360) and 'Minimum' (-360).
- Axis Limit Violation Handling**: Includes radio buttons for 'Warning', 'Retract / Re-Engage', and 'User Defined' (selected). A 'Handler' button is next to 'User Defined'.
- Linearization Interpolation**: Includes radio buttons for 'Rotary Angle' (selected) and 'Tool Axis'.
- Default Tolerance**: Set to '0.01'.
- Bottom Section**: Includes a checkbox 'This Rotary Axis Can Be Incremental' (checked) and a 'Handler' button.

Рисунок 3.3 - Налаштування 4 осі

У системах WL4 реалізовано піднабір команд стандарту EIA RS-274-D (Interchangeable Block Data Format for NC Machines) [12].

Програми обробки зберігаються на внутрішньому носії як восьмибітний код та інтерпретуються пристроєм відображення інформації відповідно до кодовою таблицею KOI-8P [12].

Кожна програма має починатися словом “Початок програми” (символ %), після якого ставиться ім’я програми та символи «Кінець кадру». Ім’я програми не повинно бути довшим за 80 символів. Далі йдуть кадри зі своїми номерами [12].

Програма повинна закінчуватись словом M2 (“Кінець програми”) або M30 (“Кінець інформації”) після якого ставиться рядок із символом “%”. Цифрові двозначні імена програм від «00» до «99» зарезервовані для користувальницьких підпрограм та циклів [12].

Цифрові однозначні імена програм від «0» до «9» зарезервовані для системних підпрограм [12].

Структура слова має складатися з літери адреси та послідовності цифр з попереднім знаком або без нього [12].

При записі слів із використанням десяткового знака можуть бути опущені незначні нулі, що стоять до та (або) після знака (наприклад, запис X.003 означає розмір 0.003 мм по осі X; запис X1030 – розмір 1030.000 мм по осі X); розмір, представлений одними нулями, може бути записаний одним нулем [12].

Назви слів із переліком адрес та діапазоном використовуваних значень наведено у таблиці (додаток А) [12].

Структура кадру у системах WL4 реалізовано піднабір команд стандарту EIA RS-274-D (Interchangeable Block Data Format for NC Machines). Довжина кадру не повинна перевищувати 80 символів [12].

За винятком слова N слова у кадрі можуть розташовуватися у довільному порядку. Слово N має бути першим у кадрі. При повторенні слова з однією адресою в одному кадрі буде використано останнє зустрінуте слово. Допускається використовувати декілька слів з адресами G та M, як описано нижче. Будь-яке слово може бути пропущено, якщо воно не обов'язково у кадрі. Провідні нулі у всіх словах дозволяється опускати. Завершальні нулі та точку в адресах з фіксованою точкою дозволяється опускати [12].

Коментарі повинні розташовуватися в кінці кадру і відокремлюватися від управляє інформації символом \$. У кадрі коментарі можуть використовуватись будь-які символи із набору KOI-8R [12].

Якщо на початку кадру задати символ косої межі “/”, то цей кадр при виконанні програми буде виконано або пропущено в залежності від встановленого прапора “Виконувати умовні кадри” за умов виконання програми [12].

Додаємо у наш постпроцесор інформацію про формування перших строк програми (рис.3.4).

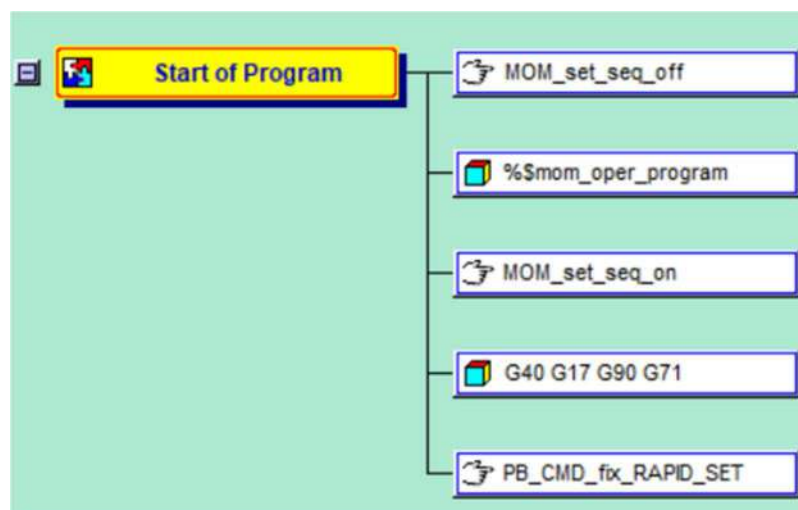


Рисунок 3.4 - Секція налаштувань старту програми.

MOM_set_seq_off - команда яка вимикає автоматичну нумерацію кадрів у програмі обробки.

MOM_set_seq_on - команда яка вмикає автоматичну нумерацію кадрів у програмі обробки

\$mom_oper_program – команда після виконання якої повертається значення назви програми у CAM системі NX.

PB_CMD_fix_RAPID_SET – макрос який активує типи подач.

Після цього можемо налаштувати як постпроцесор буде нумерувати кадри програми та видавати повідомлення (коментарі) у програму обробки деталі (рис. 3.5).

Sequence Number	
Sequence Number Start	10
Sequence Number Increment	10
Sequence Number Frequency	1
Sequence Number Maximum	65535

Special Characters	
Word Separator	Space
End of Block	None
Message Start	\$
Message End	None

OPSKIP	
Line Leader	/

Рисунок 3.5 - Налаштування номерів кадрів та повідомлень

Вводимо данні для автоматичної та ручної зміни інструменту (рис.3.6).

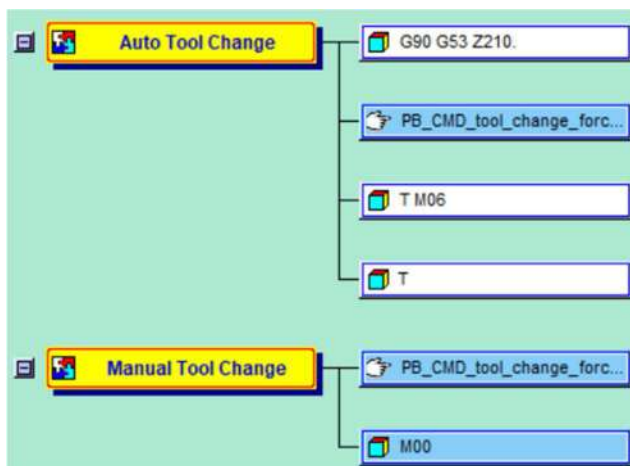


Рисунок 3.6 – Секція для налагодження зміни інструмента.

Також коректуємо секцію кінця програми рис.3.7.

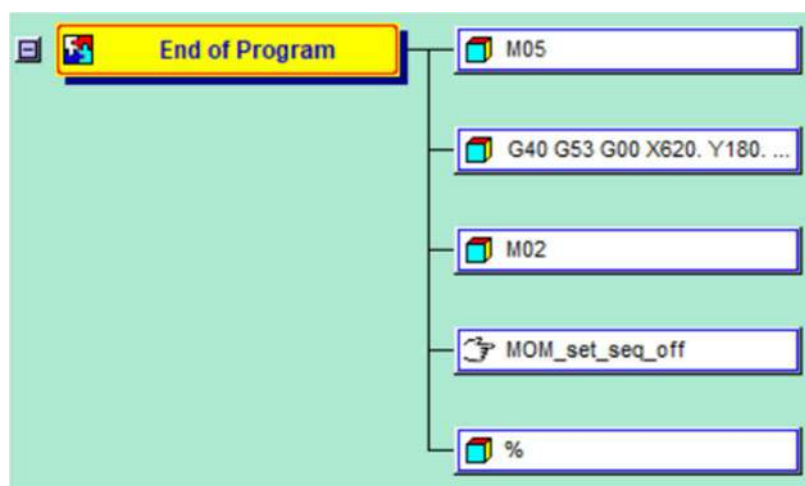


Рисунок 3.7 - Налаштування кінця програми

Базові налаштування для PostBuildera виконані тепер є можливість постпроцесувати програми для фрезерного верстату з ЧПУ WL4M. Виконавши збереження в програмі PostBuildera в обраному каталозі з'являться 3 файли: MC6104_Westlab4_mm.tcl, MC6104_Westlab4_mm.def та MC6104_Westlab4_mm.pui.

4 НАЛАГОДЖЕННЯ СИМУЛЯЦІЇ NX CAM

Система NX10 має декілька можливосте для симуляції операцій обробки. Перший вид має назву «Tool Path Verification» для симуляції використовується лише деталь та інструмент, шляхом для інструменту є внутрішній код NX CAM системи, який має назву CLSF DATA. Другий вид має назву «Machine Simulation» в ньому вже використовується 3D модель верстата, деталь, оснастка верстата, інструмент. Для симуляції може використовуватися CLSF DATA або безпосередньо G-коди ЧПУ.

Для більш надійної перевірки згенерованої програми а також пришвидшення процесу налагодження та впровадження процесу виготовлення деталі на верстаті, потрібно використовувати симуляцію «Machine Simulation» . Для її роботи потрібно зробити проєкт верстату у модулі Machine Tool Builder, розробити постпроцесор для ЧПУ що використовується на верстаті. Щоб була можливість не лише програмного обрахування зон зіткнень а також їх візуальне виявлення.

4.1 Розробка 3D моделі фрезерного верстата

Для роботи в модуля Machine Tool Builder необхідно розробити 3D моделі вузлів верстата та об'єднання їх у єдину модель верстата.

Розробляємо моделі вузлів верстата у NX CAD:

- Колона верстата (рис.4.1);
- Вузол осі Z (рис.4.2);
- Основа осі Y (рис.4.3);
- Рухома частина осі Y (рис.4.4);
- Рухома частина осі X (рис.4.5);

- Основна та рухома частина поворотного столу А (рис.4.6).

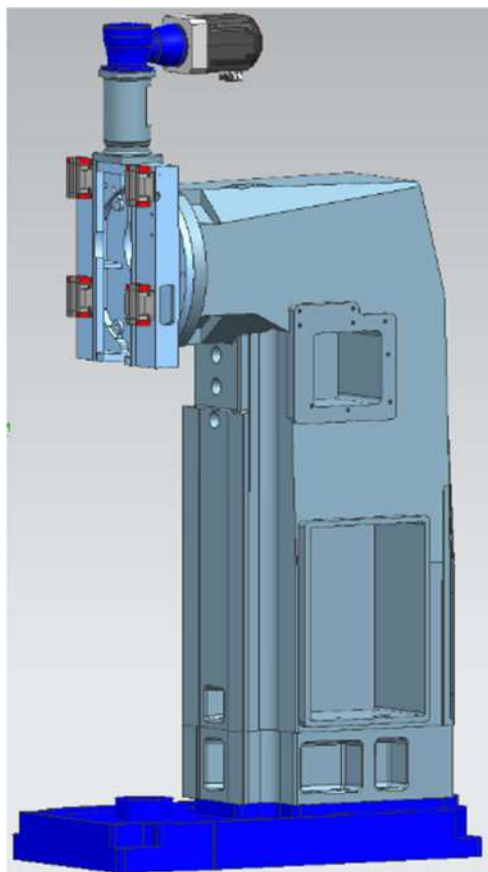


Рисунок 4.1 - Колона верстату

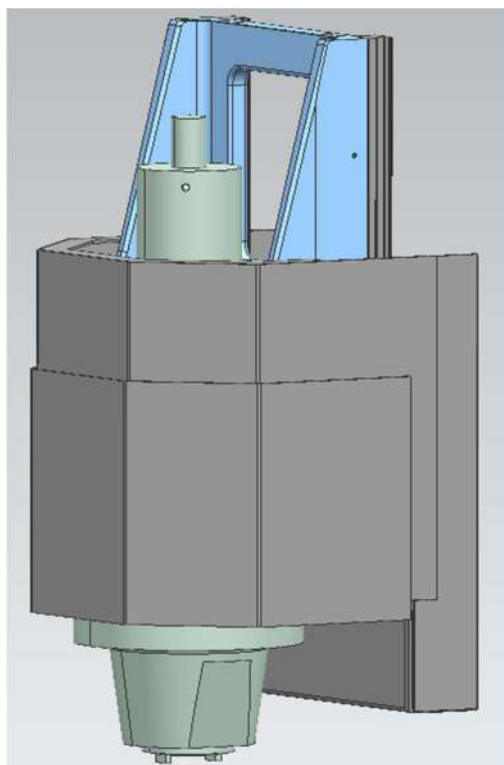


Рисунок 4.2 - Рухома частина осі Z та шпиндель

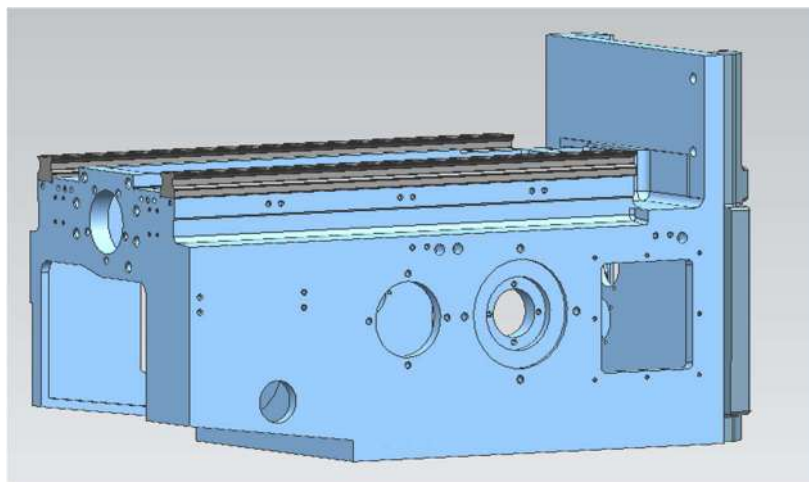


Рисунок 4.3 – Нерухома частина осі Y

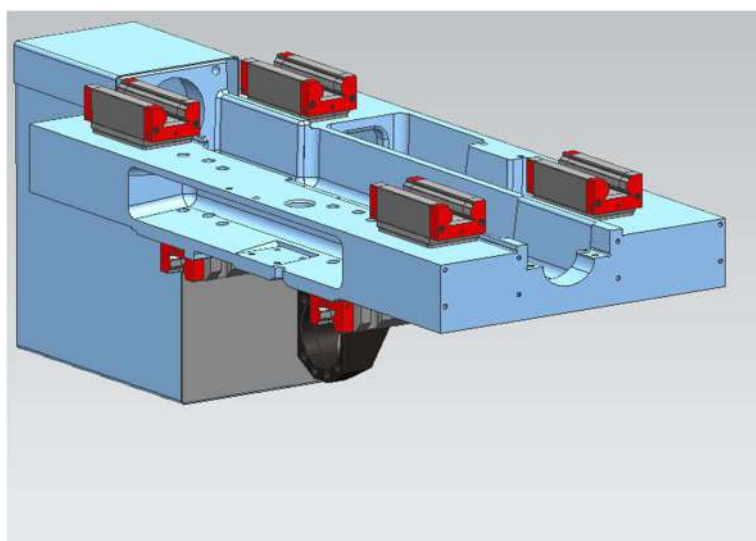


Рисунок 4.5– Рухома частина осі Y

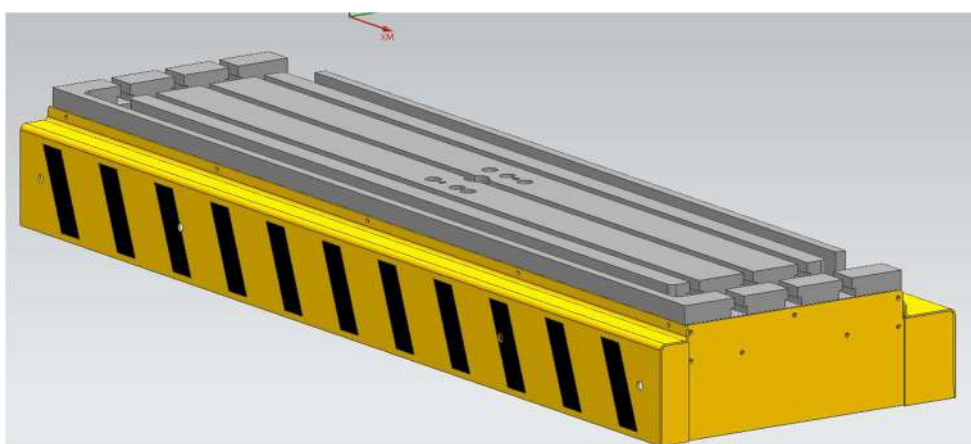


Рисунок 4.6 – Рухома частина осі X

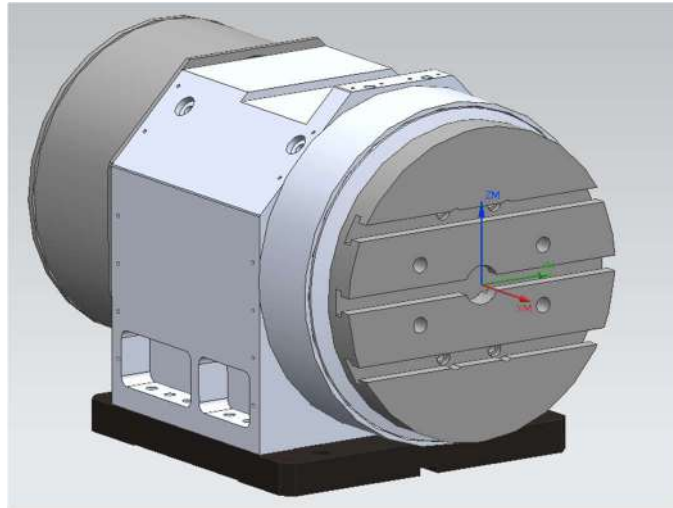


Рисунок 4.7– Рухома та нерухома частина стола А

Складаємо моделі вузлів до однієї моделі верстату. Результат складання наведено на рис.4.8.

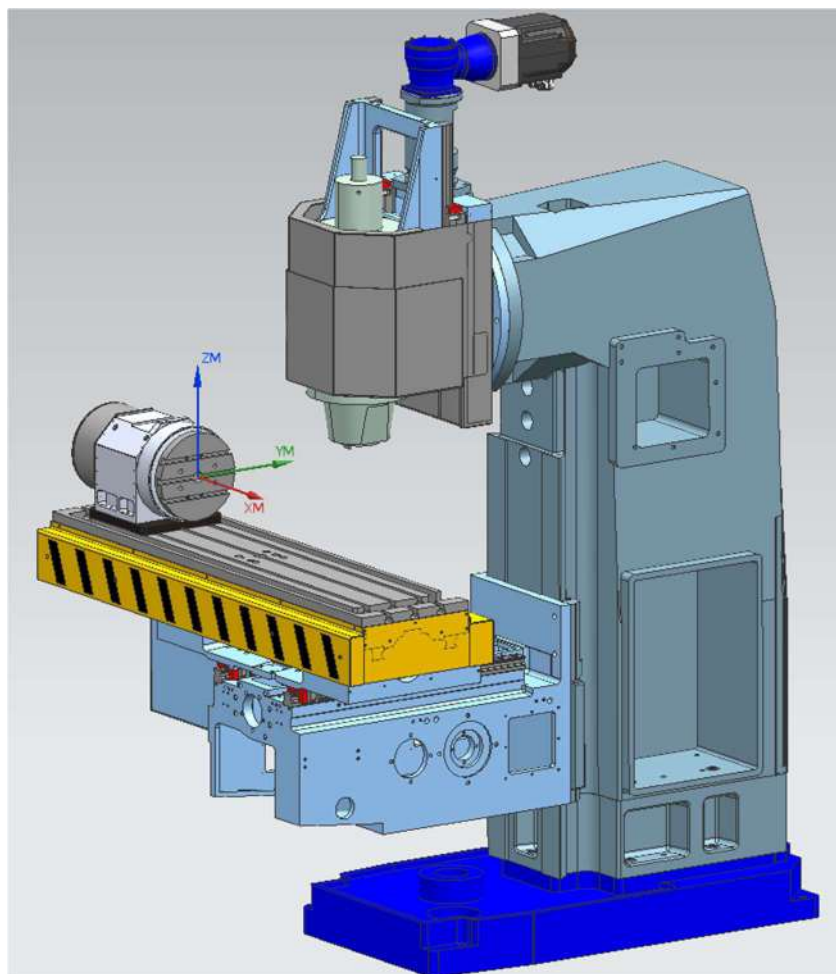


Рисунок 4.8 - 3D модель фрезерного 4-х осьового верстату MC6104

4.2 Створення проєкту верстата в Machine Tool Builder

Після створення 3D моделі верстата створюємо його проєкт у програмному модулі Machine Tool Builder. Для цього у меню NX10 натискаємо кнопку File-New, переходимо на вкладку Model та обираємо тип файлу Assembly. Обираємо ім'я для нашого проєкту і місце розташування (рис.4.9). Файл проєкту верстата повинен знаходитися у одному каталозі з 3D моделями його вузлів та єдиною конструкцією.

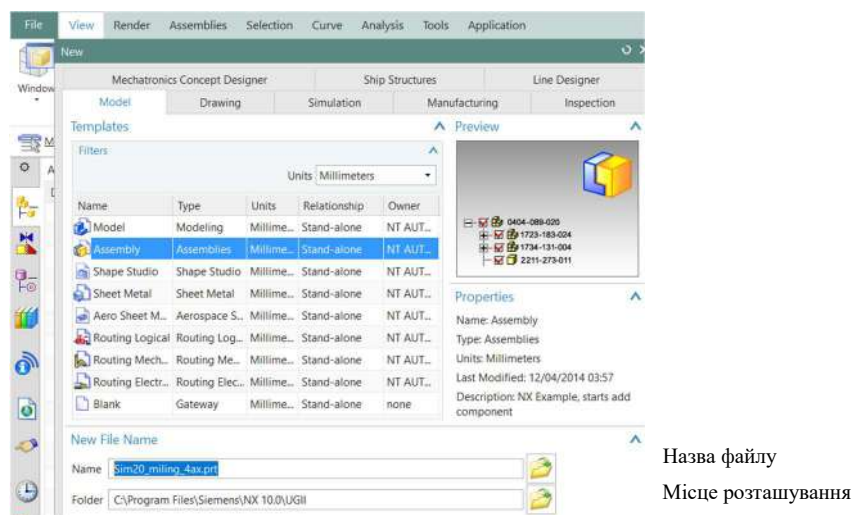


Рисунок 4.9 – Меню створення нового проєкту.

За замовченням проєкт створюється у програмному модулі Modeling. Сюди додаємо 3D конструкцію верстата.

Після цього запускаємо програмний модуль Machine Tool Builder, переходячи по вкладках головного меню NX10: Application → More (Manufacturing) → у випадаючому списку обираємо Machine Tool Builder. На лівій стрічці NX10 (Resource Bar) з'являється вкладка Machine Tool Navigator (рис.4.10). Натискаємо на піктограму верстата. У відкритому вікні вводим назву верстату, змінюючи напис NONAME на MC_6104_4ax. Натиснувши на назву верстата правою клавішою миші, у випадаючих списках обираємо: Insert → Machine Base Component (рис.4.11). Після появи вікна Create Machine Component обираємо

положення «0» верстату, натиснувши на піктограму обрання точки встановлюємо його на осі обертання поворотного столу (рис. 4.12).

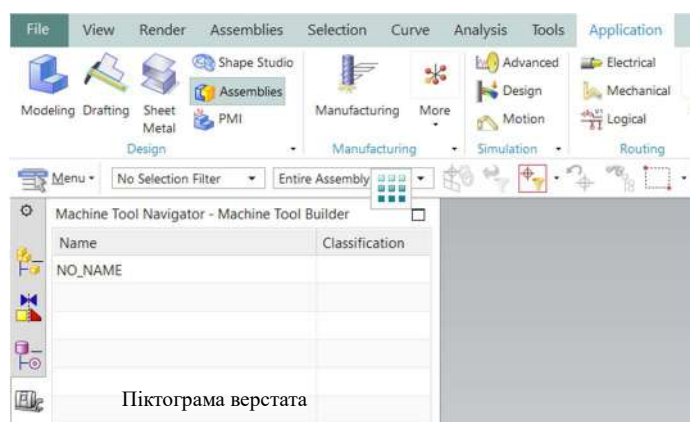


Рисунок 4.10 - Вкладка Machine Tool Navigator

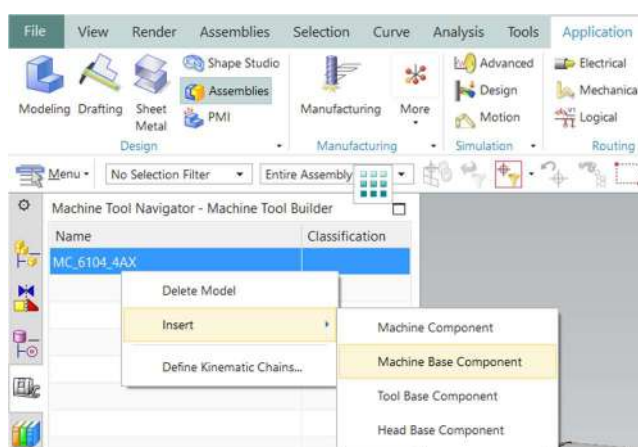


Рисунок 4.11 – Додавання елементу Machine Base Component

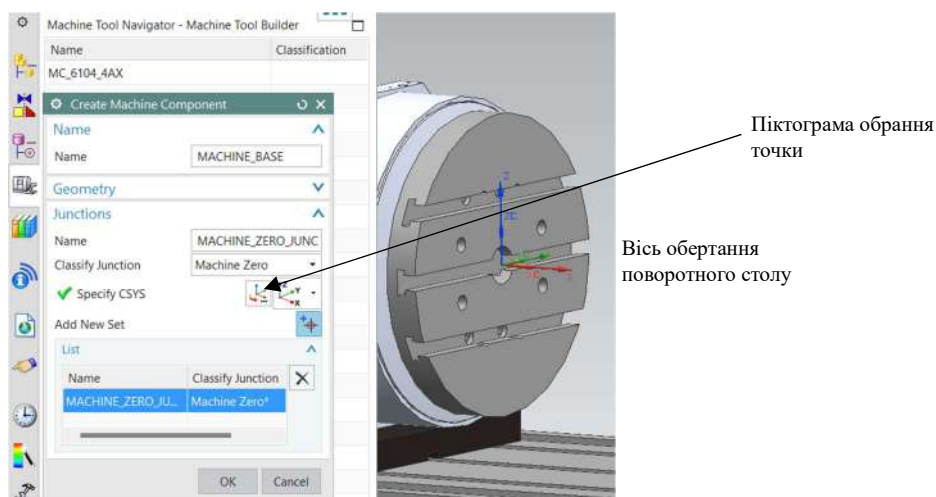


Рисунок 4.12 – Вибір точки «0» верстата

Далі нам необхідно узгодити компоненти верстата з його 3D моделями. Для цього натискаємо праву кнопку миші на елементі MACHINE_BASE в випадаючому списку обираємо Insert→Machine Component (рис.4.13).

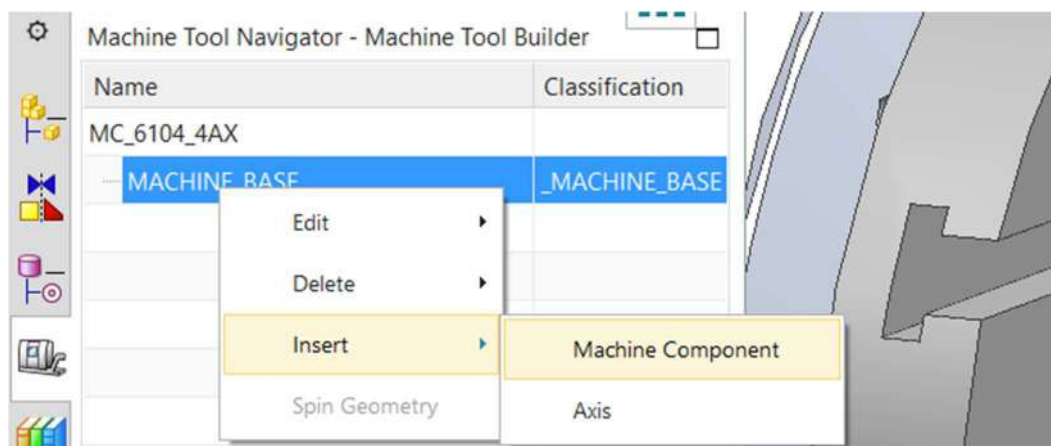


Рисунок 4.13 – Додавання елементу Machine Component

У меню, що з'явилося після натискання Machine Component (Create Machine Component) необхідно обрати назву елементу верстата та його 3D модель. Для цього не закриваючи меню Create Machine Component у лівій стрічці переходимо до вкладки Assembly Navigator та натискаємо на потрібну 3D модель. Першим елементом верстата є його колона нерухома частина осі «Z». Назву цьому елементу обираємо Z_BASE та 3D модель MC6104_Z_BASE (рис.4.14), натискаємо ОК у меню Create Machine Component.

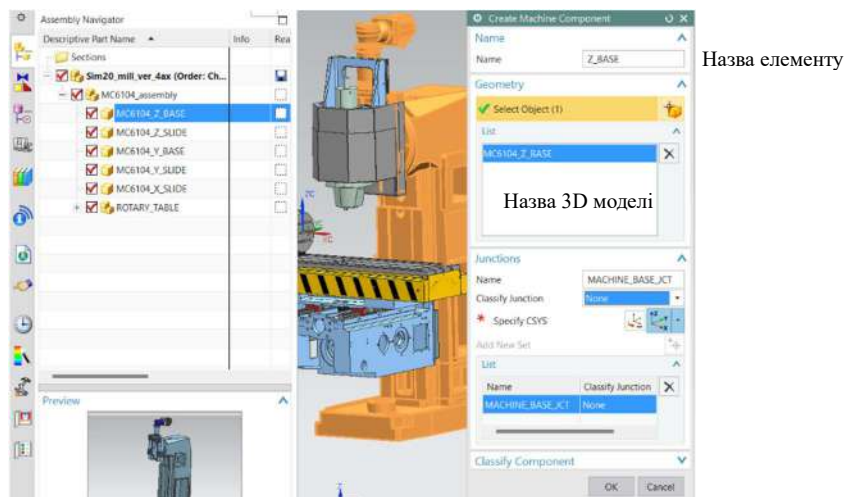


Рисунок 4.14 – Додавання елементу Z_BASE

Наступним елементом додаємо рухому частину осі «Z». Натискаємо правою кнопкою миші на елемент Z_BASE у вкладці Machine Tool Navigator. У випадаючому списку обираємо Insert→Machine Component. У меню Create Machine Component водимо назву Z_SLIDE та обираємо 3D модель цього вузла MC6104_Z_SLIDE на вкладці Assembly Navigator, тиснемо OK (рис.4.15).

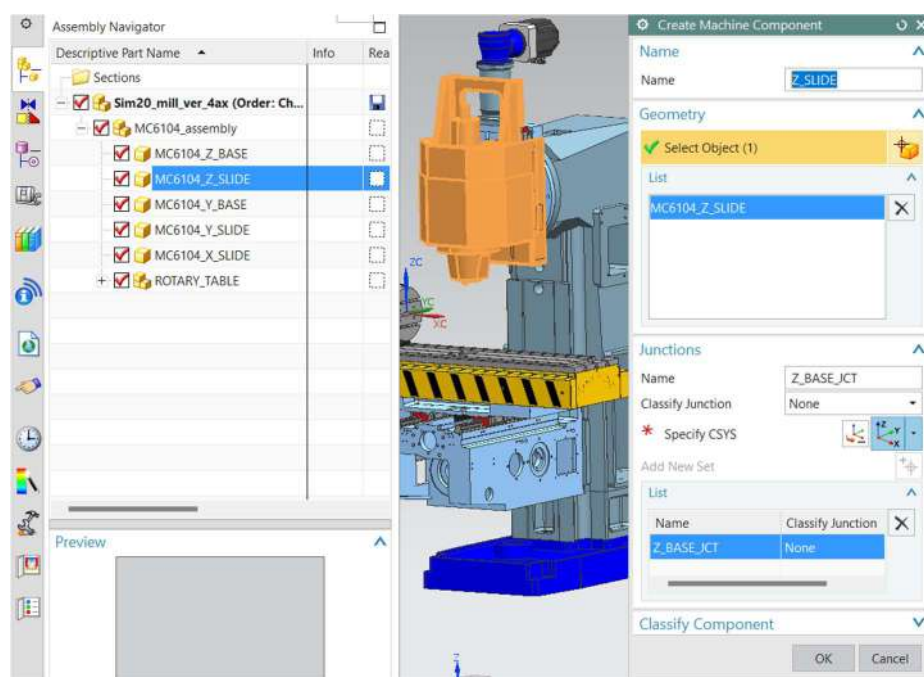


Рисунок 4.15 – Додавання елементу Z_SLIDE

Шпиндель верстата є рухомою частиною осі «Z», тому необов'язково окремо будувати його 3D модель. На торці шпинделю вказуємо положення нульової точки, від якої буде відраховуватись відстань до різальної кромки інструменту. Натискаємо праву кнопку миші на елементі Z_SLIDE, у випадаючому списку обираємо Insert→Machine Component. У меню Create Machine Component водимо назву елементу SPINDLE. Після цього водимо назву точки «S» у віконці Junction→Name. У віконці Junction→Classify Junction обираємо тип цієї точки «Tool Mount». Натискаємо на піктограму обрання точки та обираємо положення її на торці шпинделю. У списку Classify Component, що розташований нижче (рис.4.16), встановлюємо галочку на компонентний класифікатор _DEVICE. Після натискання

ОК у меню Create Machine Component, на вкладці Machine Tool Navigator з'являється елемент SPINDLE.

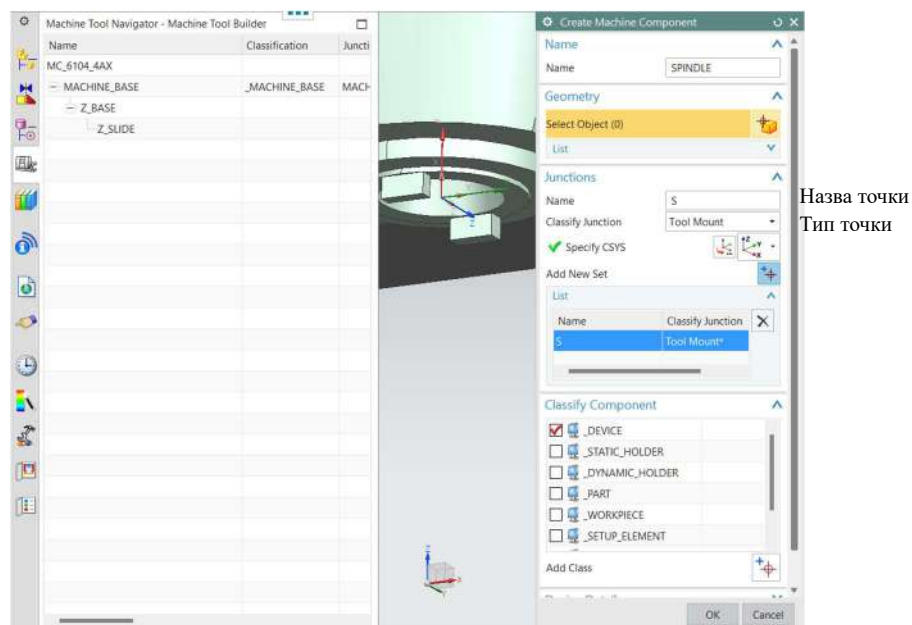


Рисунок 4.16 – Додавання елементу SPINDLE

Призначаємо місце кріплення інструменту у гніздах віртуального магазину. Натискаємо праву кнопку миші на елементі SPINDLE у випадаючому списку обираємо Insert→Machine Component. З'являється меню Create Machine Component в якому водимо назву елементу РОСЕТ_01. У віконці Junction→Name водимо «Т1», натискаємо на піктограму обрання точки та вказуємо її місцезнаходження на торці шпинделю. Компонентний класифікатор у списку Classify Component, обираємо _DYNAMIC HOLDER (рис.4.17). Нижче з'явиться додаткове віконце Holder Details в якому водимо ідентифікатор інструменту «1» до пункту Holder ID. Натиснувши ОК у меню Create Machine Component з'являється елемент РОСЕТ_01 у вкладці Machine Tool Navigator.

Аналогічно з процесом додавання елементу РОСЕТ_01 повторюємо цей процес для, ще 3 елементів РОСЕТ_02, РОСЕТ_03, РОСЕТ_04.

Наступним елементом нашого верстата є нерухома частина осі «Y». Натискаємо праву кнопку миші у вкладці Machine Tool Navigator на елементі MACHINE_BASE у випадаючому віконці обираємо Insert→Machine Component. В меню, що з'явилося Create Machine Component водимо назву елементу «Y_BASE».

Не закриваючи меню Create Machine Component натискаємо на вкладку Assembly Navigator та обираємо 3D модель MC6104_Y_BASE (рис.4.18). Натискаємо ОК.

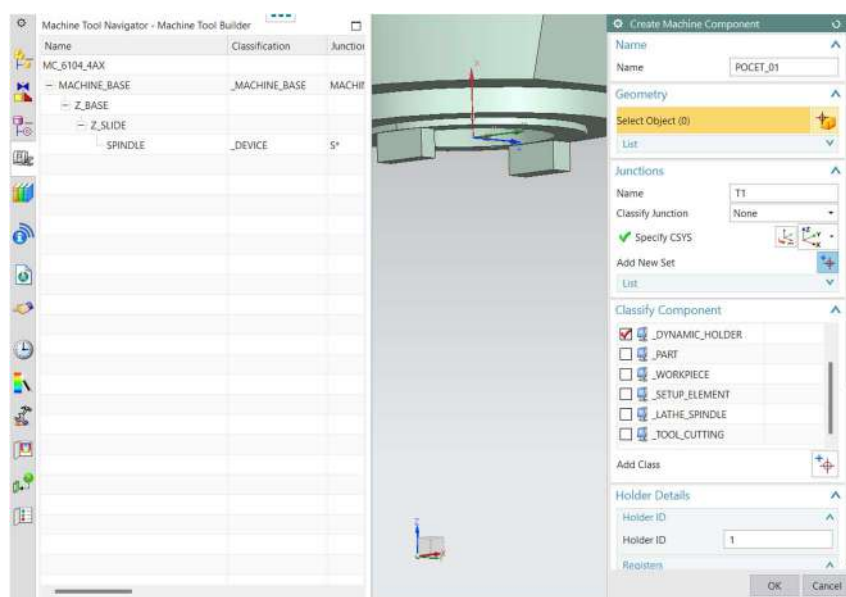


Рисунок 4.17 – Додавання елементу POCET_01.

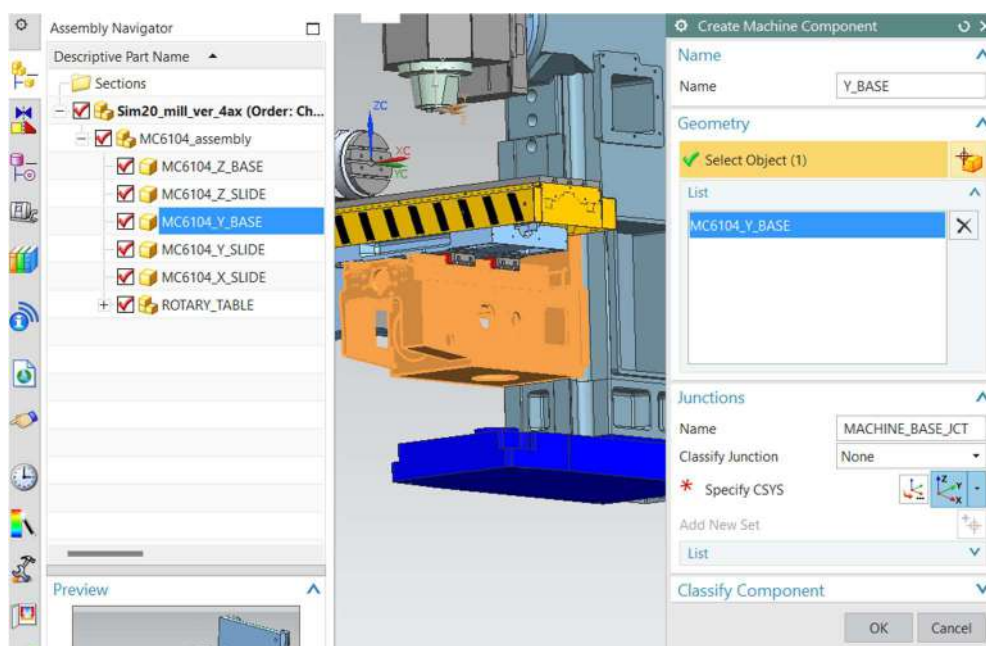


Рисунок 4.18 – Додавання елементу Y_BASE

Додаємо елемент Y_SLIDE, натискаємо праву кнопку миші у вкладці Machine Tool Navigator на елементі Y_BASE у випадяючому віконці обираємо Insert→Machine Component. В меню, що з'явилося Create Machine Component водимо назву елементу «Y_SLIDE». Не закриваючи меню Create Machine

Component натискаємо на вкладку Assembly Navigator та обираємо 3D модель MC6104_Y_SLIDE (рис.4.19). Натискаємо ОК у меню Create Machine Component.

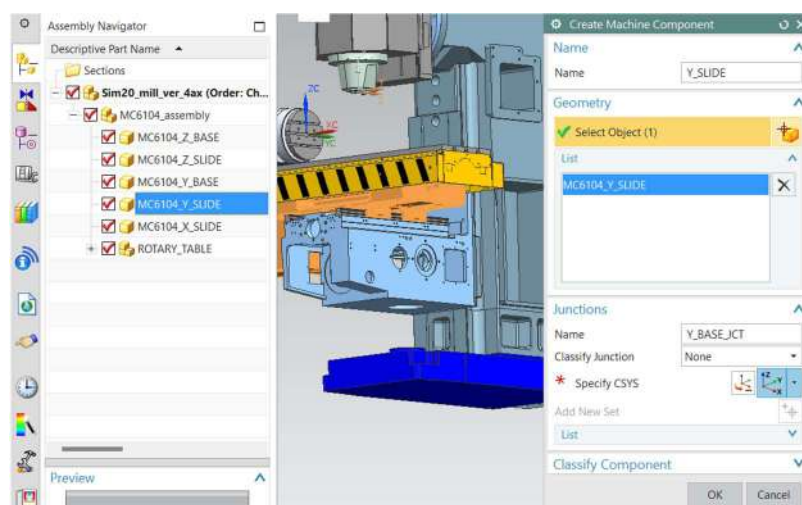


Рисунок 4.19 – Додавання елементу Y_SLIDE

Наступним елементом верстата є рухома частина осі «X». Натискаємо праву кнопку миші у вкладці Machine Tool Navigator на елементі Y_SLIDE у випадаючому віконці обираємо Insert→Machine Component. В меню, що з'явилося Create Machine Component водимо назву елементу «X_SLIDE». Не закриваючи меню Create Machine Component натискаємо на вкладку Assembly Navigator та обираємо 3D модель MC6104_X_SLIDE (рис.4.20). Натискаємо ОК у меню Create Machine Component.

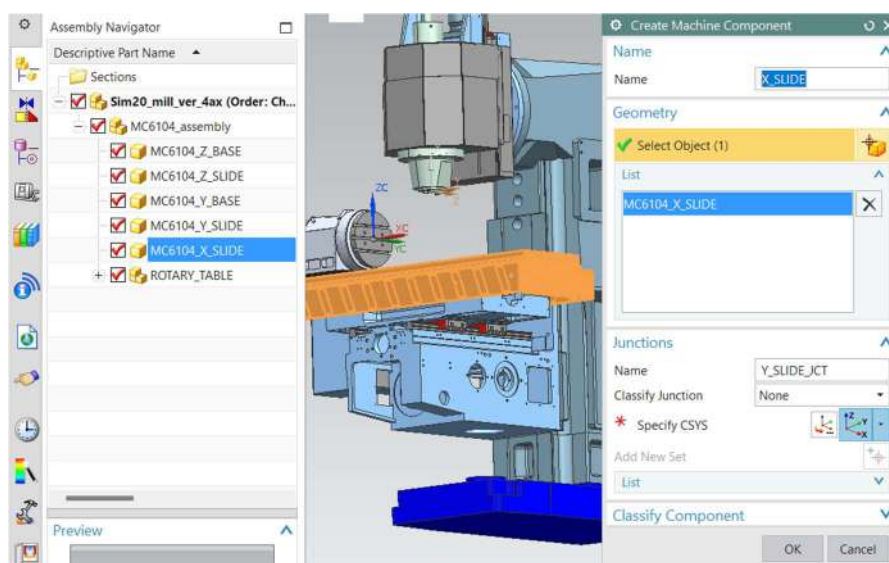


Рисунок 4.20 – Додавання елементу X_SLIDE

Елемент A_BASE додаємо шляхом натискання правої кнопки миші у вкладці Machine Tool Navigator на елементі X_SLIDE у випадаючому віконці обираємо Insert→Machine Component. В меню, що з'явилося Create Machine Component водимо назву елементу «A_BASE». Не закриваючи меню Create Machine Component натискаємо на вкладку Assembly Navigator та обираємо 3D модель MC6104_A_BASE (рис.4.21), водимо «A_ROT» у секції Junction віконце Name натискаємо ні піктограму обрання точки і обираємо точку, що знаходиться у центрі на торці планшайби. Натискаємо ОК у меню Create Machine Component.

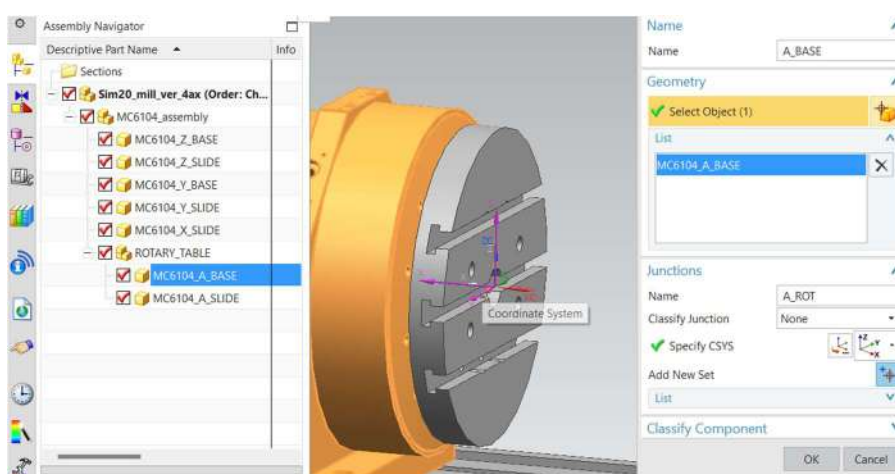


Рисунок 4.21 – Додавання елементу A_BASE.

Додаємо елемент A_SLIDE, натискаємо праву кнопку миші у вкладці Machine Tool Navigator на елементі A_BASE у випадаючому віконці обираємо Insert→Machine Component. В меню, що з'явилося Create Machine Component водимо назву елементу «A_SLIDE». Не закриваючи меню Create Machine Component натискаємо на вкладку Assembly Navigator та обираємо 3D модель MC6104_A_SLIDE (рис.4.22). Натискаємо ОК у меню Create Machine Component.

Для можливості додавання в симуляцію деталей додаємо групу елементів, що настроюються. Натискаємо праву кнопку миші у вкладці Machine Tool Navigator на елементі A_SLIDE у випадаючому віконці обираємо Insert→Machine Component. В меню, що з'явилося Create Machine Component водимо назву елементу «SETUP». Водимо назву точки «PART_MOUNT_JCT» у віконце Junction→Name. Натискаємо

піктограму обрання точки та встановлюємо її у центрі на торці планшайби. У списку Classify Component, що розташований нижче, встановлюємо галочку на компонентний класифікатор `_SETUP_ELEMENT` (рис.4.23). Натискаємо ОК у меню Create Machine Component.

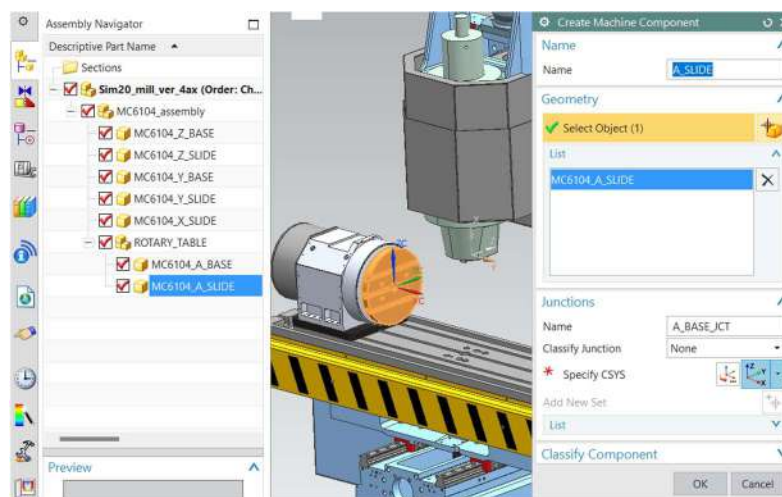


Рисунок 4.22 – Додавання елементу A_SLIDE

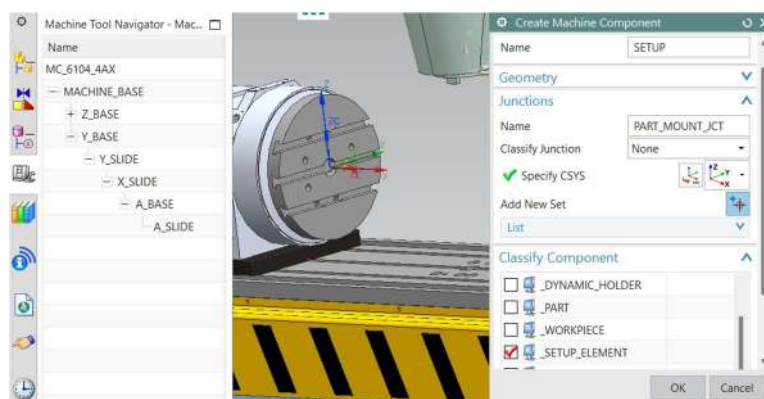


Рисунок 4.23 – Додавання елементу SETUP

До структури елементу SETUP необхідно додати 3 обов'язкових елемента PART, BLANK, FIXTURE. Додаємо елемент PART натискаючи праву кнопку миші у вкладці Machine Tool Navigator на елементі SETUP у випадаючому віконці обираємо Insert→Machine Component. В меню, що з'явилося Create Machine Component водимо назву елементу «PART». Ім'я точки вказуємо «PART_JCT», у списку Classify Component встановлюємо галочки на `_SETUP_ELEMENT` та `_PART`

(рис.4.24). Після натискання ОК у меню Create Machine Component з'являється елемент PART у вкладці Machine Tool Navigator.

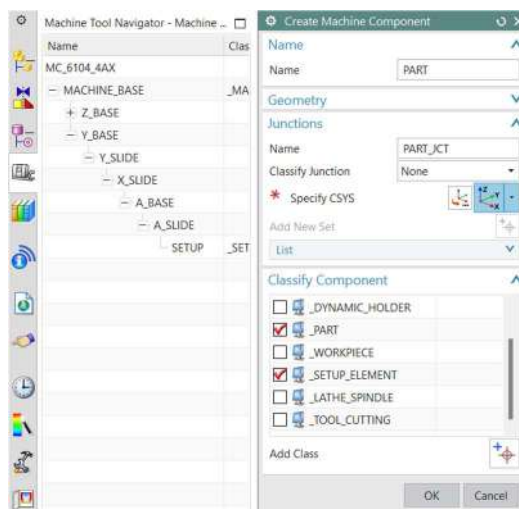


Рисунок 4.24. Додавання елементу PART

Додаємо елемент BLANK натискаючи праву кнопку миші у вкладці Machine Tool Navigator на елементі SETUP у випадаючому віконці обираємо Insert→Machine Component. В меню, що з'явилося Create Machine Component водимо назву елементу «BLANK». Ім'я точки вказуємо «BLANK_JCT», у списку Classify Component встановлюємо галочки на _SETUP_ELEMENT та _WORKPIECE (рис.4.25). Натискаємо ОК у меню.

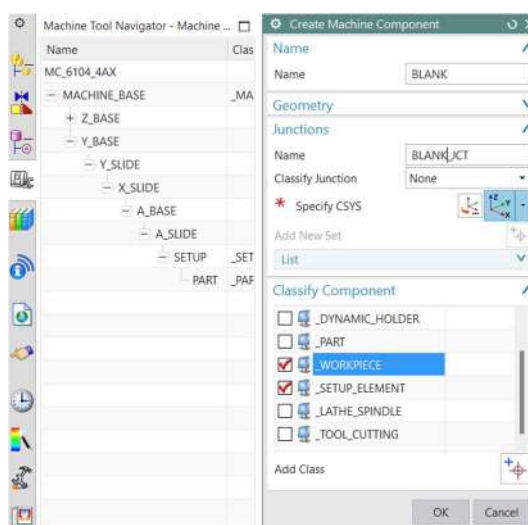


Рисунок 4.25 – Додавання елементу BLANK

Елемент FIXTURE додаємо натисканням правої кнопки миші у вкладці Machine Tool Navigator на елементі SETUP у випадяючому віконці обираємо Insert→Machine Component. В меню, що з'явилося Create Machine Component водимо назву елементу «FIXTURE». Ім'я точки вказуємо «FIXTURE_JCT», у списку Classify Component встановлюємо галочки на _SETUP_ELEMENT (рис.4.26). Натискаємо ОК у меню.

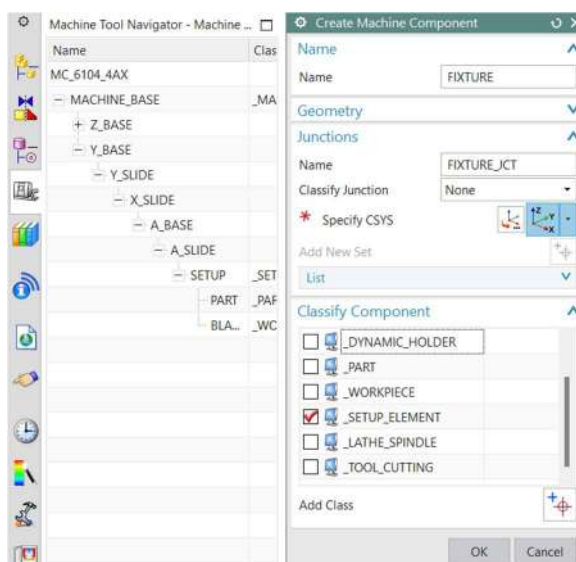


Рисунок 4.26 – Додавання елементу FIXTURE

У вкладці Machine Tool Navigator визначаємо рухомі частини верстата та елементи, що є геометричними осями. Призначаємо геометричну вісь верстата «Z» елементу Z_SLIDE натискаючи праву кнопку миші на елементі Z_SLIDE та обираємо Insert→Axis. З'являється меню налаштувань Create Axis, в секції Name у віконці Axis Name водимо ім'я осі «Z». В секція Junction обираємо напрямлення геометричного переміщення осі «Z↑». Секція Axis Setting налаштовує геометричні властивості осі верстату, для осі «Z» встановлюємо тип переміщень «Linear» у віконці Axis Type, ставимо галочку NC Axis (вісь належить до Numeric Controller), водимо номер геометричної осі «3», визначаємо координату поточного положення осі «Z» відносно точки «0» верстата та вносимо значення «200.00» до віконця Initial Value, водимо обмеження руху осі у позитивному напрямку до віконця Upper Limit «220.00» та до віконця Upper Soft Limit, обмеження у зворотному напрямку «-30.00» вводимо у віконці Lower Limit та Lower Soft Limit. Секція Dynamic Properties

дозволяє налаштувати динамічні характеристики приводу осі, для цього в ній є віконце Max Velocity до якого вноситься максимальна швидкість руху осі, до віконця Max Acceleration вносяться значення максимально прискорення осі, Max Deceleration вказує на максимальне гальмування осі, віконця Jerk Limit, Jump Velocity та Kv для внесення параметрів ривку приводу осі, значення у віконцях Fine Precision та Corsa Precision встановлюють значення для точного та грубого зупинення осі. Дану секцію залишаємо з значеннями за замовченням. Остання секцію у меню Create Axis це Preview Motion яка дозволяють рухати вісь з введеними значеннями обмежень та характеристик. Ведені значення для осі «Z» зображено на рис.4.27. Натискаємо ОК у меню Create Axis.

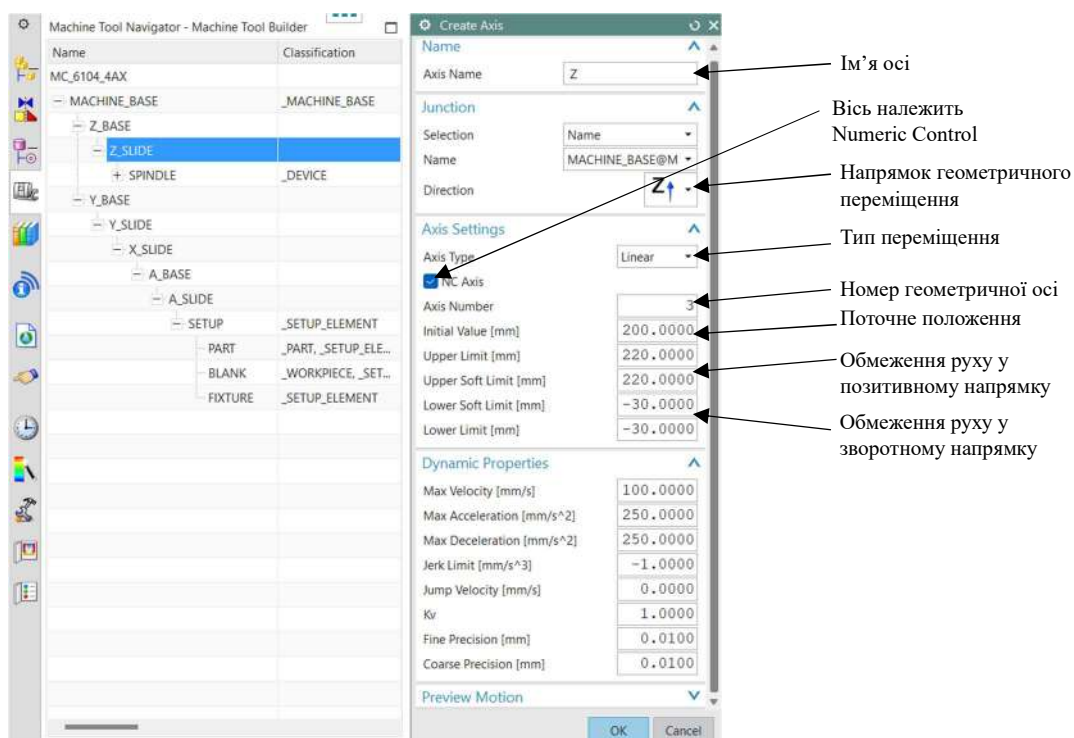


Рисунок 4.27 – Додавання осі «Z»

Призначаємо геометричну вісь «Y» верстату для елемента Y_SLIDE, натискаючи праву кнопку миші на елементі Y_SLIDE та обираємо Insert→Axis. З'являється меню налаштувань Create Axis, в секції Name у віконці Axis Name вводим ім'я осі «Y». В секції Junction обираємо напрямлення геометричного переміщення осі «Y→». В секції Axis Setting встановлюємо тип переміщень

«Linear» у віконці Axis Type, ставимо галочку NC Axis, водимо номер геометричної осі «2», вносимо значення «0.00» до віконця Initial Value, водимо обмеження руху осі «180.00» до віконця Upper Limit та Upper Soft Limit, обмеження у зворотному напрямку «-30.00» вводимо у віконце Lower Limit та Lower Soft Limit (рис.4.28). Натискаємо OK у меню Create Axis.

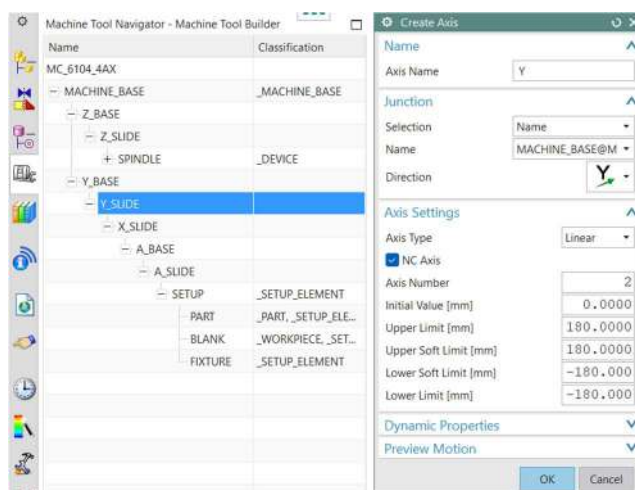


Рисунок 4.28 -Додавання осі «Y»

Призначаємо геометричну вісь «X» верстату для елементу X_SLIDE, натискаючи праву кнопку миші на елементі X_SLIDE та обираємо Insert→Axis. З'являється меню налаштувань Create Axis, в секції Name у віконце Axis Name водимо ім'я осі «X». В секція Junction обираємо напрямлення геометричного переміщення осі «X→». В секції Axis Setting встановлюємо тип переміщень «Linear» у віконці Axis Type, ставимо галочку NC Axis, водимо номер геометричної осі «1», вносимо значення «400.00» до віконця Initial Value, водимо обмеження руху осі «650.00» до віконця Upper Limit та Upper Soft Limit, обмеження у зворотному напрямку «150.00» вводимо у віконце Lower Limit та Lower Soft Limit (рис.4.29). Натискаємо OK у меню Create Axis.

Призначаємо поворотну вісь «A» верстату для елементу A_SLIDE, натискаючи праву кнопку миші на елементі A_SLIDE та обираємо Insert→Axis. З'являється меню налаштувань Create Axis, в секції Name у віконце Axis Name водимо ім'я осі «A». В секція Junction обираємо у віконці Name обираємо

«A_BASE@A_ROT». В секції Axis Setting встановлюємо тип переміщень «Rotary Unlimited» у віконці Axis Type, ставимо галочку NC Axis, водимо номер геометричної осі «4», вносимо значення «0.00» до віконця Initial Value, водимо обмеження руху осі «9999.00» до віконця Upper Soft Limit, обмеження у зворотному напрямку «-9999.00» вводимо у віконце Lower Soft Limit (рис.4.30), тиснемо OK.

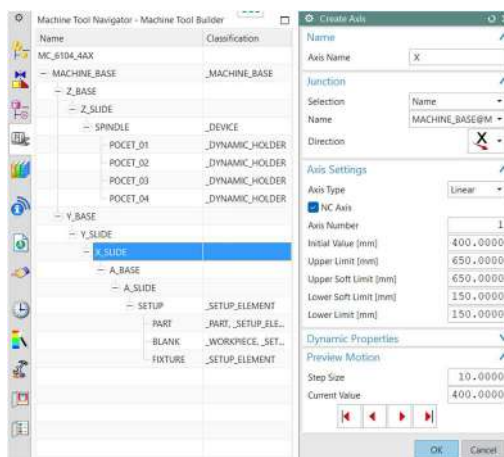


Рисунок 4.29 – Додавання осі «X»

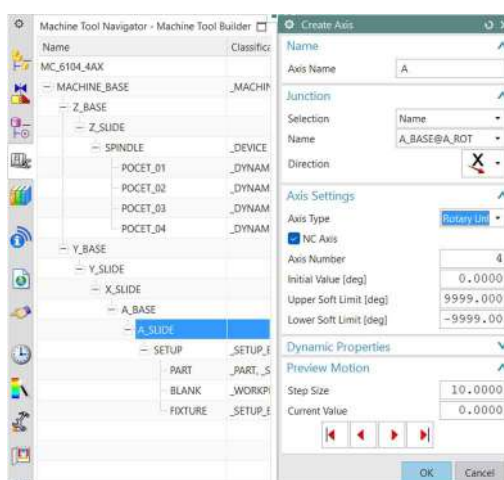


Рисунок 4.30 – Додавання осі «A»

Призначаємо вісь шпинделя «S» верстата елементу SPINDLE, натискаючи праву кнопку миші на елементі SPINDLE та обираємо Insert→Axis. З'являється меню налаштувань Create Axis, в секції Name у віконці Axis Name водимо ім'я осі «S». В секція Junction обираємо у віконці Name обираємо «SPINDLE@S». В секції Axis Setting встановлюємо тип переміщень «Spindle» у віконці Axis Type, прибираємо галочку NC Axis, водимо номер геометричної осі «6», вносимо

значення «0.00» до віконця Initial Value, водимо обмеження руху осі «9999.00» до віконця Upper Soft Limit, обмеження у зворотному напрямку «-9999.00» вводимо у віконце Lower Soft Limit (рис.4.31), тиснемо OK у меню Create Axis.

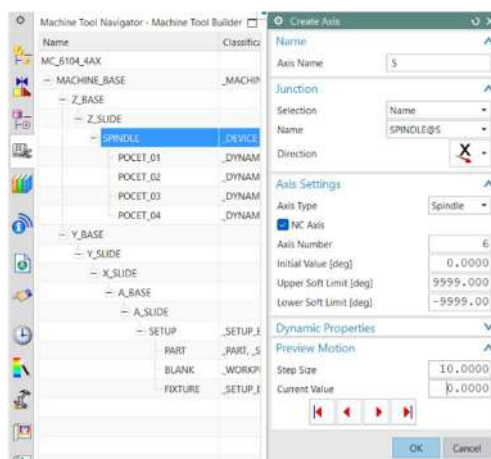


Рисунок 4.31 – Додавання осі S

Призначаємо кінематичну схему верстата натискаючи праву кнопку миші у вкладці Machine Tool Navigator на елементі MC_6104_4AX у випадяючому списку обираємо Define Kinematic Chains. В меню Define Kinematic Chains, що з'явилося у секції Chain водимо «Z-Y-X-A» до віконця Name, у віконці Type обираємо тип верстата «Milling», встановлюємо «POCET_01» у віконці Tool End, до віконця Part End вносимо «SETUP». У секції Axes обираємо відповідність геометричних осей з іменами, що створювалися при призначенні елементам(рис.4.32). Натискаємо OK у меню Define Kinematic Chains.

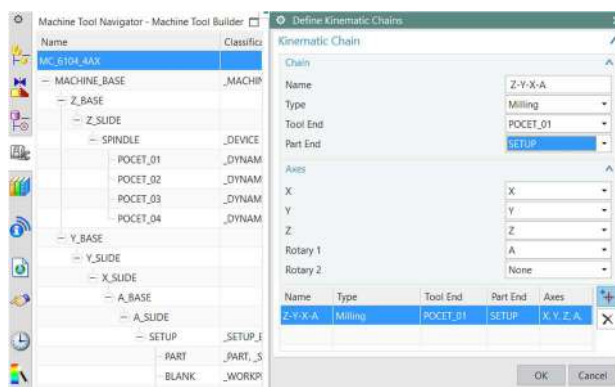


Рисунок 4.32 – Призначення кінематичної схеми.

Далі конфігуруємо канал геометричних осей верстата натискаючи праву кнопку миші у вкладці Machine Tool Navigator на елементі MC_6104_4AX у випадаючому списку обираємо Chanel Configuration. З'являється меню Chanel Configuration в секції Available Axes and Spindles якого відображаються призначені осі верстата. Подвійним натисканням лівою кнопкою миші по ним переносить їх до секції Chanel Definition, перенесемо всі осі. Водимо «Main» до назви каналу у віконці «Name». Нижче у віконці «Main Spindle» під списком обираємо «S». У секції Geometry Axes обираємо відповідність геометричних осей з іменами, що створювалися при призначенні елемента (рис.4.33), натискаємо ОК у меню Chanel Configuration.

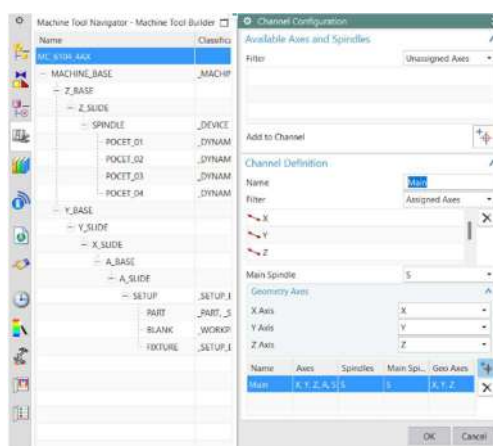


Рисунок 4.33 – Конфігурування каналу верстата

Виконавши всі дії зазначені вище вкладка Machine Tool Navigator матиме вигляд як на рис.4.34.

Name	Classification	Axis Name	Axis Nu...	NC ...	Axis Limits	Initial ...	Axis Type	Junctions	Turret ID	Pocket ID
MC_6104_4AX										
- MACHINE_BASE	_MACHINE_BASE							MACHINE_ZERO_JUNCTION*		
- Z_BASE										
- Z_SLIDE		Z	3	✓	-30, 220	200	Linear			
- SPINDLE	_DEVICE	S	6		None	0	Spindle	S*	S	
- POCET_01	_DYNAMIC HOLDER							T1		1
- POCET_02	_DYNAMIC HOLDER							T2		2
- POCET_03	_DYNAMIC HOLDER							T3		3
- POCET_04	_DYNAMIC HOLDER							T4		4
- Y_BASE										
- Y_SLIDE		Y	2	✓	-180, 180	0	Linear			
- X_SLIDE		X	1	✓	150, 650	400	Linear			
- A_BASE								A_ROT		
- A_SLIDE		A	4	✓	None	0	Rotary Unli...			
- SETUP	_SETUP_ELEMENT							PART_MOUNT_JCT		
- PART	_PART_SETUP_ELE...									
- BLANK	_WORKPIECE_SET...									
- FIXTURE	_SETUP_ELEMENT									

Рисунок 4.34 – Вкладка Machine Tool Navigator

Після цього ми маємо можливість у ручному режимі пересувати осі верстату та перевіряти зони зіткнення елементів верстата. Для виклику меню керування верстатом у вкладці Machine Tool Navigator згортаємо дерево побудови верстату MC_6104_4AX і на вільному місці після елементу MACHINE_BASE у списку натискаємо праву кнопку миші, у випадаючому списку обираємо Preview Motion. З'являється меню Preview Motion в якому у секції Move Axis є три кнопки. Кнопка Show Machine Axis Positions яка викликає меню Machine Axis Positions в якому перетягуванням повзунка або введенням конкретних координат верстату можливо пересувати осі. Кнопка Set Axis To Zero пересуває усі осі в значення «0». Кнопка Reset Axis повертає осі в вихідне положення. У секції Settings ставимо галочку на Collision Detection яка вмикає оповіщення червоним кольором елементів, що зіткнулися. Пересуваючи в ручну осі верстату виявили зіткнення елементів Z_SLIDE та B_SLIDE при координатах верстата X=155.000, Y=0.000, Z=-20.000 (рис.4.35).

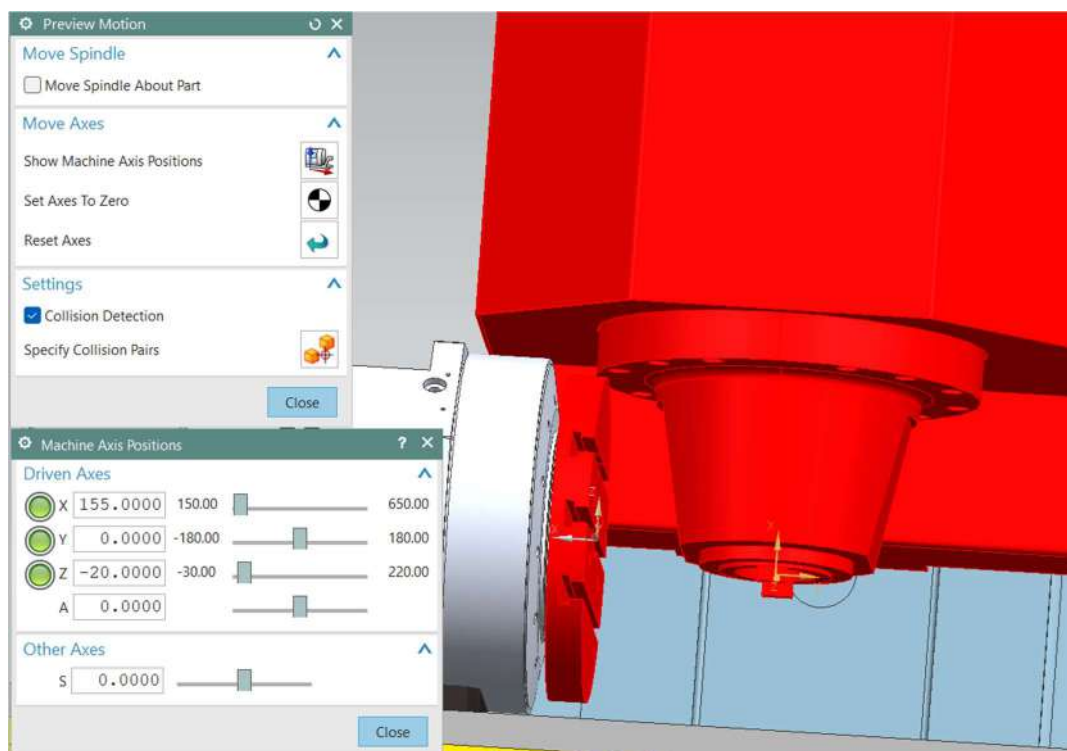


Рисунок 4.35 – Зображення зіткнення елементів верстата

На цьому створення проєкт у програмному модулі Machine Tool Builder завершено.

4.3 Додавання нового верстата в бібліотеку NX CAM

Наступним етапом необхідно додати проєкт створений у програмному модулі Machine Tool Builder до бібліотеки верстатів NX10.0. Під час внесення проєкту до бібліотеки необхідно зберегти структуру формування каталогів бібліотеки. Створюємо каталог з назвою Sim20_mill_ver_4ax в ньому ще один каталог graphics. До каталогу graphics перенесем файли Sim20_mill_ver_4ax.prt, MC6104_assembly.prt, MC6104_Z_BASE.prt, MC6104_Y_BASE.prt, MC6104_X_BASE.prt, MC6104_A_BASE.prt, MC6104_Z_SLIDE.prt, MC6104_Y_SLIDE.prt, MC6104_X_SLIDE.prt, MC6104_A_SLIDE.prt, ROTARY_TABLE.prt. Якщо NX10.0 встановлювався в каталог за замовченням C:\Program Files\Siemens, та створений нами каталог Sim20_mill_ver_4ax перенесемо в каталог C:\Program Files\Siemens\NX 10.0\MACH\resource\library\machine\installed_machines. Додаємо посилання в бібліотеці на наш проєкт, для цього потрібно відредагувати файл machine_database.dat, що знаходиться в каталозі C:\Program Files\Siemens\NX 10.0\MACH\resource\library\machine\ascii. В цьому файлі вносимо данні строки:

«DATA|MC6104_4ax_mm|MDM0101|MC6104_4x_Осьовий_фрезерний_верстат_(поворотний_стіл_A)|WestLabs|Mazurenko_M.A.|\${UGII_CAM_LIBRARY_INSTALLED_MACHINES_DIR}\Sim20_mill_ver_4ax\sim20_mill_ver_4ax_WestLabs_mm.dat|1.000000|\${UGII_CAM_LIBRARY_INSTALLED_MACHINES_DIR}\Sim20_mill_ver_4ax\graphics\Sim20_mill_ver_4ax» наступною стрічкою після напису # New machine tools metric. У каталозі C:\Program Files\Siemens\NX 10.0\MACH\resource\library\machine\installed_machines\Sim20_mill_ver_4ax створюємо файл sim20_mill_ver_4ax_WestLabs_mm.dat, до якого вносимо відомості про постпроцесор для нашого верстата. Записуємо наступні данні у цей файл:

«MILL_4_AXIS,\${UGII_CAM_LIBRARY_INSTALLED_MACHINES_DIR}\sim20_mill_ver_4ax\postprocessor\westlabs\MC6104_Westlab4_mm.tcl,\${UGII_CAM_LIBRARY_INSTALLED_MACHINES_DIR}\sim20_mill_ver_4ax\postprocessor\westlabs\MC6104_Westlab4_mm.def

Цими записами ми створили посилання до файлів постпроцесора, створимо необхідні каталоги та перенесемо файли в потрібний каталог.

У каталозі C:\Program Files\Siemens\NX 10.0\MACH\resource\library\machine\installed_machines\Sim20_mill_ver_4ax створюємо каталог postprocessor і в ньому ще один westlabs, до цього каталогу потрібно скопіювати файли згенеровані Post Builder MC6104_Westlab4_mm.tcl, MC6104_Westlab4_mm.def та MC6104_Westlab4_mm.pui.

В NX10.0 є можливість до одного верстату додати декілька постпроцесорів, це є необхідним коли на виробництві є однакові верстати але з різними стойками ЧПУ.

На цьому етапі є можливість використовувати симуляцію «Machine Simulation», але шлях інструменту буде використовувати CLSF DATA. Для використання згенерованої програми постпроцесором як шлях інструменту під час симуляції, необхідно розробити CSE (Common Simulation Engine)драйвер системи ЧПУ.

4.4 Створення CSE драйверу для верстата

CSE драйвер складається з 4 основних компонентів:

- контролер DLL - є синтаксичний аналізатор, який сприймає мову конкретного контролера;
- файл конфігурації контролера Controller Configuration File (CCF) - це двійковий XML файл, що визначає дії, які будуть виконані моделлю верстата (розпізнає G-коди, задає швидкість подачі та ін.);
- файл конфігурації верстата Machine Configuration Files (MCF) - це XML-файл для визначення конфігурації осей верстата та налаштувань багатоканального верстата. Дозволяє використовувати CCF-бібліотеки та доповнювати їх функціонал;

- модуль підпрограм - дозволяє забезпечити цикли зміни інструменту, цикли свердління, підпрограми, що визначаються користувачем і т.д.

Стандартні CSE-драйвера постачаються з прикладами кінематичних моделей верстатів NX для Siemens 840D, Heidenhain TNC та Fanuc. Файли підпрограми користувач може налаштувати під свій верстат, а файли MCF та CCF закриті від редагування.

Однак стандартні CSE-драйвери не завжди дозволяють задіяти всі G-функції реалізовані в сучасних стійках ЧПУ, тому виникає необхідність переробити існуючий або навіть створити новий файл MCF під конкретну комбінацію верстат/система ЧПУ. Тому для створення повнофункціональних CSE-драйверів у лінійці програмного забезпечення фірми Siemens є програма Tecnomatix Machine Configurator, яка дозволяє створювати та редагувати MCF та CCF файли.

Внаслідок вивчення принципів роботи CSE-драйвера для верстата та можливостей програмного продукту Machine Configurator була розроблена методика створення CSE-драйвера верстата, яка включає декілька основних етапів:

- збір даних щодо конкретної комбінації верстат/система ЧПУ;
- налаштування загальних параметрів файлу MCF;
- підбір та підключення відповідного для даної системи ЧПУ CCF-файлу (або створення свого CCF-файлу за необхідності);
- налаштування робочих осей верстата, шпинделів та каналів;
- програмний опис необхідного для симуляції роботи верстата функціоналу стійки ЧПУ (G-кодів) з використанням CSE Documentation;
- створення файлів підпрограм та підключення до MCF-файлу;
- підключення CSE-драйвера до кінематичної моделі верстата;
- перевірка та налагодження функціоналу розробленого CSE-драйвера з використанням еталонної моделі деталі та керуючих програм, відпрацьованих на реальному устаткуванні.

Створюємо MCF файл верстата. Для цього необхідно спочатку створити каталоги у бібліотеці NX10.0 переходимо до каталогу C:\Program Files\Siemens\NX 10.0\MACH\resource\library\machine\installed_machines\Sim20_mill_ver_4ax і в

ньому створюємо каталог `cse_driver`. В створеному каталозі необхідно створити каталог з назвою системи ЧПУ `westlabs`. Після запускаємо програму `Tesnomatix Machine Configurator` і налаштовуємо загальні параметри для MCF файлу. В полі вибору CSE контролера, обирається набір функцій для контролера у списку присутні найбільш поширені системи ЧПУ таких як `Sinumerik`, `Fanuc`, `Heidenhain` та деякі бібліотеки з стандартним набором команд для контролера. Обираємо «Standard Din 66025». Версію конфігураційного файлу обираємо най свіжішу «2.0». Тип впровадження обираємо «Library». Водимо ім'я верстата «MC6104_4ax» в поле `Machine Name`. Водимо такт циклу «0.1» в поле `Cycle Time`. Та мінімальну дискретність переміщення «0.0010» в поле `Motion Precision` (рис.4.36).

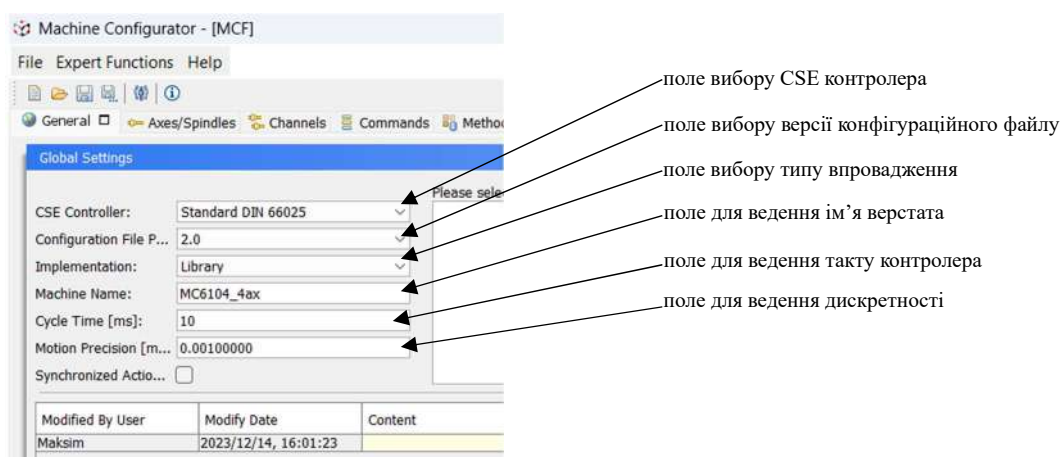


Рисунок 4.36 – Базові налаштування MCF файлу

Після переходимо з вкладки `General` до вкладки `Axes/Spindles`. У лівому вікні на написі `Axes` натискаємо праву кнопку миші та обираємо `+Axis`. Зліва в дереві побудові з'явиться напис `Axis_1` замінюємо на `Axis_X` та тиснемо на клавіатурі `Enter`. По середині з'являється таблиця для заповнення параметрів осі верстата, обираємо тип, номер, координати геометричних обмежень пересування осі та базова точка. Для осі «X» верстата водимо тип «Linear», номер осі «1», обмеження пересування у від'ємному напрямку «+150.000» а в додатному «+650.000» та базове положення після реферування «400.000» (рис.4.37). З права динамічні характеристики осі які ми залишили за замовченням.

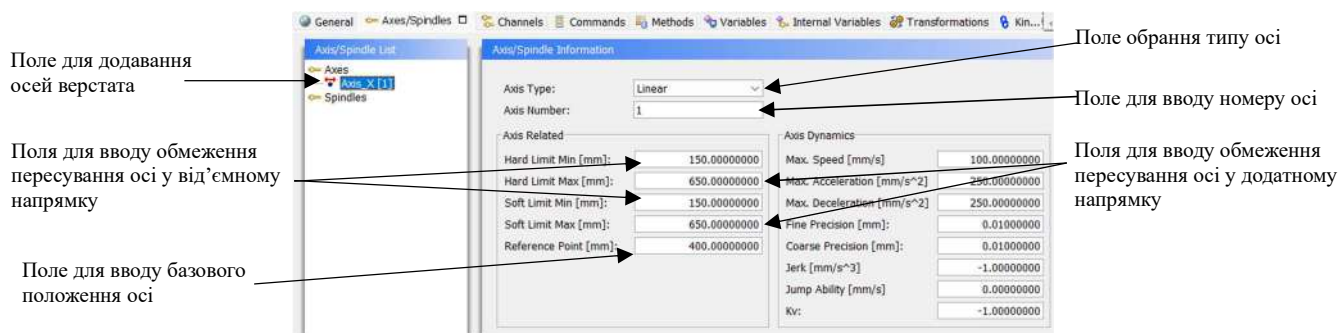


Рисунок 4.37 – Додавання осі «X»

Аналогічно проводимо додавання осей «Y» та «Z». Для осі «Y» обираємо тип «Linear», номер осі водимо «2», обмеження пересування у від'ємному напрямку «-180.000» а в додатному «180.000» та базове положення після реферування «0.000». А для осі «Z» обираємо тип «Linear», номер осі водимо «3», обмеження пересування у від'ємному напрямку «-30.000» а в додатному «220.000» та базове положення після реферування «200.000». Після додавання, ще двох осей вкладка Axes/Spindles виглядає, як зображено на рис.4.38.

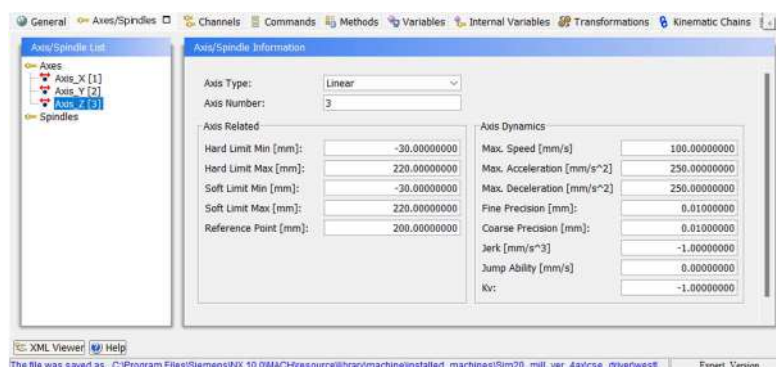


Рисунок 4.38 – Вкладка Axes/Spindles

Додаємо вісь верстата «A» натискаємо праву кнопку миші на написі Axes обираємо +Axis. Водимо Axis_A, тиснемо на клавіатурі Enter. Обираємо тип «Rotational Unlimited», водимо номер осі «4». Базове положення після реферування водимо «0.000».

Вісь шпинделя верстата додаєм натисканням правої кнопки миші на напису Spindles зліва в списку, у випадяючому списку обираємо +Spindle, тиснемо на

клавіатурі Enter. На рис.4.39 зображено остаточний вигляд вкладки Axes/Spindles після додавання всіх осей верстата.

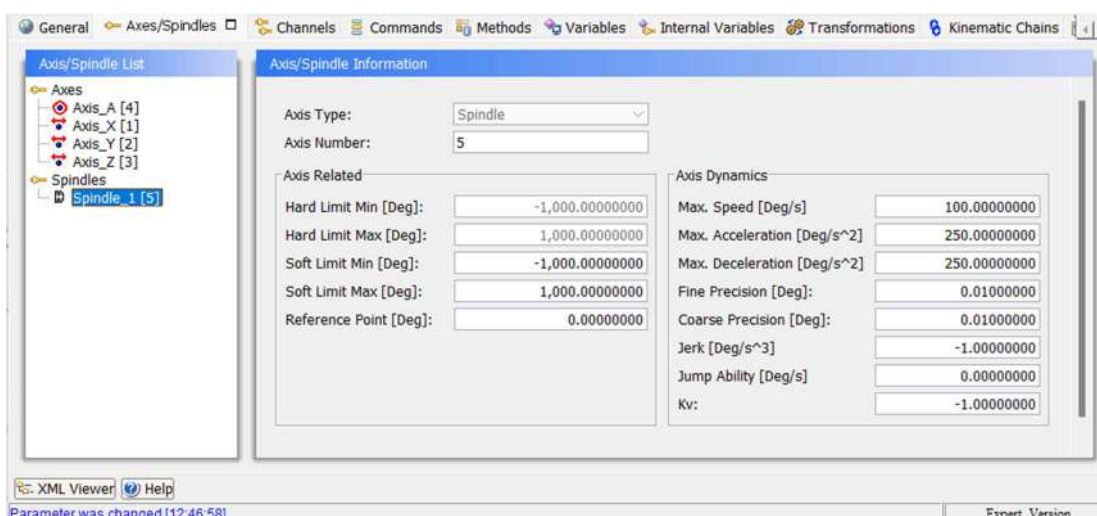


Рисунок 4.39 – Вкладка Axes/Spindles після додавання всіх осей

Наступним етапом необхідно згрупувати осі верстата в канал обробки. Переходимо до вкладки Channels, зліва в списку на написі Channels натискаємо праву кнопку миші та обираємо +Channel. В центральній частині вкладки з'являються 4 списки. Перенесемо осі та шпиндель з лівих до правих списків. У правій частині вкладки оскільки було додано лише один шпиндель він обирається як головний, нижче потрібно обрати відповідність геометричних осей «X», «Y», «Z» осям верстата, як зображено на рис.4.40.

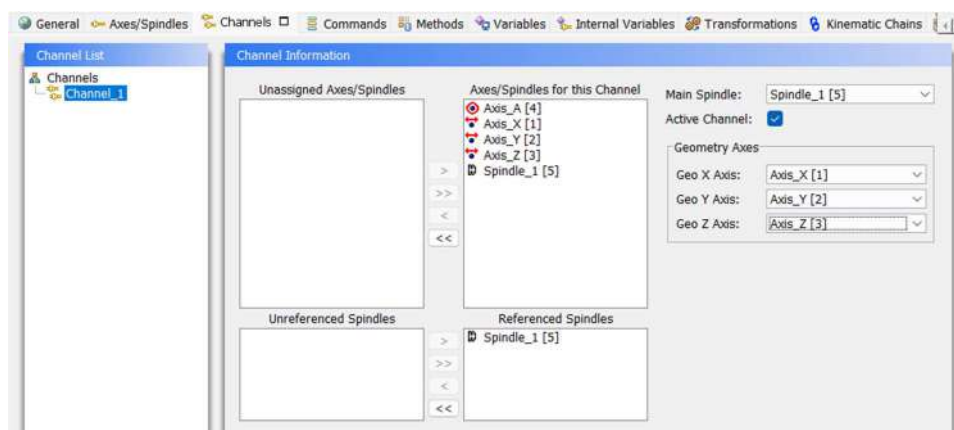


Рисунок 4.40 – Вкладка Channels

Виконуємо збереження файлу конфігурації верстата CSE драйверу в каталог C:\Program Files\Siemens\NX 10.0\MACH\resource\library\machine\installed_machines\Sim20_mill_ver_4ax\cse_driver\westlabs з ім'ям sim20_mill_ver_4ax_westlabs.

MCF. У програмі Tecnomatix Machine Configurator натискаємо на File, обираємо New CCF. Цими діями ми створили новий файл конфігурації контролеру, в якому потрібно описати дії нашого віртуального верстата на конкретні команди які можуть з'являтися в програмі обробки деталі. З допомогою документації CSE-documentation яка входить до програми Tecnomatix Machine Configurator і наявних прикладів для систем ЧПУ Sinumerik та Fanuc, що входять до зразків верстатів в бібліотеці NX10.0 було розроблено файл конфігурації контролеру для системи ЧПУ WestLabs4M. Зберігаємо цей файл в каталог C:\Program Files\Siemens\NX 10.0\MACH\resource\library\machine\installed_machines\Sim20_mill_ver_4ax\cse_driver\westlabs зім'ям basic_westlabs.CCF. Після цього підключимо цей файл до конфігураційного файлу sim20_mill_ver_4ax_westlabs.MCF. Для цього відкриваємо файл MCF у програмі Tecnomatix Machine Configurator на вкладці General з права тиснемо кнопку +Add, в вікні що з'явилося обираємо файл конфігурації контролера basic_westlabs.CCF. Зберігаємо файл sim20_mill_ver_4ax_westlabs.MCF. Створюємо посилання на файл конфігурації верстата, відкриваємо файл sim20_mill_ver_4ax_WestLabs_mm.dat та додаємо ці дані: CSE_FILES,{UGII_CAM_LIBRARY_INSTALLED_MACHINES_DIR}sim20_mill_ver_4ax\cse_driver\westlabs\sim20_mill_ver_4ax_westlabs.MCF.

На цьому всі налаштування для проведення симуляції в Machine Simulation завершено.

4.5 Випробування симуляцій

Випробуємо симуляцію обробки в Tool Path Verification. Створимо тестову деталь та операцію фрезерування для неї (рис.4.41). В створеній деталі потрібно профрезерувати прямокутник.

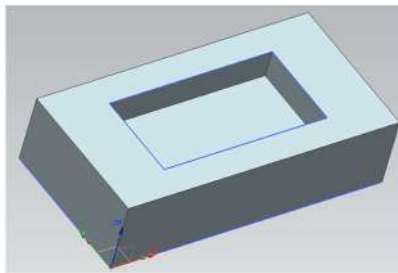


Рисунок 4.41 – Модель тестової деталі.

Запускаємо Tool Path Verification, переходимо до вкладки Operation Navigator у лівій стрічці вкладок NX CAM. Правою кнопкою миші тиснемо на необхідній нам обробці, в меню що з'явилося переходимо за шляхом Tool Path→Verify... З'являється вікно Tool Path Visualization в якому переходячи на вкладку 3D Dynamic налаштувавши швидкість анімації перевіримо обробку деталі (рис.4.42).

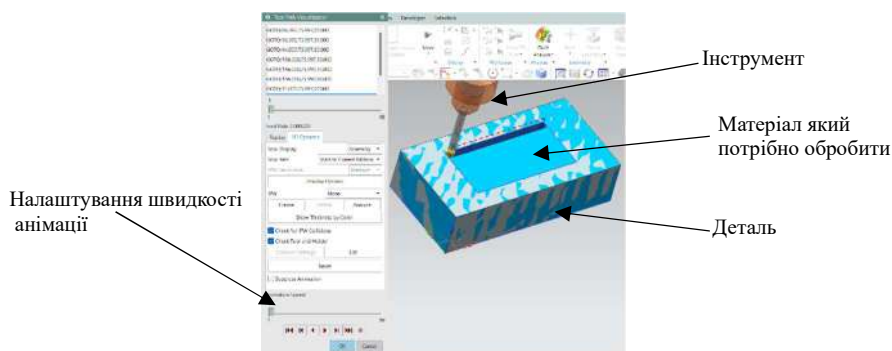


Рисунок 4.42 – Візуалізація обробки деталі у Tool Path Verification

По завершенню візуалізації помилок та критичних відхилень не було виявлено. Обробка виконується без проблем.

Проведемо верифікацію обробки в Machine Simulation. Для цього тиснемо на піктограму Machine Tool View. В списку , що з'явився Operation Navigator-Machine Tool на написі GENERIC_MACHINE подвійним натисканням лівої кнопки миші з'являється меню Generic Machine. В секції Library натискаємо на піктограму верстата (рис.4.43). З'являється меню пошуку верстатів з бібліотеки, обираємо MILL, з'являється список всіх фрезерних верстатів бібліотеки, обираємо верстат MC6104_4ax_mm який ми створили (рис.4.44). Тиснемо ОК. З'являється меню Part Mounting.

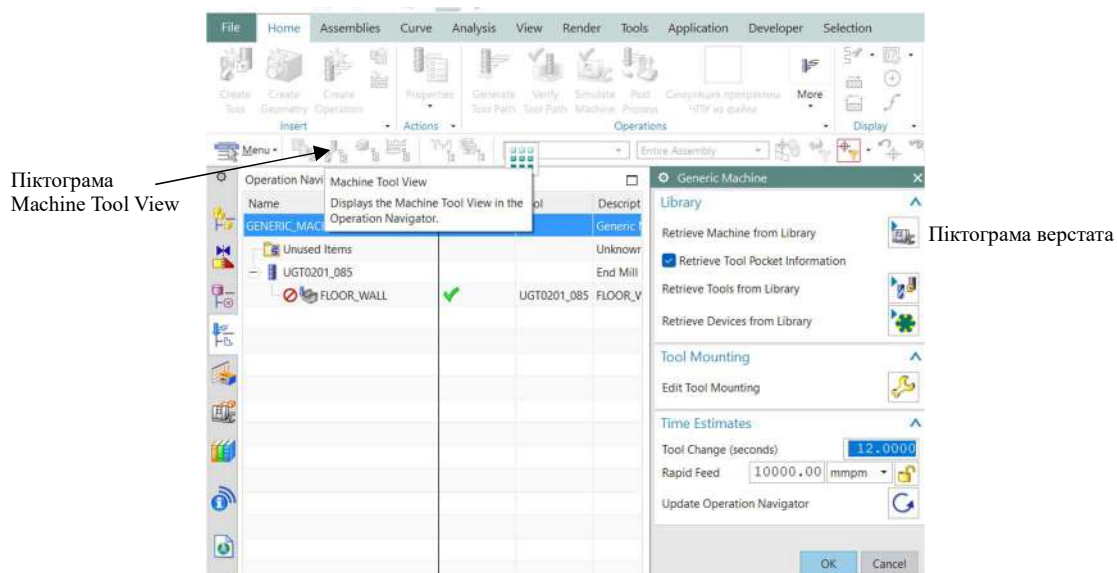


Рисунок 4.43 - Меню Generic Machine

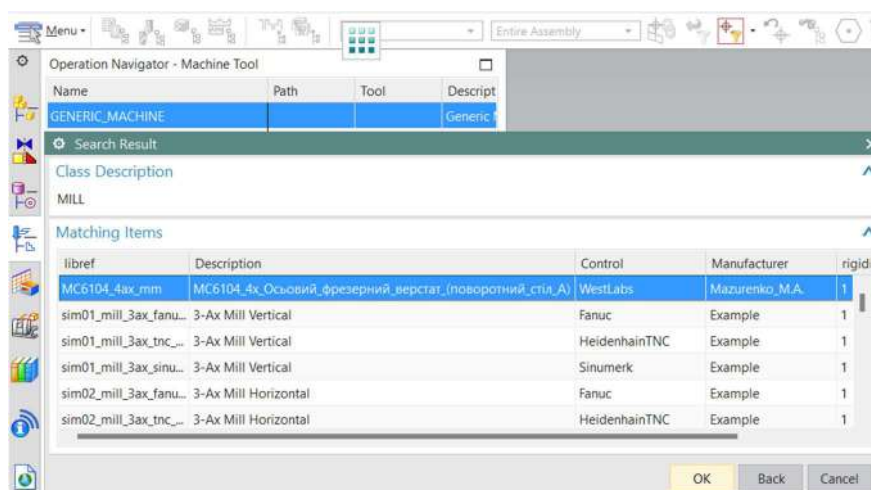


Рисунок 4.44 – Меню вибору верстата.

Налаштовуємо меню Part Mounting, як зображено на рис.4.45. Натискаємо OK і знову OK у меню Generic Machine.

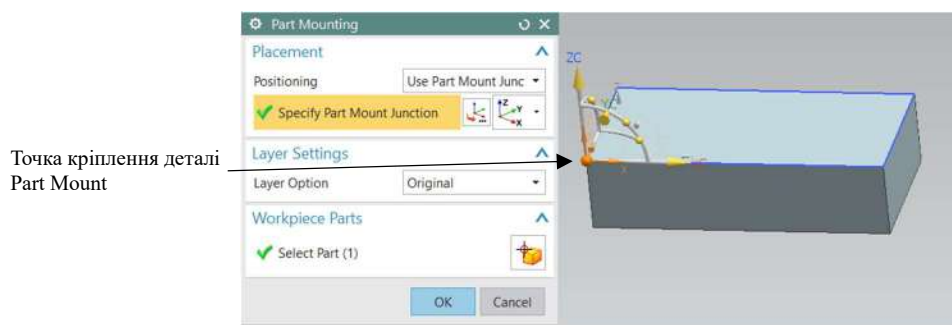


Рисунок 4.45 - меню Part Mounting

З'являється верстат з умовно закріпленою деталлю на планшайбі поворотного столу. Робимо нове генерування програми обробки для операції фрезерування, тому що після додавання верстату програмі генерування траєкторії потрібно урахувати положення «0» верстата та його базових точок. Натискаємо праву кнопку миші на нашій фрезерній обробці і обираємо Generate (рис.4.46). Біля фрезерної операції замість червоного знаку з'являється жовта галочка. Після також правою кнопкою миші тиснемо на фрезерну операцію і обираємо Post Process. На екрані з'являється Postprocess меню (рис.4.47). В якому обираємо постпроцесор, обираємо каталог для зберігання згенерованої програми обробки та налаштування постпроцесора.

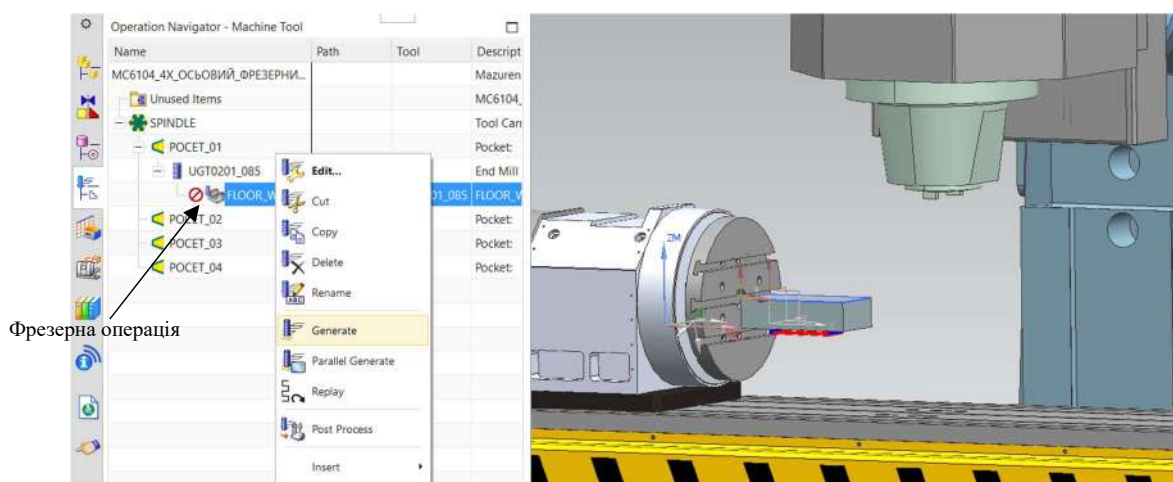


Рисунок 4.46 – Вигляд верстата з деталлю

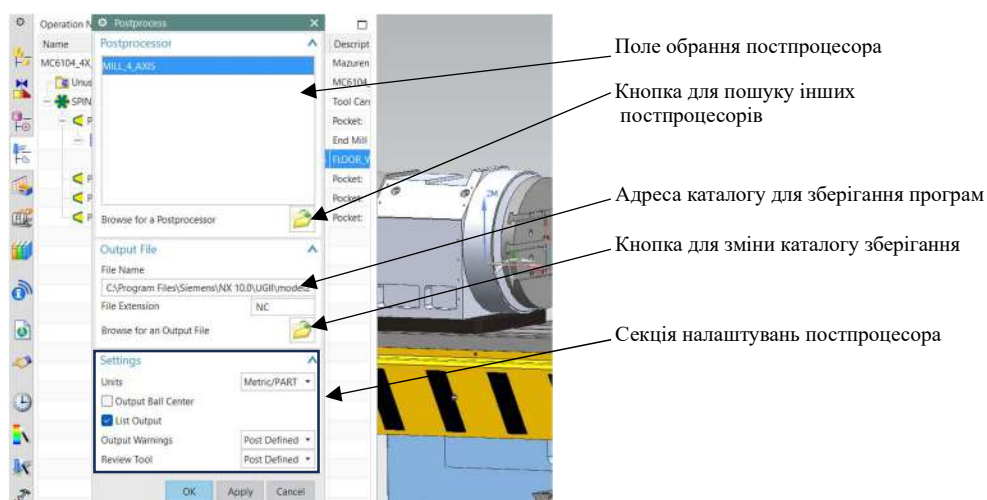


Рисунок 4.47 - Меню Postprocess

Натискаємо ОК у меню Postprocess. З'являється у вікні згенерована програма постпроцесором, яку можливо переглянути (рис.4.48). Біля нашої фрезерної операції тепер зелена галочка замість жовтої, яка говорить про те, що програма обробки згенерована і є можливість її верифікації.

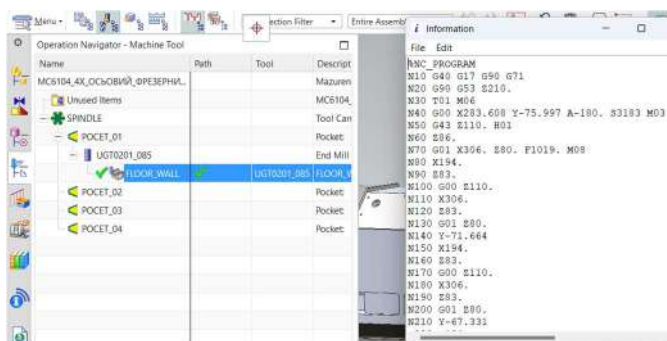


Рисунок 4.48 – Вигляд згенерованої програми обробки

Запускаємо Machine Simulation, натискаємо праву кнопку миші на фрезерній обробці і обираємо Tool Path→Simulate...(рис.4.49). З'являється меню Simulation Control Panel. В цьому меню є налаштування швидкості візуалізації, можливість включення 3D видалення матеріалу під час обробки, включення відображення координат осей верстата, включення або вимикання контролю зіткнення елементів верстату з інструментом, деталлю або інших елементів. Під час верифікації програми обробки деталі, було виявлено декілька недоліків які не уможливають виконання її на даному верстаті.

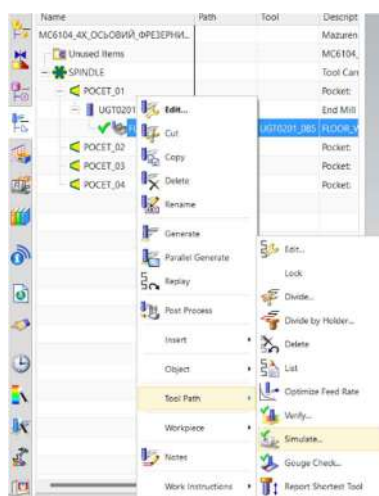


Рисунок 4.49 – Запуск Machine Simulation

Виявлено зіткнення рухомої частини осі «Z» та рухомої частини осі «A» верстата (рис.4.50). Для усунення даного дефекту програми обробки потрібно збільшити довжину інструменту. Також було виявлено вихід за програмні кінцеві обмеження руху по осі «X» у додатному напрямленні. Для усунення цього дефекту потрібно зробити оснащення, в якому буде можливість затиснути деталь на відстані від планшайби.

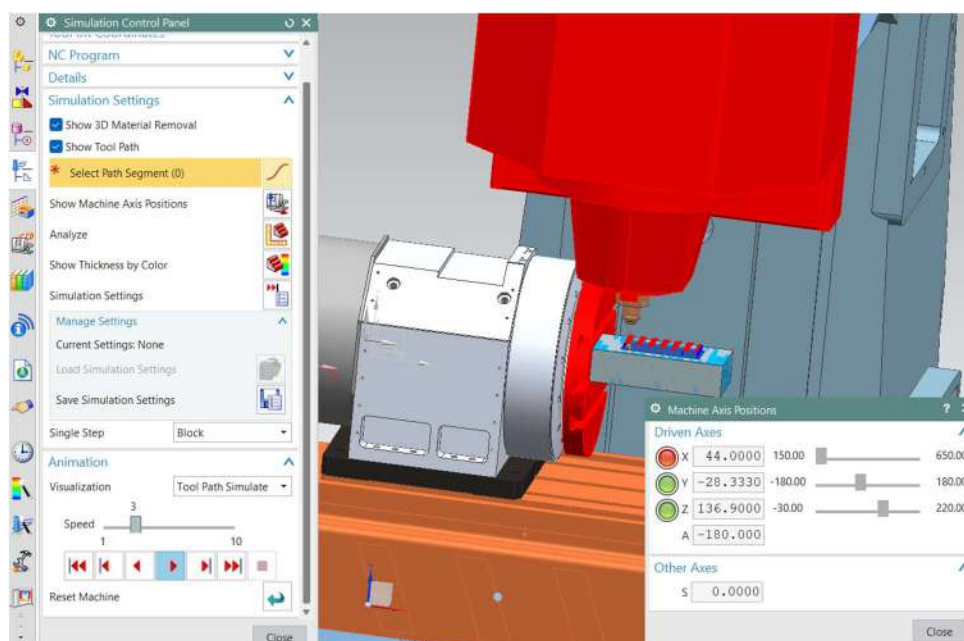


Рисунок 4.50 – Зіткнення вузлів верстата під час симуляції

Створимо 3D модель кронштейну для кріплення деталі на відстані від планшайби поворотного столу. Додавши кронштейн до деталі проводимо генерування траєкторії інструменту та запускаємо постпроцесор. Проводимо верифікацію того самого фрезерування, але тепер вже на кронштейні (рис.4.51). При фрезеруванні на кронштейні не виявлено дефектів, які завадили б виготовленню даної деталі.

При проведенні симуляцій в Machine Simulation з використанням G – кодів, було експериментально підтверджено, що це дозволяє змодельовати максимально наближені до реальності реакції кінематичної моделі верстата на управляючу програму.

5 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ

Економічна ефективність розробки полягає у скороченні складової штучно - калькуляційного часу, а саме підготовчо–заключного часу. Він охоплює час на отримання інструменту, пристосувань, технічної документації, налагодження устаткування, здачу інструменту і пристроїв, на проведення інструктажу та інше. Заходи, що розглядаються у дипломній роботі дозволяють скоротити час на налаштування верстата перед запуском деталі в обробку за рахунок того, що рухи верстата попередньо переглядаються на комп'ютері, при цьому визначаються недоопрацьовані інструментом зони. При їх наявності вносяться зміни геометрії інструменту або корегується його рух. Без використання розробленого програмного забезпечення після написання або генерування програми обробки деталі необхідно виконувати перевірку її спроможності виконання на верстаті. Крім цього зменшуються витрати на використання електроенергії.

На підставі перерахованого вище визначимо ефективність від виконаної роботи.

5.1 Витрати на пробне оброблення деталі

Витрати на пробне оброблення деталі $S_{по}$ визначаємо за формулою (5.1)

$$S_{по} = C_{гн} \cdot \frac{t_{по}}{60} \quad (5.1)$$

де $C_{гн}$ - середньо годинна заробітна плата наладчика, оператора та програміста грн./год;

$t_{по}$ - середній час на пробне оброблення (при налаштуванні без попередньої перевірки руху інструменту на верстаті $t_{по}=200$ хв.);

Для виконання пробної обробки деталі на верстаті необхідна робота оператора, наладчика та програміста тому [13]:

$$C_{гн}=C_{опер}+C_{нал}+C_{пр} \quad (5.2)$$

де $C_{опер}$ – середньо годинна заробітна плата оператора грн./год.;

$C_{нал}$ – середньо годинна заробітна плата наладчика грн./год.;

$C_{пр}$ – середньо годинна заробітна плата програміста грн./год.;

$$C_{гн}=51,7+57,7+74,6=184 \text{ грн./год.}$$

Витрати на пробне оброблення деталі на верстаті складуть:

$$S_{по1} = 184 \cdot \frac{200}{60}=613,34 \text{ грн.}$$

Для виконання пробної обробки деталі на персональному комп'ютері необхідна робота програміста:

$$C_{гн}=C_{пр} \quad (5.3)$$

де $C_{пр}$ – середнього динна заробітна плата програміста грн./год.;

$$C_{гн}=74,6 \text{ грн./год.}$$

Витрати на пробне оброблення деталі на персональному комп'ютері складуть:

$$S_{по2} = 74,6 \cdot \frac{200}{60}=248,67 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність C_p при виконанні пробної обробки на персональному комп'ютері розраховуємо за формулою:

$$C_p=S_{по1} - S_{по2} \quad (5.4)$$

$$C_p=613,34-248,67=364,67 \text{ грн.}$$

5.2 Витрати на електроенергію під час пробного оброблення деталі

Для обчислення витрат на електроенергію під час пробного оброблення деталі S_e розраховуємо за формулою (5.4) [13]:

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_q \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t_{по}}{\eta \cdot k_B} \cdot \text{Ц}_{e1} \quad (5.4)$$

де N_B - встановлена потужність головного електродвигуна, кВт;

k_N - середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 0,9, для решти обладнання - 0,8);

k_q - середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 0,7, для решти обладнання - 0,6);

$k_{од}$ - середній коефіцієнт одночасності роботи всіх електродвигунів верстата (для верстатів з ЧПК прийняти рівним 1, для решти обладнання - 0,6);

k_w - коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії в мережі заводу (прийняти рівним 1,08);

$t_{по}$ - середній час на пробне оброблення, год. (при налаштуванні без попередньої перевірки руху інструменту на верстаті $t_{по}=3,34$ год.);

η - коефіцієнт корисної дії обладнання (початкові дані);

k_e - коефіцієнт виконання норм часу;

Ц_{e1} - вартість 1 кВт×год електроенергії (тариф для підприємств становить 3,45 грн. за 1 кВт×год.).

Витрати на електроенергію для пробної обробки на верстаті складуть:

$$S_{e1} = \frac{20 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 3,34}{0,8 \cdot 1,1} \cdot 3,45 = 178,19 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію для пробної обробки на персональному комп'ютері розраховуємо за формулою:

$$S_{e2} = N_{\text{ПК}} \cdot t_{\text{по}} \cdot \text{Ц}_{e2} \quad (5.5)$$

де $N_{\text{ПК}}$ – потужність персонального комп'ютеру, кВт ($N_{\text{ПК}} = 0,75$ кВт);

$t_{\text{по}}$ - середній час на пробне оброблення, год. (при налаштуванні без попередньої перевірки руху інструменту на верстаті $t_{\text{по}} = 3,34$ год.);

Ц_{e2} - вартість 1 кВт×год електроенергії (тариф для побутових споживачів 2,64 грн. за 1 кВт×год.).

Витрати на електроенергію для пробної обробки деталі на персональному комп'ютері складають:

$$S_{e2} = 0,75 \cdot 3,34 \cdot 2,64 = 6,61 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність C_e від заощадження електричної енергії визначимо за формулою:

$$C_e = S_{e1} - S_{e2} \quad (5.6)$$

$$C_e = 178,19 - 6,61 = 171,58 \text{ грн.}$$

5.3 Загальна ефективність від пробного оброблення на персональному комп'ютері

На підприємствах дрібно серійного виробництва, протягом місяця виконується орієнтовно 6 запусків нових деталей на 5 верстатах з ЧПУ. Економічна ефективність впровадження пробного оброблення на персональному комп'ютері для такого виробництва розраховується за формулою:

$$C = (C_p + C_e) \cdot n_{\text{по}} \cdot N \quad (5.7)$$

де $n_{\text{по}}$ – кількість пробних оброблень;

N – кількість верстатів.

Розрахуємо економічну вигоду від впровадження даного методу:

$$C=(171,58+364,67) \cdot 6 \cdot 5=16087,5 \text{ грн.}$$

Річна економічна ефективність складе:

$$16087,5 \cdot 12=193050 \text{ грн.}$$

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Пожежна безпека під час виконання досліджень

Небезпека пожеж полягає в тому, що в результаті виникнення вогнищ загоряння або задимлення страждає не тільки майно, обладнання та матеріали, а й здоров'я, а, найчастіше, і людське життя. Саме тому важливо, щоб знання про пожежі було доступно якомога ширшому колу населення. Щоб уникнути постраждалих на об'єктах і будівлях встановлюються сповіщувачі - це технічні пристрої, які служать для своєчасного оповіщення знаходяться в приміщенні людей для того, щоб вони встигли покинути небезпечну зону і вжити відповідних заходів для усунення вогнища пожежі [14].

Пожежа в процесі своєї еволюції трансформується і проходить три стадії:

- первинну;
- основну;
- кінцеву.

Запобігти пожежі на первинній стадії допомагають самоспрацьовуючі вогнегасники - це основа формування автоматичної системи гасіння пожеж. Вони запобігають розвитку загоряння класу А, В, С, Е. Запуск устаткування відбувається в момент досягнення температурними умовами встановлених порогів.

Первинна стадія займає приблизно 10-15 хвилин. На цьому етапі виникає і розвивається вогнище загоряння, полум'я поширюється лінійно по поверхні горючих матеріалів і речовин. Ця стадія характеризується наявністю великої кількості диму, що значно ускладнює можливість виявлення місця горіння. Температура в приміщенні, охопленого вогнем, може підвищитися до двохсот градусів за Цельсієм, а приплив повітряних мас спочатку збільшується, а потім зменшується - саме тому на цьому етапі важливо не розкривати вікна і двері для того, щоб позбавити вогонь кисню і сповільнити його поширення по будівлі. Якщо вдалося позбавити вогонь кисню - значно підвищуються шанси на самозагасання

займання. При чіткої видимості вогнища горіння необхідно вжити всіх заходів до його ліквідації, використовуючи первинні засоби пожежогасіння [14].

Основна стадія займає в середньому 30-50 хвилин. На цьому етапі середня температура в охопленому вогнем приміщенні підвищується до трьохсот градусів за Цельсієм і полум'я заповнює весь внутрішній простір. При наявності повітряних розривів вогонь поширюється на всю будівлю. В результаті температурного стрибка відбувається руйнування зовнішнього скління, що призводить до доступу великої кількості кисню до полум'я - середня температура підвищується до дев'ятисот градусів [14].

Згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» лабораторія відноситься до категорії Д (знижено пожежонебезпечна).

Можливі фактори появи пожежі у лабораторії:

- коротке замикання струмопровідних кабелів;
- вихід з ладу електроустаткування;
- займання стружки при обробці деяких матеріалів;
- потрапляння пожежі від джерела, що знаходиться поза межами приміщення.

Для забезпечення захисту струмопровідних кабелів при прокладці по приміщенню використовується металевий захисний короб, який захищає його від можливих механічних ушкоджень.

Розподіл електроенергії по приміщенню проходить від електрощита в якому встановлено захисні автомати на кожную точку підключення електроспоживання методом скритого монтажу у стінах. Прокладання кабелів даним методом виконано з використанням спеціальної негорючої гофри для неможливості підтримання процесу горіння.

Для запобігання пожежі в електромережі передбачено використання запобіжників. У випадку виникнення короткого замикання вони спрацьовують та розмикають електричний ланцюг.

Крім цього треба передбачати виникнення пожежі від надзвичайної ситуації, коли вогонь охопив електромережу. Тому слід пам'ятати, що спочатку необхідно як найшвидше знеструмити кабель і лише потім переходити до процесу гасіння. Під напругою виконувати гасіння кабелів допускається лише вуглекислотним вогнегасником або піском, коли немає безпечної можливості знеструмити кабель. Для гасіння кабелів забороняється використовувати воду.

Згідно правил з пожежогасіння виникнення пожежі стружки при обробці потенційно небезпечних матеріалів (магній, титан та інш.) усувається спеціальними флюсами. Стандартні методи гасіння небезпечних матеріалів неефективні а в деяких випадках посилюють пожежу. При займанні стружки магнію або титану заборонено використовувати воду для гасіння.

Перед початком роботи співробітники лабораторії проходять інструктаж з пожежної безпеки, ознайомлюються з наявними засобами пожежогасіння, можливими факторами виникнення пожежі та з планом евакуації.

6.2 Розробка плану евакуації з лабораторії

Евакуація — організоване виведення чи вивезення із зони надзвичайної ситуації або зони можливого ураження населення, якщо виникає загроза його життю або здоров'ю, а також матеріальних і культурних цінностей, якщо виникає загроза їх пошкодження або знищення [15].

Для забезпечення безпеки персоналу лабораторії на випадок надзвичайних ситуацій розроблено «План евакуації людей у випадку пожежі» — документ, у якому вказано шляхи евакуації та евакуаційні виходи, визначено правила поведінки людей, а також порядок і послідовність їх дій на об'єкті в разі виникнення пожежі (ДСТУ 2272:2006 «Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять»).

План евакуації готує розробник, погоджує керівник Добровільної пожежної охорони, за її наявності на об'єкті, і затверджує директор (керівник) або особа, яка виконує його обов'язки [15].

Правильно складений план евакуації повинен відповідати «Правилам пожежної безпеки в Україні», затвердженим наказом МВС України від 31.12.2014 № 1417 (далі — Правила пожежної безпеки), та враховувати вимоги:

- технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затвердженого постановою КМУ від 25.11.2009 № 1262;
- ДСТУ ISO 16069:2012 «Пожежна безпека. Графічні символи. Знаки безпеки. Системи позначення безпечного евакуювання»;
- ДСТУ EN ISO 7010:2019 «Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки».

План складається з наступних частин:

- текстова частина, де зазначається способи управління евакуацією осіб, порядок та послідовність евакуації, відповідальні за евакуацію особи, номери аварійних пожежних команд та уповноважених підрозділів оперативного реагування МНС, правила надання домедичної допомоги, інформація щодо використання засобів пожежогасіння та інших інструментів для успішного проведення евакуації;
- графічна частина, що складається зі схеми поверху або сектору приміщення та містить наочне зображення плану евакуації. У графічній схемі слід зобразити місце розташування інструментів пожежогасіння, систем виклику аварійних команд, телефонів тощо. Також, на схему наносяться напрямки руху осіб до найближчих евакуаційних виходів: внутрішніх сходових клітин, зовнішніх сходів, виходів на вулицю. Нагадуємо, що під час пожежі користуватися ліфтами або іншими механічними підйомниками суворо забороняється [15].

Розроблений план евакуації людей з лабораторії зображено на рис.6.1.

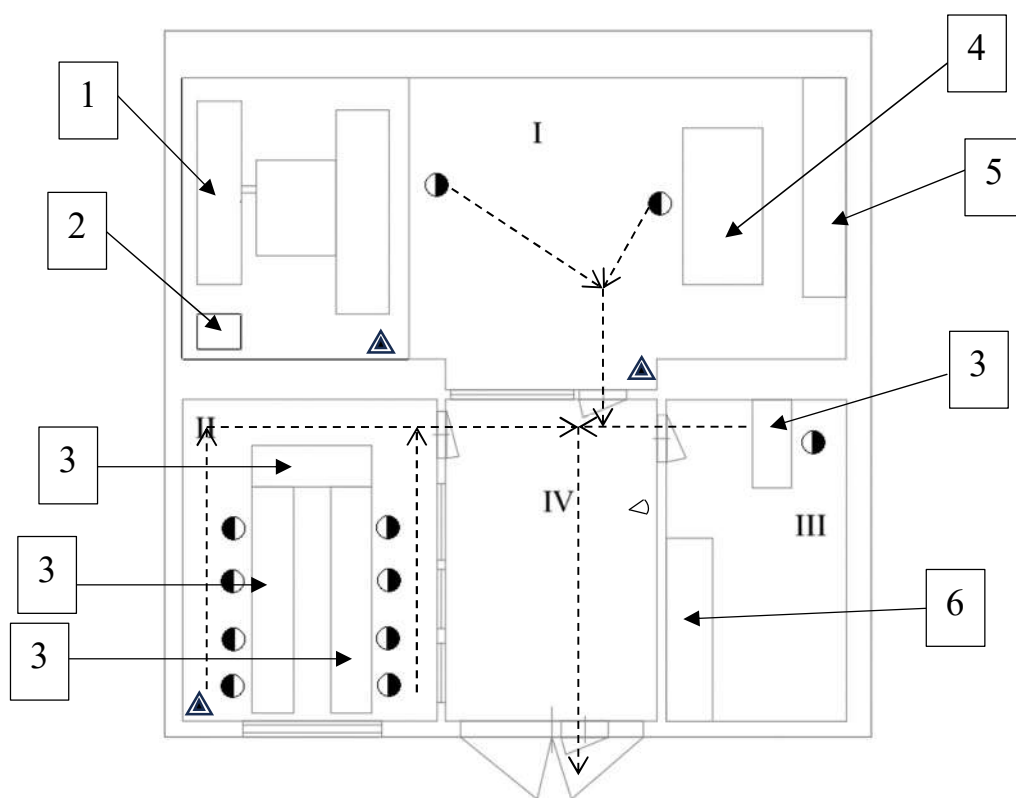


Рисунок 6.1 План евакуації людей з лабораторії.

На плані евакуації зображено приміщення для проведення дослідів (I), в якому знаходиться фрезерний верстат (1), станція охолодження шпинделю верстату (2), токарний верстат (4) та місця для налаштувань інструменту (5). У лабораторії є приміщення для навчання (II) з розташованими там столами (3), комора (III) у якій зберігаються оснастка та інструменти для верстатів на стелажу (6), а також тамбурне приміщення (IV). Використовувалися позначення переносний вуглекислотний вогнегасник, знак просторової орієнтації «Ви перебуваєте тут» а також головний евакуаційний шлях.

ВИСНОВКИ

Виконавши роботу було розроблено методику для автоматизації генерування програм обробки деталей та їх верифікації. Розроблено та налагоджено постпроцесор для фрезерного верстата з ЧПУ WestLabs4M. Створено 3D модель чотирьох осьового верстата з поворотним столом для візуальної симуляції рухів під час верифікації програм обробки згенерованих розробленим постпроцесором. Використавши спеціальні програмні продукти NX Machine Tool Builder для створення кінематичної моделі верстата, NX Post Builder для створення постпроцесору. Tescnomatix Machine Configurator використовувався для створення драйверу для ядра симуляції. З використанням даного драйверу з'явилась можливість верифікації програми обробки безпосередньо використовуючи G-код згенерований постпроцесором.

Застосування автоматичної генерації та верифікації керуючих програм: підвищить якість УП, забезпечить точності та доступності даних, скоротить час на розробку та впровадження нових УП за рахунок оптимізації, виключить аварійні випадків на виробництві, прискорить процес використання керуючої програми на 15-20%. Це можливо завдяки візуалізації процесу обробки на персональному комп'ютері з використанням 3D-моделі деталі, заготівлі, оснастки, інструменту та верстата.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Використання Сучасних Cad/Cam/Cae/Plm-Систем При Крізному Паралельному Циклі Підготовки Виробництва /О.А. Стенін, С.В. Лапковський, М.О. Солдатова//“АСАУ” – 17(37) 2010. С.109-117
2. Світовий ринок CAD / CAM / CAE-систем/
http://ni.biz.ua/18/18_5/18_53819_mirovoy-rinok-CADCAMCAE-sistem.html
3. Павленко П.М. Автоматизація технічної підготовки виробництва. Навчальний посібник / П.М. Павленко, Є.І. Яблочников, Ю.А. Буренніков, Л.Г. Козлов – Вінниця: ВНТУ, 2006р. 114с.
4. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Autodesk>
5. https://www.openmind-tech.com/fileadmin/user_upload/pdf/cam/cad-integrations/bro-autodesk-inventor-cad-integration-hypermill-en.pdf
6. <https://uk.wikipedia.org/wiki/SolidWorks>
7. <https://solidcam.box.com/shared/static/ffktt1asixhpvs2rzwfq8f4d99sjiocd.pdf>
8. https://uk.wikipedia.org/wiki/Siemens_NX
9. Висока ефективність виготовлення деталей.
https://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/Images/Siemens-PLM-NX-CAM-High-Productivity-Part-Manufacturing_tcm802-4561.pdf
10. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни «Автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва» для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія»/ М.В. Кучугуров – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020р.
11. Букарева О.О. Дослідження принципів розробки постпроцесорів для програмного пакету Siemens NX і створення постпроцесора для фрезерного верстату зі стійкою ЧПК WL4M. Дипломний проєкт/ О.О. Букарева – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2018р.

12. http://www.wl.ua/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=wl4:manual_programming.pdf

13. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2023 - 41 с.

14. <https://euroservis.com.ua/ua/ponyatie-pozhara-i-stadii-pozhara/>

15. <https://pro-op.com.ua/article/215-plan-evakuats-pri-pojej>

ДОДАТОК А

Назва слів з переліком адрес, які використовуює ЧПУ WL4M

Слово	Адрес	Межі значень	Сенс
Ім'я програми	%	0-9 A-Z	Ім'я програми
Номер кадру	N	1-65535	Номер кадру; Команда переходу на метку
Підготовча функція	G	0-99	Визначення виду руху робочого органу
Розмірні слова	X,Y,Z A,B,C	-9999.999 мм(град) +9999.999 мм(град)	Переміщ. координатами абс./відн. (G90/G91)
Розмірні слова	U,V,W	-9999.999 мм +9999.999 мм	Переміщ. по координ. за приращеннями
Розмірні слова	I,J,K	-9999.999 мм +9999.999 мм	Параметри вектора радіуса при круг. інтер.
Виклик підпрограми	L	nnpp	Виклик підпрограми № nn, повтор pp разів
Величина подачі	F	0.001-99999.999	Завдання величини подачі
Номер коректора радіусу інстр.	D	0-127	Номер коректора радіусу інструменту
Номер коректора довжини інстр.	H	0-127	Номер коректора довжини інструменту
Тривалість паузи	E	0-99999.999 сек	Тривалість паузи
Допоміжна функція	M	0-99	Вказівка на двопозиц. керування на верстаті
Розмірне слово	R	0-99999.999	Радіус дуги у колі. інтерполяції до 180 °
Частота обертів шпинделя	S	0-65535	Завдання частоти обертання шпинделя
Допоміжна функція	T	0-99	Виклик номеру інструменту
Змінна	#	1-139	Посилання на значення змінної
Коментар	\$		Ознака закінчення команд та початку коментаря