

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**до виконання лабораторних робіт з дисципліни**

**«Автоматизовані системи технологічної підготовки  
виробництва»**

для студентів денної і заочної форми навчання  
спеціальності

131 «Прикладна механіка»  
спеціалізації «**Технології машинобудування**»  
галузі знань «Механічна інженерія»

2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Автоматизовані системи технологічної підготовки виробництва» для студентів денної і заочної форми навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» / Укл. доц. Тришин П.Р., ст. викл. Кучугуров М.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024 – 146 с.

Укладачі – Тришин П.Р., ст. викл. каф. ТМБ  
Кучугуров М.В., ст. викл. каф. ТМБ

Рецензент – Гончар Н.В. канд.техн.наук, доц. каф. ТМБ

Відповідальний за випуск – доц., к.т.н. Дядя С.І.

Затверджено на  
засіданні кафедри  
«Технології  
машинобудування»  
Протокол № 1 від  
06.08.2024р.

Рекомендовано до  
видання НМК  
машинобудівного  
факультету  
протокол № 1  
від 27.08.2024р.

### **Вимоги з техніки безпеки**

1. У аудиторіях, слід строго виконувати правила внутрішнього розпорядку.
2. Обов'язково знімати верхній одяг.
3. Зайві речі: сумки, парасольки та інше, залишати у відповідному для цього місці.
4. Дотримуватися робочої тиші.
5. При огляді та вивчені конструкції двигунів на макети не спиратись.
6. При використанні місцевого освітлення, напруга не повинна перевищувати 36В, а лампа повинна мати захисну сітку.

### **Забороняється**

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

## Лабораторна робота №1

**Тема:** Токарна обробка

**Мета:** Ознайомлення з основними елементами інтерфейсу модуля NX CAM. Навчитися токарній обробці

**Матеріально-технічне забезпечення:** ЕВМ, програмне забезпечення NX CAM.

### 6.1 Загальні положення і відомості

Розробка керуючої програми для токарної обробки на верстаті з ЧПК (числово-програмованого керування) за допомогою програми NX CAM включає кілька кроків. Нижче наведено загальний опис процесу:

1) Створення 3D-моделі деталі:

Завантажте або створіть 3D-модель деталі у програмі NX CAD.

2) Визначення обробки:

Визначте тип обробки (токарна обробка) та параметри, такі як обертова швидкість, подача і глибина різання.

3) Вибір інструмента:

Оберіть потрібний інструмент для обробки на токарному верстаті.

4) Створення операцій:

В NX CAM, створіть операції токарної обробки, такі як груба обробка, чистка, розточування тощо.

5) Визначення точок обробки:

Вказівником на моделі визначте точки, де будуть виконуватися різання.

6) Генерація інструментального шляху:

Використовуючи NX CAM, згенеруйте траєкторії руху інструмента для кожної операції.

7) Визначення умов обробки:

Задайте параметри обробки, такі як швидкість різання, подача, глибина різання та інші умови.

8) Симуляція:

Використовуйте вбудовані інструменти симуляції в NX CAM для перевірки та аналізу програми перед фактичною обробкою.

9) Виведення коду управління ЧПК:

Згенеруйте програмний код управління ЧПК, який визначає кожен команду для верстата.

10) Перевірка та корекція:

Перевірте згенерований код на наявність помилок та внесіть корекції, якщо потрібно.

11) Завантаження програми на верстат:

Завантажте готову програму управління ЧПК на токарний верстат.

12) Тестування та налаштування:

Виконайте тестову обробку на верстаті та внесіть будь-які корективи у випадку необхідності.

13) Фінальна симуляція:

Перевірте програму на фінальній симуляції, щоб перекона-тися, що всі обробки виконуються правильно.

14) Виробництво:

Після успішного завершення тестування розпочніть факти-чну виробничу обробку.

Це загальний опис процесу, і конкретні деталі можуть зале-жати від конкретних вимог та параметрів вашого проекту. Важ-ливо ретельно дотримуватися стандартів та враховувати особли-вості конкретного токарного верстата та інструментів.

## **6.2 Порядок виконання лабораторної роботи**

Створення моделі. Спочатку необхідно створити 3Д мо-дель деталі для обробки згідно варіанту наведеного в кінці лабо-раторної роботи. Наступний етап – перехід в режим «Обробка».

Розміщення системи координат. Щоб правильно викону-валась обробка необхідно щоб були вірно розміщена система ко-ординат: вісь X направлена вгору, вісь Y направлена до нас, вісь Z направлена вздовж вісі деталі. Центр вісей координат необхі-дно розташувати в центрі деталі. Для цього треба активувати

вкладку MCS\_SPINDLE та в режимі динаміка перевернути систему координат у вірному напрямі. Можна змінювати розташування системи координат шляхом завдання розміщення центру системи координат вручну з клавіатури. Також необхідно виставити базовий торець деталі в початок системи координат верстата (рис. 6.1).

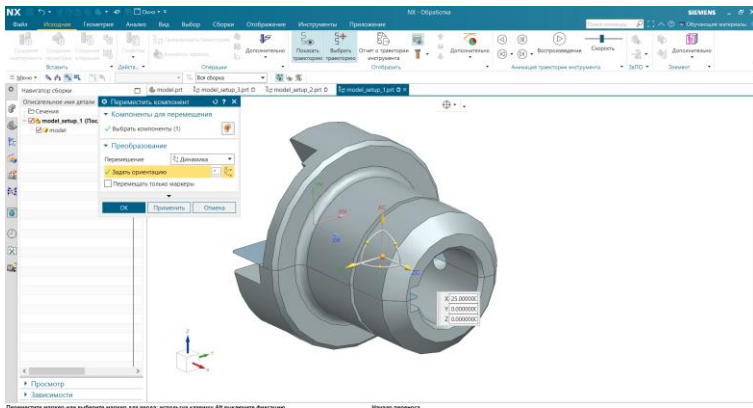


Рисунок 6.1 – Система координат

Визначення деталі, заготовки, контрольної геометрії у WORKPIECE. Заготовку можливо задавати у вигляді окремої геометрії, охоплюючого циліндру або зміщення відносно деталі (рис. 6.2).

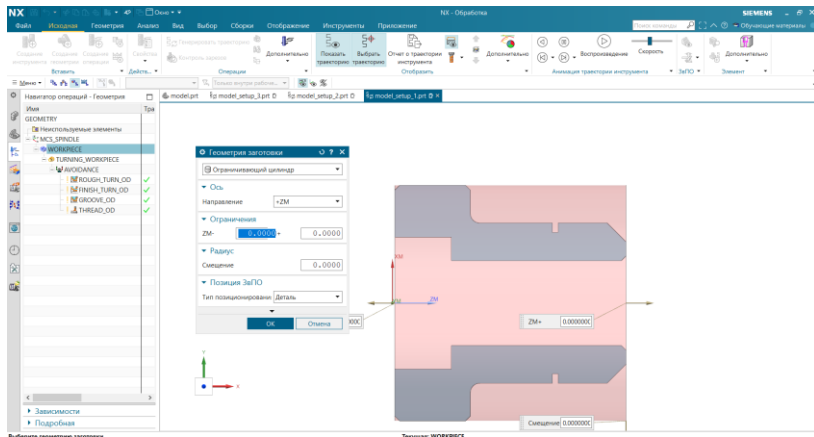


Рисунок 6.2 – визначення заготовки

Далі за допомогою TURNING WORKPIECE треба згенерувати токарний переріз. Якщо деталь та заготовка визначені, а система координат встановлена вірно то буде згенерований необхідний токарний переріз – 2Д контур деталі з контурами заготовки (рис. 6.3).

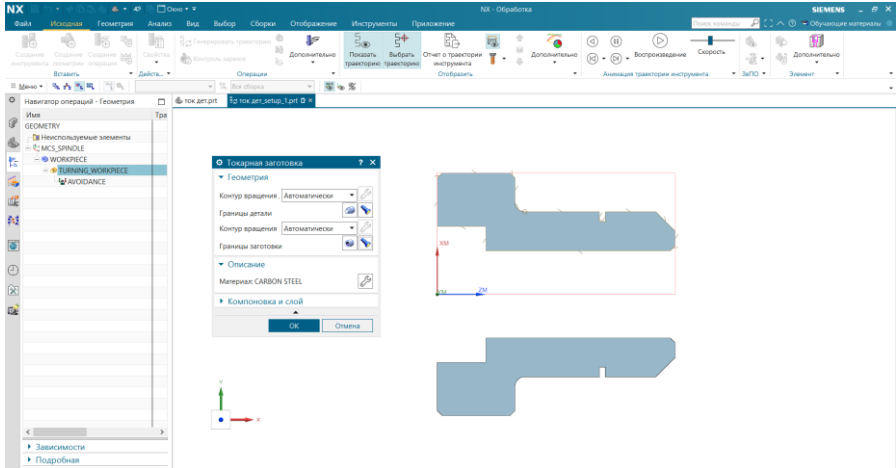


Рисунок 6.3 – Токарный переріз

Встановлення обмежень. Активуйте режим AVOIDANCE, визначте початкову та кінцеву точку переміщення інструменту. Також треба визначити тип переміщення з початкової точки у зону різання. Це переміщення може бути: осьве-радіальне, радіальне-осьове, по прямій та інші. Зазвичай кінцеву точку визначають – як початкова (рис. 6.4).

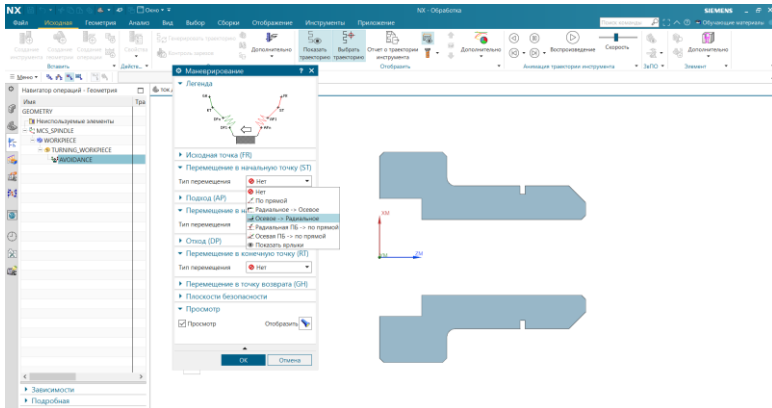


Рисунок 6.4 – Визначення маневрування

Наступний крок необхідно створити весь необхідний інструмент для обробки вашої деталі (рис. 6.5). Ширина канавочного різця повинна бути рівною ширині канавки або бути меншим. Прохідний або підрізний різець повинний бути співмірний з розмірами деталі. Різьбовий різець необхідно створити згідно профілю різьби.

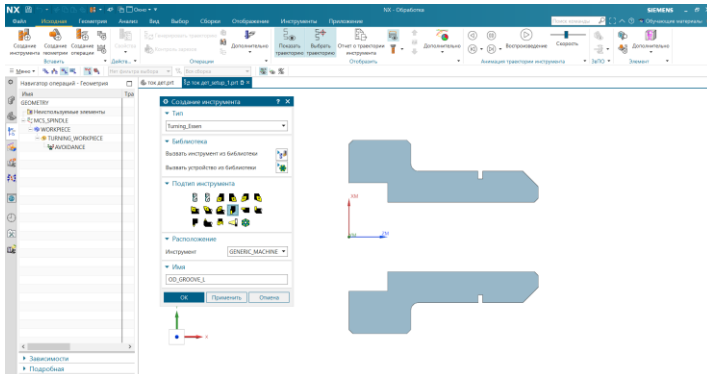


Рисунок 6.5 – Створення інструменту

Згідно деталі необхідно створити наступні переходи: чорнового та чистового точіння зовнішніх поверхонь, точіння канавки виконати та точіння різьби.

Розглянемо створення перехід точіння канавки (рис. 6.6). Геометрію задаємо як AVOIDENCE, вказуємо створений різець, метод обробки – LATHE GROOVE.

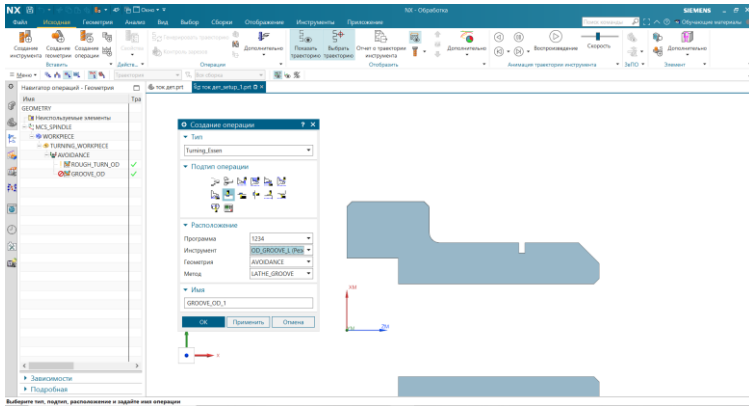


Рисунок 6.6 – Операція точіння канавки

При заданні параметрів обробки щоб відокремити канавку можна **використовувати регіони обмеження**, як осьві або радіальні обмеження. **Кут от ХС –  $180^\circ$** . **Допоміжні переміщення – Подход – переміщення в початкову точку – осьве-радіальне**. **Переміщення в початок різання – осьве-радіальне**. **Отход – переміщення в точку поверта – радіальне-осьове**. Визначаємо режими різання.

Після визначення всіх параметрів та генерування траєкторії (рис. 6.7) проводимо візуалізацію обробки (рис. 6.8).

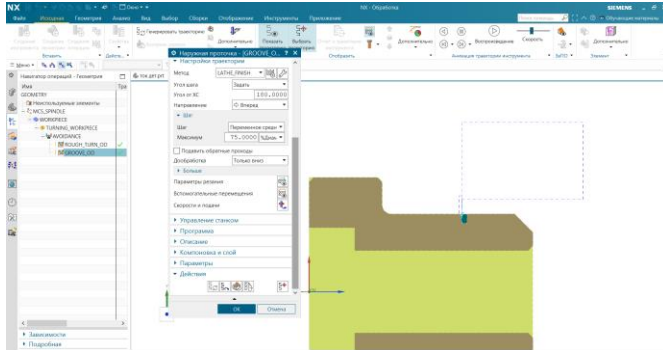


Рисунок 6.7 – Траекторія точіння канавки

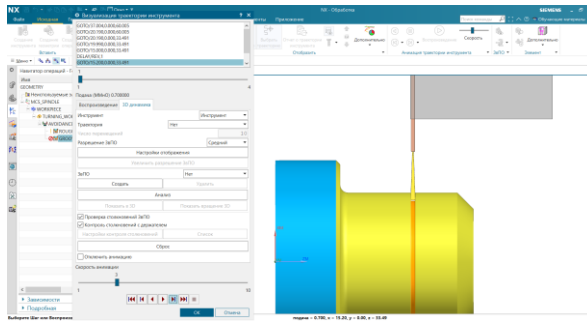


Рисунок 6.8 – Візуалізація точіння канавки

Розглянемо створення операції точіння різьби (рис. 6.9). Геометрію задаємо як AVOIDENCE, вказуємо створений різець, метод обробки – LATHE THREAD.

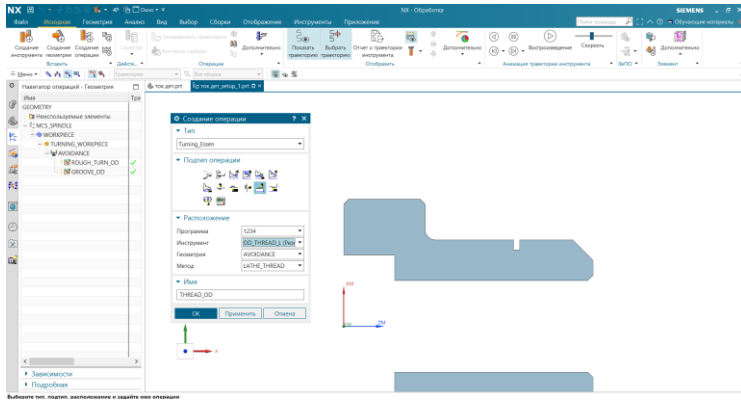


Рисунок 6.9 – Операція

При завдані параметрів обробки щоб відокремити різьбу можна використовувати регіони обмеження, як осьові або радіальні обмеження. **Необхідно вказати зовнішній діаметр різьби** – Вибрати лінію зовнішнього діаметру. Зверніть увагу щоб вірно було визначено **початок та кінець різьби** щоб точіння було в потрібному напрямку (рис. 6.10).

**Змінюємо параметр глибина** на Глибина та кут. Задаємо глибину різьби згідно завдання. Кут от ХС (напрям точіння) – 180°.

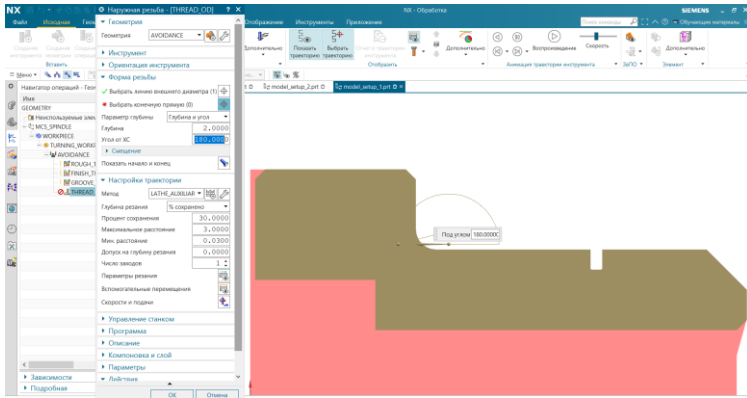


Рисунок 6.10 – Параметри точіння різьби

**Завдаємо величину зміщень:** величина врізання зміщення на початку; величину перебігу зміщення в кінці.

**Налаштовуємо траєкторію:** метод точіння, глибина різання та інше. Глибину різання можна встановити у відсотках або постійною – максимальне значення.

**Далі завдаємо параметри різання.** Стратегія – число заходів різьби, глибину різання, допуск на глибину різання. Далі завдаємо крок різьби, яка буде дорівнювати подачі. Крок може бути не постійним. Можна в допоміжних проходах зазначити кількість проходів замість постійної глибини.

**Налаштування допоміжних переміщень.** В «Подход» задають переміщення в початкову точку (осьве-радіальне, радіальне-осьове); положення вихідної точки. Тим чином задають Отход та Врізання.

Після цього необхідно задати режими різання. Після чого можна згенерувати траєкторію (рис. 6.11) та провести візуалізацію обробки (рис. 6.12).

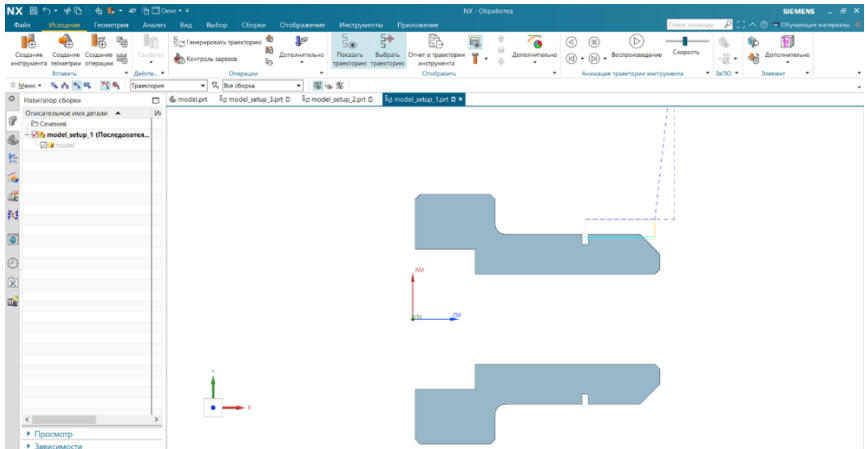


Рисунок 6.11 – Траєкторія

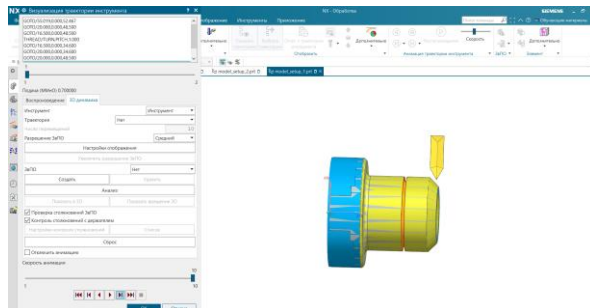
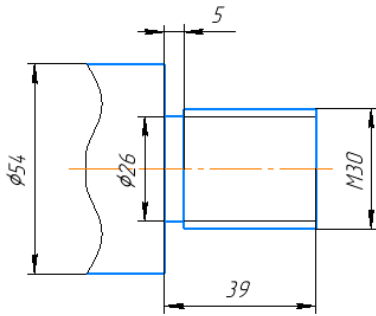


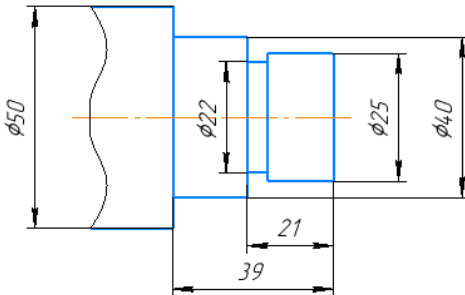
Рисунок 6.12 – Візуалізація

Варіанти завдання:

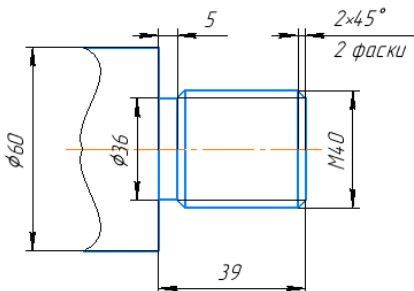
## Вариант №1



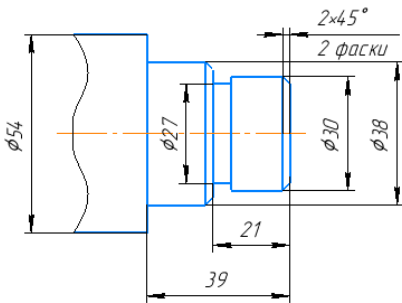
## Вариант №2



## Вариант №3



## Варіант №4



## Контрольні питання:

- 1) Які етапи включає процес створення керуючої програми для токарної операції в NX CAM?
- 2) Які параметри обробки потрібно визначити при створенні операції токарної обробки?
- 3) Як вибрати відповідний інструмент для токарної обробки в NX CAM? Які фактори враховуються при цьому виборі?
- 4) Як визначити точки обробки на 3D-моделі деталі в NX CAM для токарної операції?
- 5) Які типи операцій можуть бути включені в програму токарної обробки, і що вони включають?
- 6) Як згенерувати траєкторії інструмента для токарної операції в NX CAM?

- 7) Які параметри умов обробки можна налаштувати у програмі NX CAM для токарної обробки?
- 8) Для чого використовується симуляція в NX CAM, і які переваги вона може надати під час розробки керуючої програми?
- 9) Як вивести програмний код управління ЧПК для токарної операції в NX CAM?
- 10) Які кроки слід виконати перед завантаженням та виконанням керуючої програми на токарному верстаті?

## Лабораторна робота №2

### Обробка з використанням контурів

**Мета роботи:** Ознайомлення з основними елементами обробки з використанням меж PLANAR\_MILL. Навчитися розробці операції Обробка з використанням меж PLANAR\_MILL

**Матеріально-технічне забезпечення:** ЕВМ, програмне забезпечення NX CAM.

#### Загальні положення і відомості

Операція PLANAR\_MILL видаляє матеріал плоскими рівнями, перпендикулярними фіксованій осі інструменту, тобто це 2.5-осьова операція. Але, на відміну від FACE\_MILL, цей тип операцій не працює з твердими тілами або гранями - він працює з межами, що більш трудомістко, але і гнучкіше. Операція була дуже популярна в старих версіях продукту, зараз потреба в ній знижується. На даний момент її можна віднести до тонких методів обробки (чи низькорівневий доступ). Зазвичай ці операції використовуються тоді, коли операції на основі твердих тіл не дають потрібного результату.

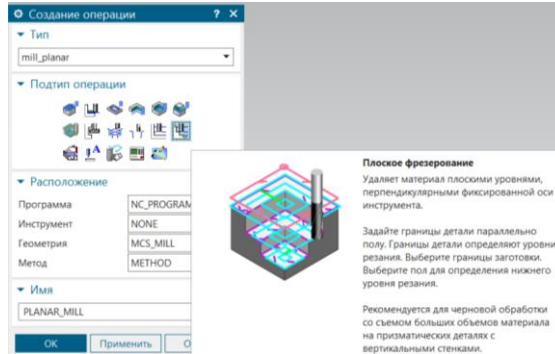


Рисунок 4.1 – Створення операції

Для завдання меж можуть використовуватися як дротяні об'єкти (лінії, дуги, криві), так і грані твердого тіла. Інструмент може обходити межу як зовні, так і зсередини. Це задається як сторона матеріалу, і можна вважати, що обробляється бобишка або кишень. Межі є плоскими і перпендикулярні осі інструменту. Додатково задається рівень підлоги.

Операції можуть бути як однопрохідними, так і багатопрохідними.

Команди операцій FACE\_MILLING знаходяться в групі mill\_planar (рис. 4.1). Їх вісім, але усі вони представляють одну і ту ж операцію з передналагодженими параметрами. Найчастіше використовуються базова операція PLANAR\_MILL (1) і операція PLANAR\_PROFILE (2).

## Порядок виконання лабораторної роботи

1. Створіть контур згідно завдання. У нас є два контури, що лежать на рівні  $Z=0$  (рис. 4.2) та отвори.

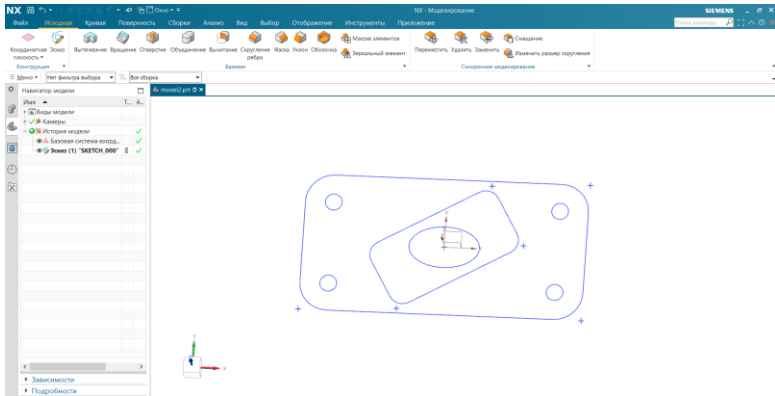


Рисунок 4.2 – Контури для роботи

2. Перейдіть в модуль CAM
3. Створіть різний інструмент для внутрішньої обробки трьох контурів та отворів (рис. 4.3).
4. Виконайте команду створення операції planar mill - PLANAR\_MILL (рис. 4.4) – з'явиться діалогове вікно налаштувань операції (рис. 4.5).

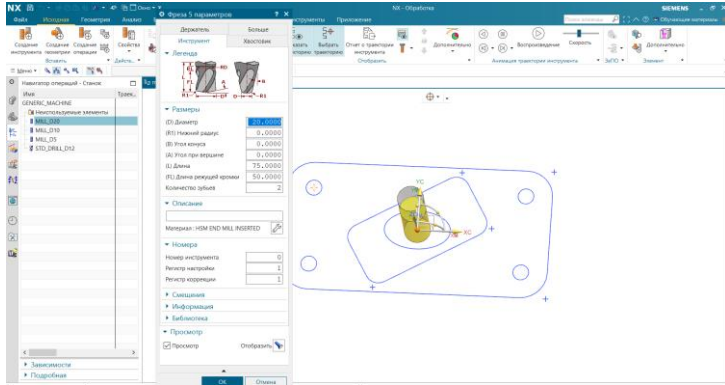


Рисунок 4.3 – Створення інструменту

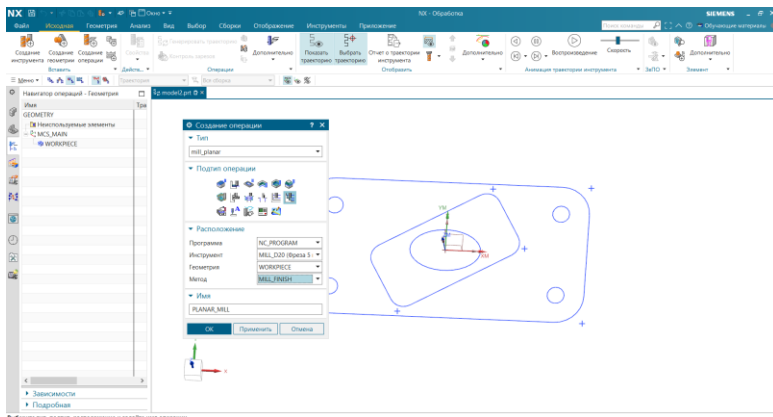


Рисунок 4.4 – Створення операції

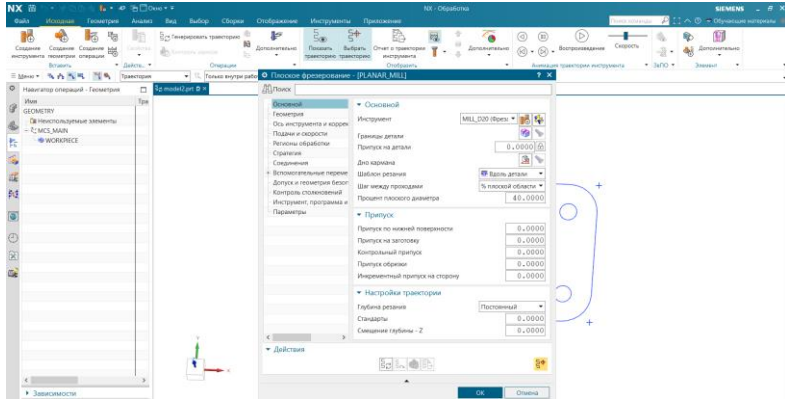


Рисунок 4.5 – Параметры операции PLANAR\_MILL

В группе Геометрия відсутні стандартні геометричні групи Детали, Заготовки, Области резания и др.

Замість них масмо нові геометричні групи: граница детали; дно кармана.

Для обработки контуру достаточно указать Границу детали и Дно кармана. Необходимо обрати карман, заданный внешним наибольшим контуром.

5. Выполните команду задания границы детали. З'явиться новое диалоговое окно (рис. 4.6). Якщо модель задана твердим тілом, то частіше границі обираються вибором граней. Але це не є наш випадок. Переключіть Метод вибору на параметр Кривые, вид диалогового вікна зміниться.

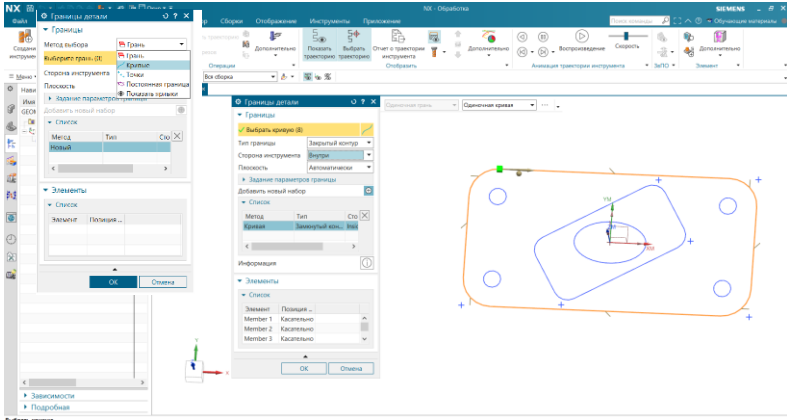


Рисунок 4.6 – Діалогове вікно «Граница детали»

Змінить сторону інструмента – всередині і оберіть криві зовнішнього контуру. Можна їх обрати по одній, а можна задати опцію вибору *Связанные кривые*.

6. Тепер задайте Дно кармана Виконайте команду задання площі. З'явиться нове діалогове вікно (рис. 4.7). Задавати площі граню тіла – найбільш раціональна опція, але в даному випадку змінить Тип плоскості з Контекстний на ХС - УС. В графічній області екрану при цьому з'явиться маркер площини. Можна задати зміщення від рівня  $Z = 0$  як в динамічному режимі, так і в спеціальному полі.

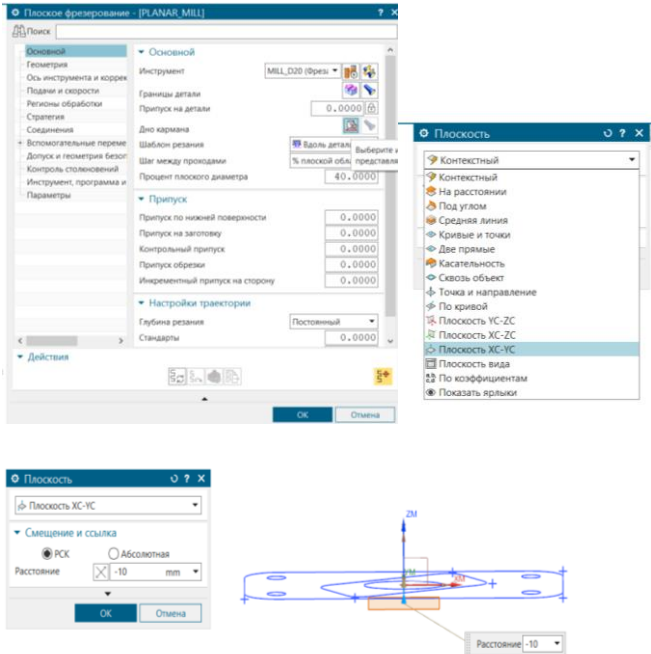


Рисунок 4.7 – Диалоговое вікно «Дно кармана»

Виконайте обробку на рівні  $Z=0$ . Натисніть ОК.

Зверніть увагу, що в основному діалоговому вікні операції засвітилися ліхтарики біля геометричних груп Границы детали и Дно кармана – об'єкти задані можуть бути відображені.

В полі Шаблон резания оберіть Профиль і натисніть Генерировать. Операція буде створено(рис. 4.8).

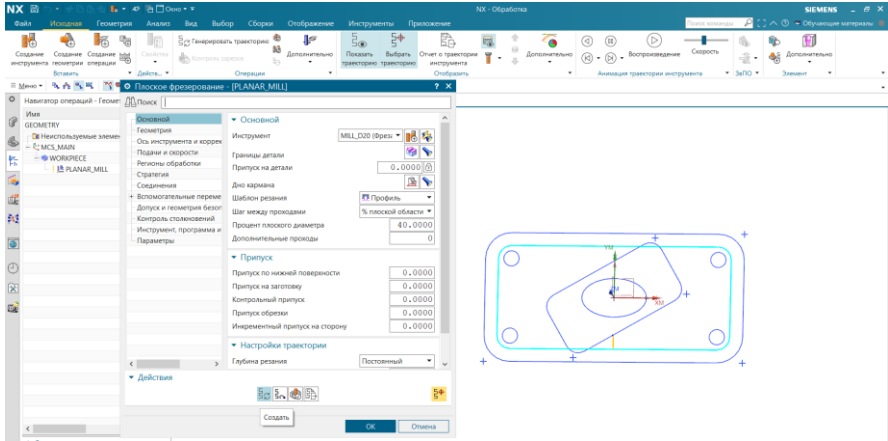


Рисунок 4.8 – Результат операції

7. Однак врізання (вихід на контур) краще змінити. При обробці контуру частіше прийнято задавати врізання по дотичній або дузі. Змініть тип Врезания в відкритій області на Дуга (у Вспомогательных перемещениях) і регенеруйте операцію. Подвод і отвод по дузі будуть додані (рис. 4.9). натисніть ОК, щоб зберегти операцію.

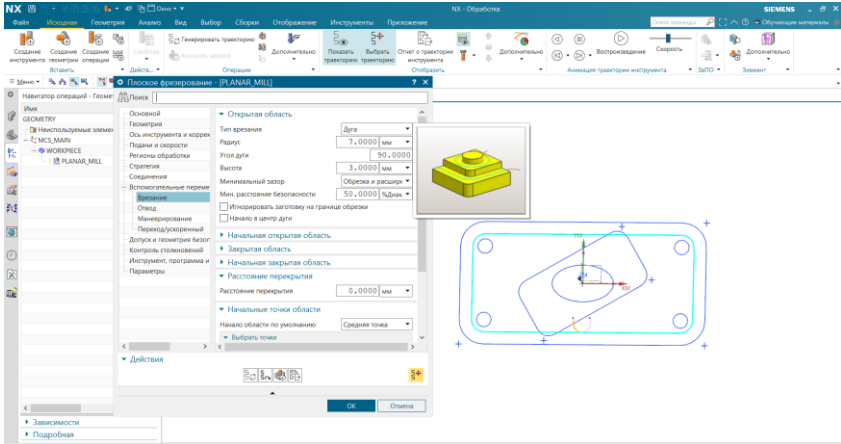
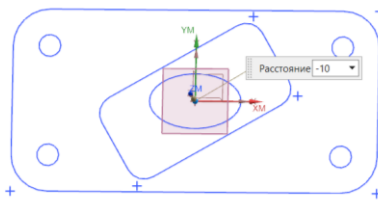
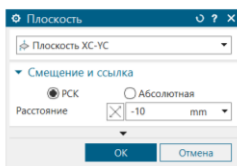


Рисунок 4.9 – Результат операции

8. Скопюйте операцію в навігаторі операції і перейменуйте її в PLANAR\_MILL\_2. В копії змініть рівень полу  $Z = -10$  і знову перегенеруйте операцію (рис. 4.10).



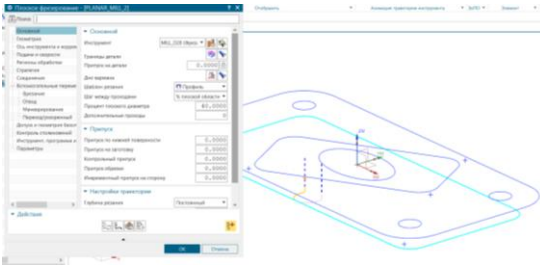


Рисунок 4.10 – Результат операції

Виконайте команду основної - глибина різання – постійний. Задайте стандарти 2 мм. Кількість проходів явно не задається, а визначається відстанню від рівня полу до рівня границі та глибиною різання. Це важно пам'ятати, коли будемо визначати границі на твердому тілі. В даному випадку ця відстань дорівнює 10 мм, глибина різання дорівнює 2 мм, що дає нам 5 проходів. Натисніть ОК і перегенеруйте операцію. Результат показан на рис. 4.11.

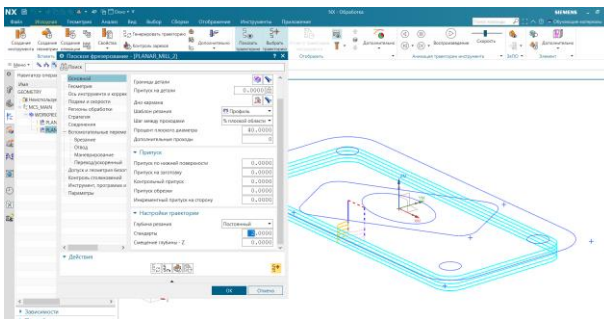


Рисунок 4.11 – Результат операції

9. Зробіть ще одну копію першої операції PLANAR\_MILL, перейменуйте її в PLANAR\_MILL\_3. Виконайте команду основної - глибина резання – постійный. Задайте стандарти 0 мм. Змініть шаблон різання на Вдоль периферии і згенеруйте операцію. Результат показан на рис. 4.12.

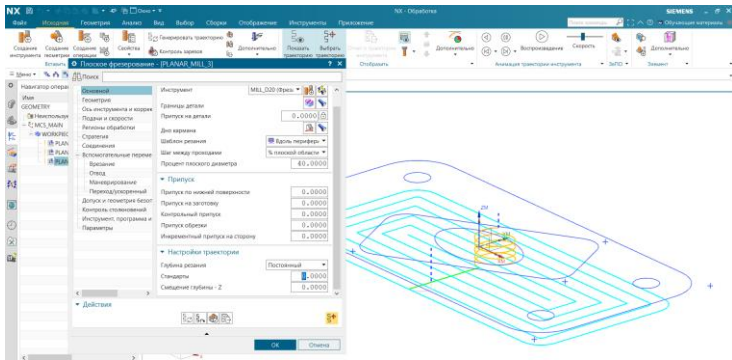


Рисунок 4.12 – Результат измерения шаблона резания

10. Для управління еквідістантними проходами служать параметри різання. Один з них – стратегія - Направление шаблона - наружу. Він задає початок від внутрішніх або від зовнішніх проходів. Траекторію можна покращити, зкругливши кути траекторії і проходи між контурами. Дані установки також містяться в вкладці стратегія – угол - сглаживание -Все проходы (рис. 4.13).



розглянутих траєкторій, вони зовсім не відзначають контур внутрішнього кола. Додомо його до опису границь.

Двічі клацніть на операції PLANAR\_MILL\_3 в навігаторі операцій. У вікні що з'явилося виконайте команду завдання границь деталі. З'явиться нове діалогове вікно (рис. 4.14).

Дане вікно допускає редагування існуючих границь в цілому, перемикання між грацинями, якщо їх більше 1, додавання нових границь. Слід відмітити, що границі в NX складаються із сегментів (елементів границі) і в режимі редагування до них існує доступ. Границі деталі – кривые - добавить набор – сторона инструмента (снаружи) - выбрать кривую (средний контур). Виконайте команду Додати; з'явиться нове діалогове вікно (рис. 4.14). Зробіть налаштування, як на рисунку, і вкажіть середній контур. Натискайте ОК, поки не повернетесь в основне діалогове вікно операції.

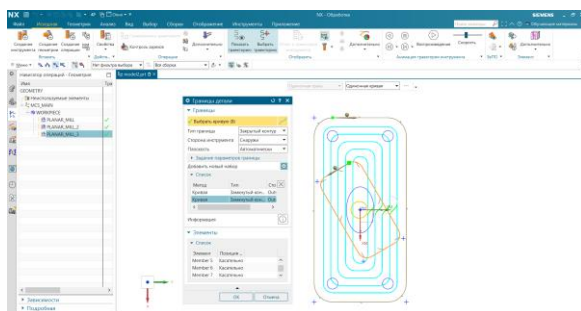


Рисунок 4.14 – Додавання внутрішнього контуру

Перегенеруйте операцію. Результат показан на рис. 4.15. Як бачимо, операція враховує два контури.

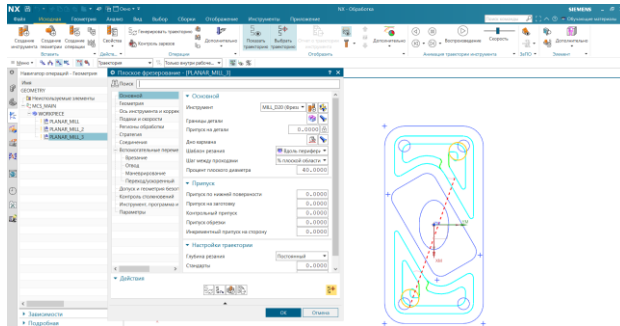


Рисунок 4.16 – Результат виконання операції

12. Перейдіть в модуль моделювання і створіть блок, який буде слугувати моделлю заготовки для вашої операції. Модель заготовки зберіть в окремому файлі. При малюванні контуру заготовки (прямокутника) задайте припуск по бічним сторонам 5 мм. При витягуванні контуру по вісі Z від нуля висота 5 мм, а глибина -20 мм. Поверніться в модуль обробки і задайте блок як заготовку (рис. 4.17). Для цього перейдіть во вкладку сборки – додавить компонент – открыть. Вкажіть збережений вами файл заготовки. Змініть відображення заготовки. Для цього в навигаторі сборки натисніть на модель заготовки правою

кнопкою миші та оберіть пензлик (рис. 4.18). Змініть колір та прозорість на 80%.

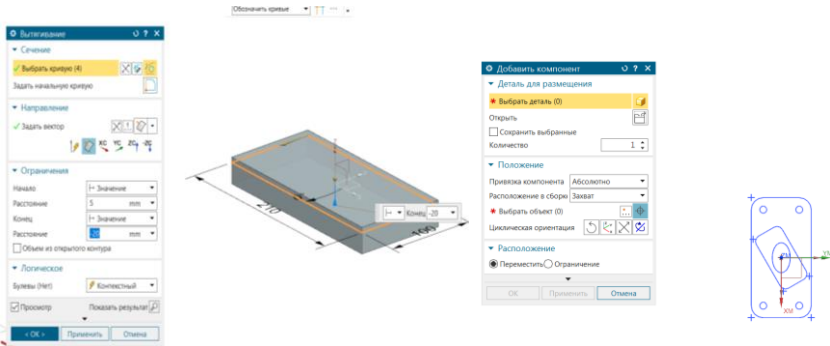


Рисунок 4.17 – Завдання блоку в якості заготовки

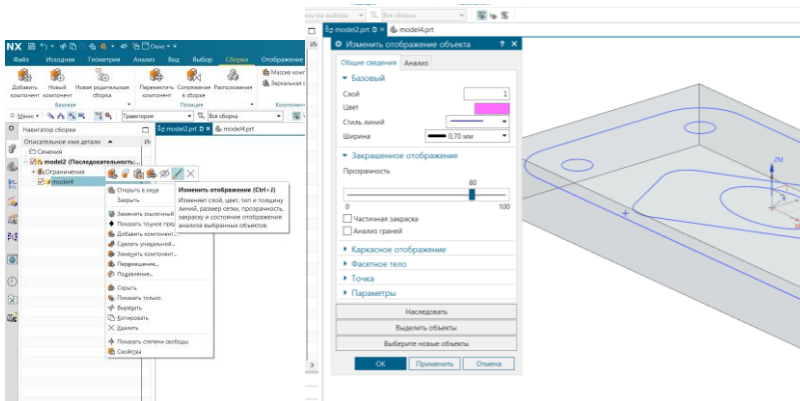


Рисунок 4.18 – Зміні відображення заготовки

13. Задайте заготовку в WORKPIECE. Регенеруйте всі операції із контекстного меню операцій. В навігаторі операцій

перемістіть мишею операцію PLANAR\_MILL та PLANAR\_MILL\_1 в неиспользуемые элементы.. Виконайте верифікацію PLANAR\_MILL\_2 (рис. 4.19).

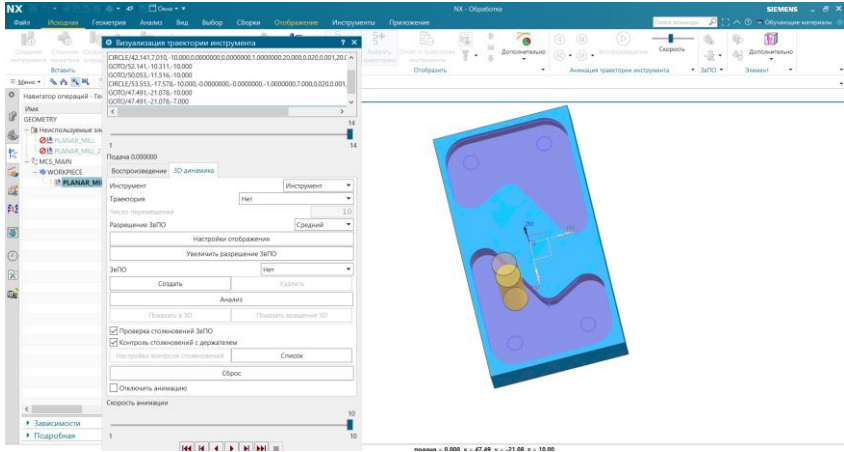


Рисунок 4.19 – Результат операції

14. Створіть обробку внутрішнього контуру як попередніх прикладах на глибину -10 мм з глибиною різання 2мм. Виконайте команду завдання границі деталі та дно кармана і регенеруйте операцію (рис. 4.20). Проведіть верифікацію (рис. 4.21).



Рисунок 4.20 – Завдання параметрів операції

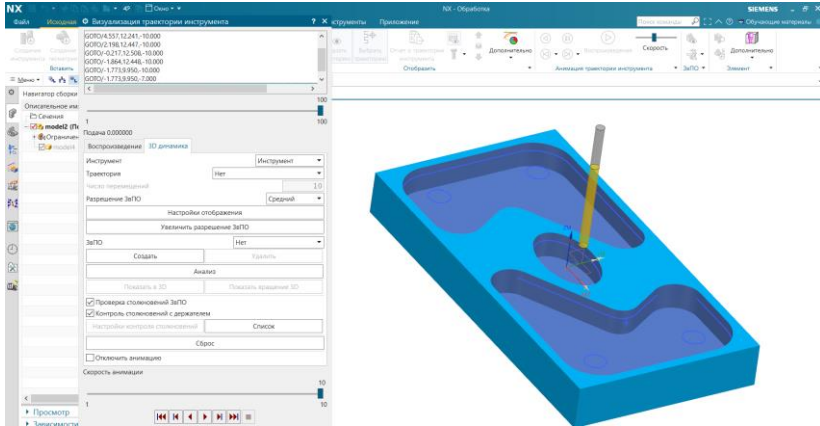


Рисунок 4.21 – Результат операції

15. Створіть операцію наскрізного свердління чотирьох отворів (рис. 4.22) виконайте візуалізацію.

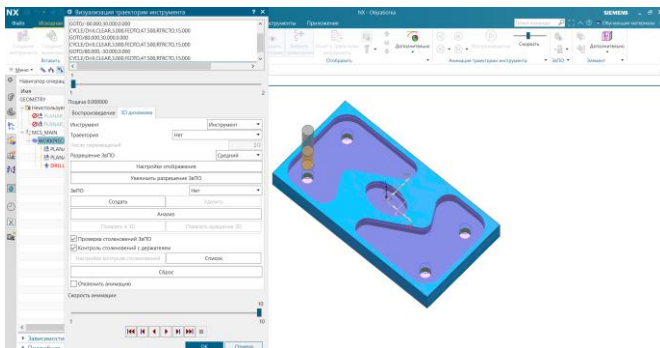


Рисунок 4.22 – Результат операції

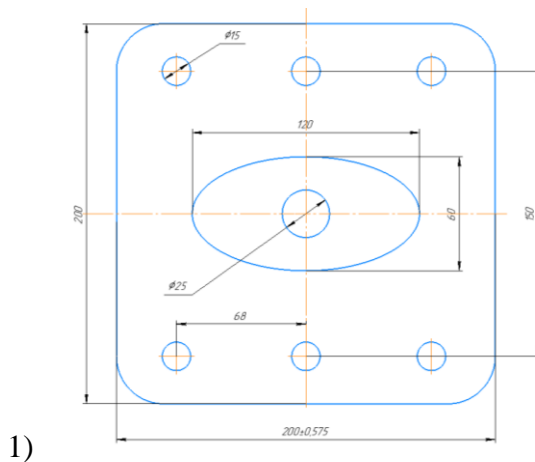
16. Оформити звіт, який має складатися з:

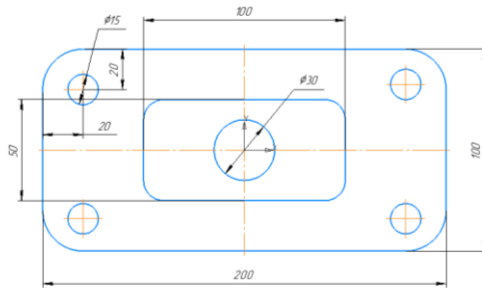
- найменування роботи;
- переліку виконаних робіт;
- принтскрінів екрану, що отримали підчас роботи.
- відповіді письмово на контрольні запитання.

### Контрольні питання:

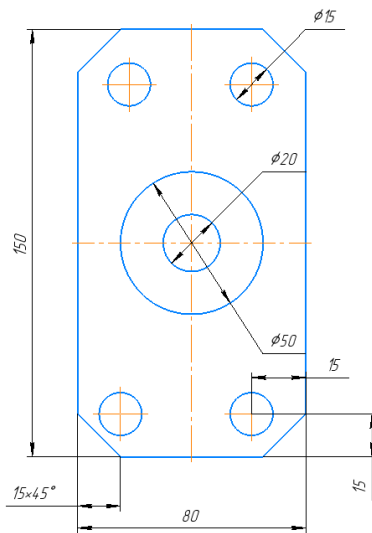
- 1) Параметри фрезерування з використанням меж?
- 2) Параметри різання з використанням меж?
- 3) Зміна шаблонів різання?
- 4) Завдання контрольної межі?

### Варіанти завдання:

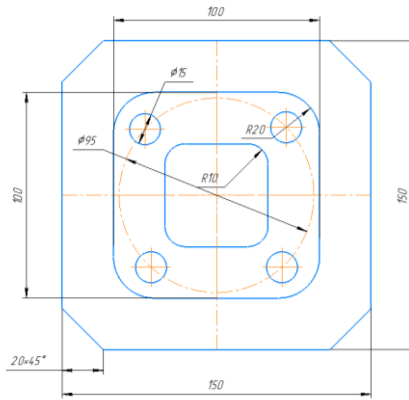




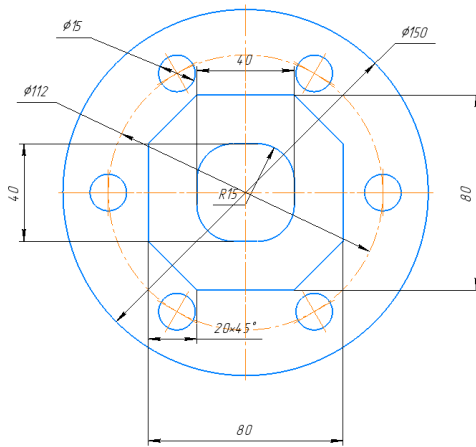
2)



3)



4)



5)

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

**Тема:** Профільне фрезерування

**Мета роботи:** Ознайомлення з основними елементами інтерфейсу модуля NX CAM. Навчитися розробці фрезерної обробки (операція CAVITY MILL)

**Матеріально-технічне забезпечення:** персональний комп'ютер, програмне забезпечення NXCAM.

### 1.1 Загальні положення і відомості

NX CAM має комплекс функцій для перевірки вірності керуючої програми на робочому місці технолога. Полонка обладнання дорого коштує підприємству, тому виробники витрачають багато часу на перевірку програм на верстаті. Цей етап можна виключити, надав задачу по верифікації обробки та імітаційному моделюванню на сучасне САМ-рішення. Розробка керуючих програм в NX CAM виконується в декілька етапів. Послідовність роботи показана на рис. 1.1. Не всі етапи є обов'язковими.



Рисунок 1.1 - Последовательность складання керівних програм

Робота розпочинається з Вибору оточення обробки (ініціалізація). Для різних видів обробки використовуються різні шаблони для ініціалізації. На цьому етапі створюються ті об'єкти, які потрібні для цього виду обробки.

Наступний етап - Аналіз геометрії. Він потрібний, якщо технолог моделі не створював, а отримав її від конструктора або стороннього замовника. На цьому етапі аналізуються габаритні розміри деталі, розміри елементів (ширина паза, діаметр отвору та ін.), радіус скруглення елементів моделі, наявність і величина ухилів (для оснащення).

Підготовка моделі до обробки іноді потрібна - 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 САD-операції для завдань САМ; вони також будуть розглянуті далі. Правильно модифікувати не саму конструкторську модель, а її асоціативну копію.

Важливий етап - Створення або редагування батьківських груп. Це відмітна особливість NX САМ; об'єкти, задані у батьківських групах, наслідують операціями, що використовують їх. Такий підхід дозволяє модифікувати відразу усі операції, що використовують конкретну батьківську групу, шляхом модифікації об'єктів цієї групи. Батьківські групи визначаються для 4 категорій: Програма, Інструмент, Геометрія, Метод. Детально це розглянуто в наступному розділі.

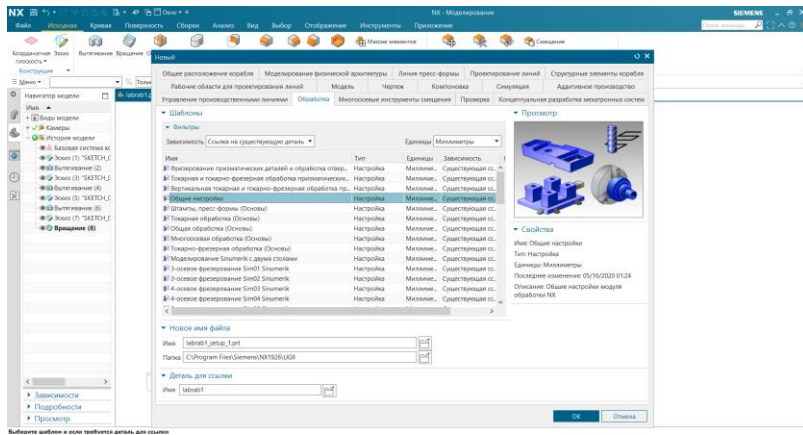
Далі йде етап Створення або редагування операцій обробки. Операції бувають різного типу і використовують різні батьківські групи. На це звернемо увагу при розгляді конкретних операцій. Операції з конкретними параметрами можна зберегти в проекті, не генеруючи їх. Це корисно, якщо процес генерації операцій займає значний час. Генерування траєкторій винесене в окремий етап, причому воно може здійснюватися відразу для групи операцій.

Перевірка траєкторій потрібна для того, щоб виявити можливі проблеми, наприклад складки або зіткнення інструменту з оснащенням. У NX CAM є декілька інструментів перевірки траєкторій, у тому числі і симуляція роботи верстата, здійснювана в кодах програми, що управляє.

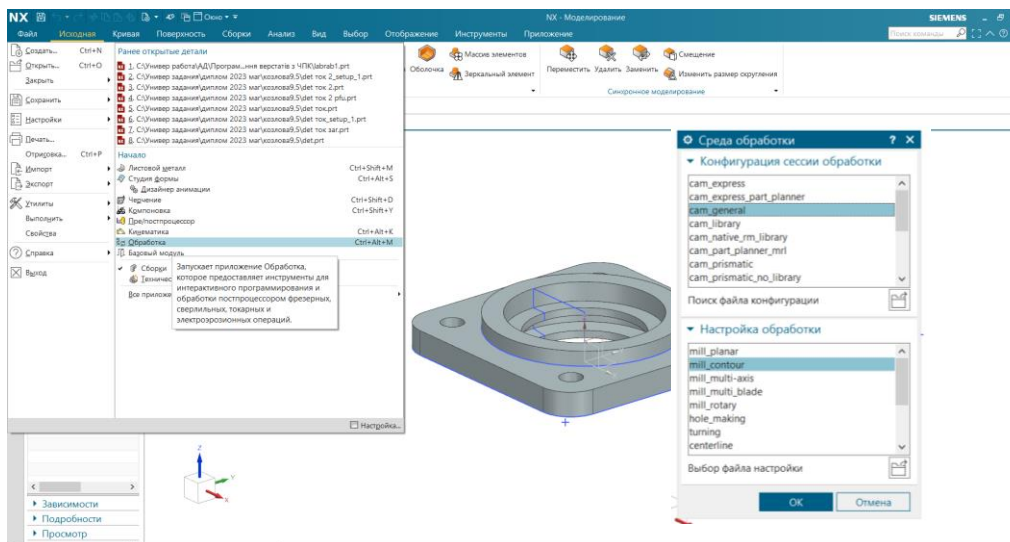
До етапу постпроцесування траєкторії не залежать від конкретного верстата. Для того, щоб траєкторія була відпрацьована верстатом, вона має бути постпроцесована (чи перетворена у формат конкретного верстата). Саме на цьому етапі виходить програма(УП), що управляє, причому одна УП може включати декілька траєкторій, створених різними операціями.

## **1.2 Порядок виконання лабораторної роботи**

- 1) Створити 3D-модель згідно свого варіанту
- 2) Виконайте команди меню Файл - Создать; на екрані з'явиться діалогове вікно (рис. 1.2), за допомогою якого можна уточнити тип створюваного об'єкту.



## Перший варіант



## Другий варіант

### Рисунок 1.2 Діалогове вікно

- 3) Активуємо вкладку «Обработка», Задайте тип –

«Общие настройки» і натисніть ОК. Укажіть місце збереження – папка вашої групи.

Перейти в обробку можна і іншим способом: Файл-Обробка-CAM General/mill contour-ОК

4) Активуйте натисненням вкладки зліва «Навігатор операцій» та «Вид геометрії». Двічі клацніть по MSC MILL в навігаторові операцій (Вид геометрії). З'явиться діалогове вікно (рис. 1.3). Виконайте команду меню СК - відкриється ще одне діалогове вікно. Якщо встановлений тип «Динамика», то в графічній області СКС відобразиться з динамічними маркерами, за які систему координат можна переміщати і переорієнтувати (рис. 1.4). Захопіть СК мишкою за маркер початку СК і перемістите так, щоб вона прив'язалася до моделі, як показано на рисунку. Натисніть ОК. Переміщення можна зробити написавши відповідні координати з клавіатури.

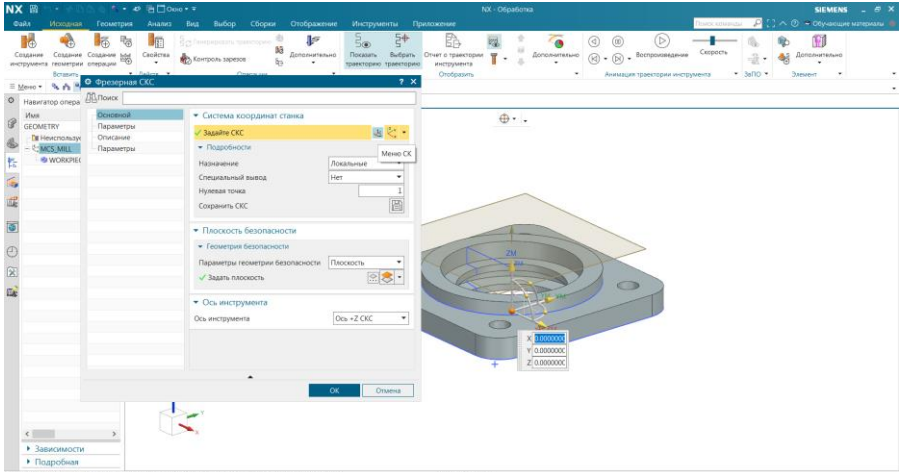


Рисунок 1.3 Вікно СКС

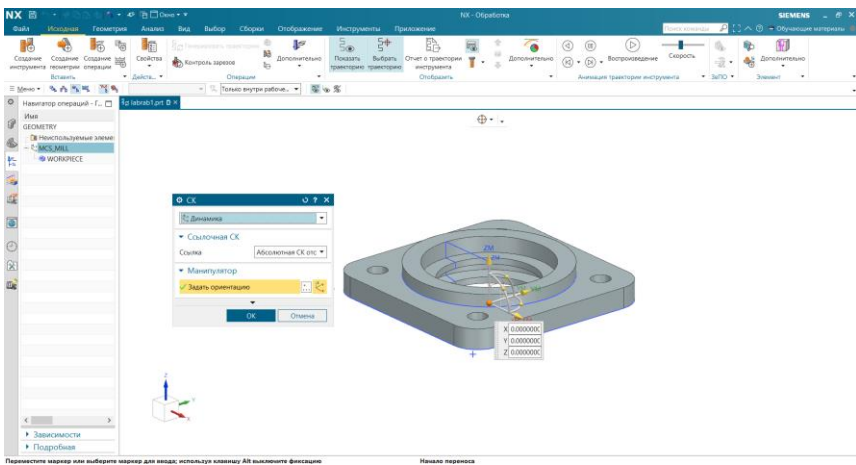


Рисунок 1.4 Вікно СК

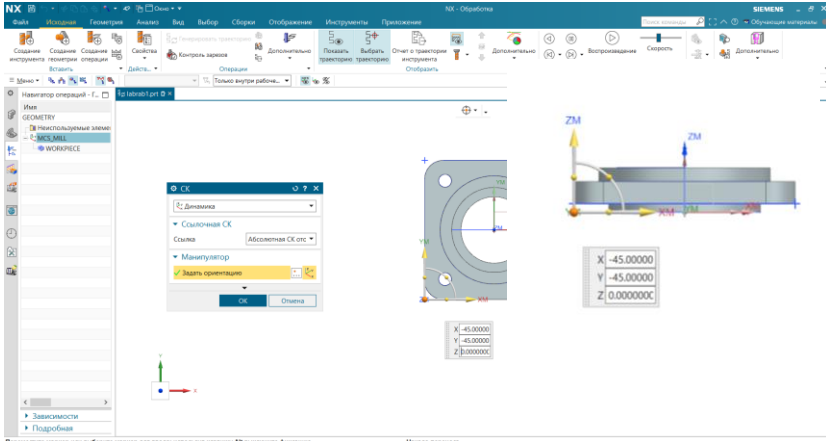


Рисунок 1.5 Точка завданья початку системи координат

5) Для попередження поломки інструменту необхідно задати площину безпеки для цього необхідно в діалоговому вікні (рис. 1.3) встановити параметр «Плоскость безопасности» тип «Плоскость» і виконаєте команду «Задать плоскость». У новому діалоговому вікні (де тип площини вказаний як контекстний) виберіть верхню грань моделі (рис. 1.6). У графічній області будуть відображені тимчасова площина і маркер зміщення. Задайте зміщення 10 мм (рис. 1.6). Натисніть ОК двічі.

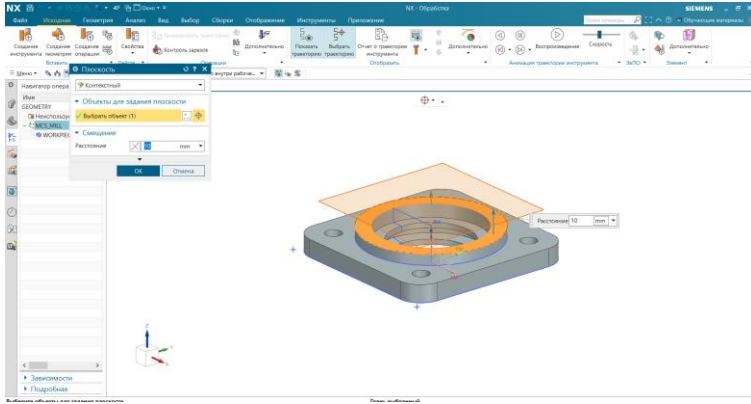
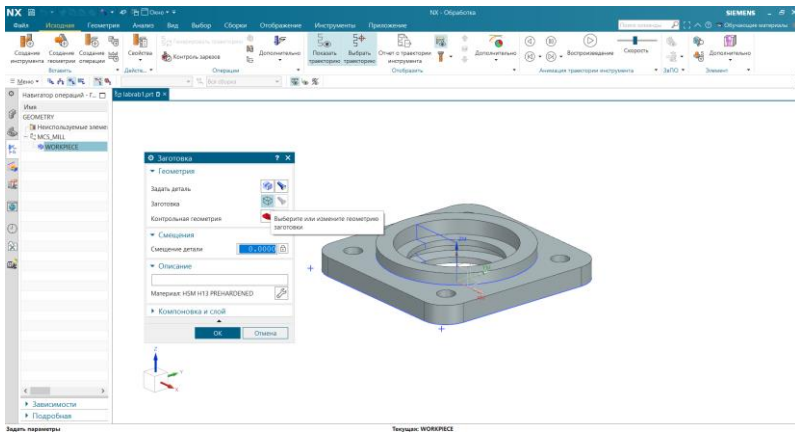


Рисунок 1.6 – Завдання площини безпеки

б) Двічі клацніть по геометричній групі WORKPIECE в навігаторі операцій. З'явиться діалогове вікно (рис. 1.7). Виконайте команду «Задать деталь» (1). Вкажіть тіло в графічній області (рис. 1.7). Натисніть ОК. Виконайте команду «Задать заготовку», тип заготовки «Ограничивающий блок».



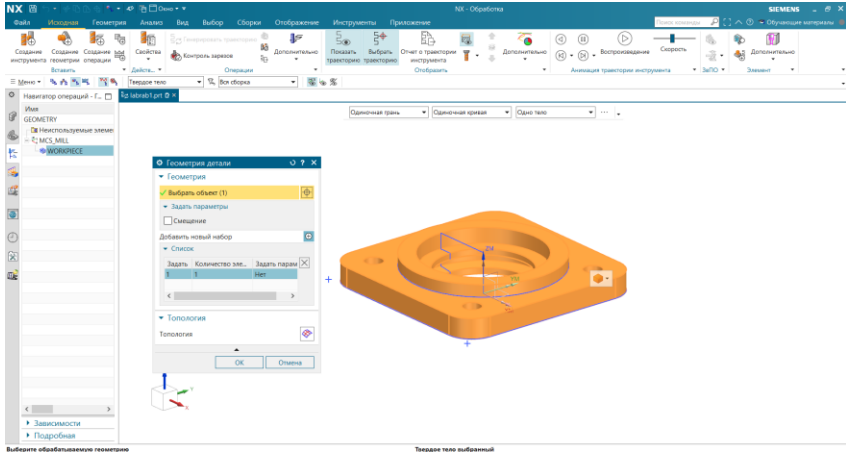
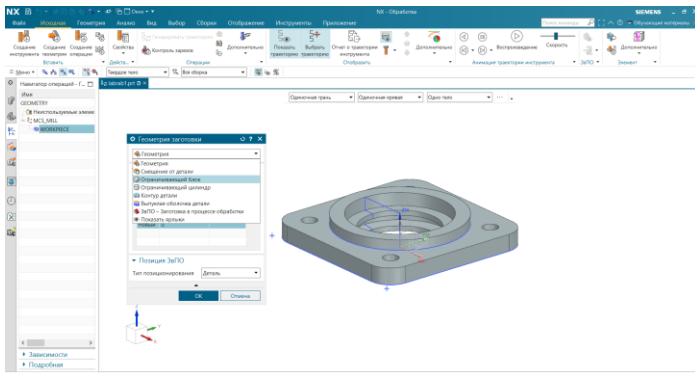


Рисунок 1.7 Діалогові вікна «Геометрия детали»

Виберіть параметр «Ограничивающий блок» (рис. 1.8). Задайте припуск по всім поверхням як на рисунку. Його можна задати у відповідному полі діалогового вікна або зміщенням маркера в графічній області.



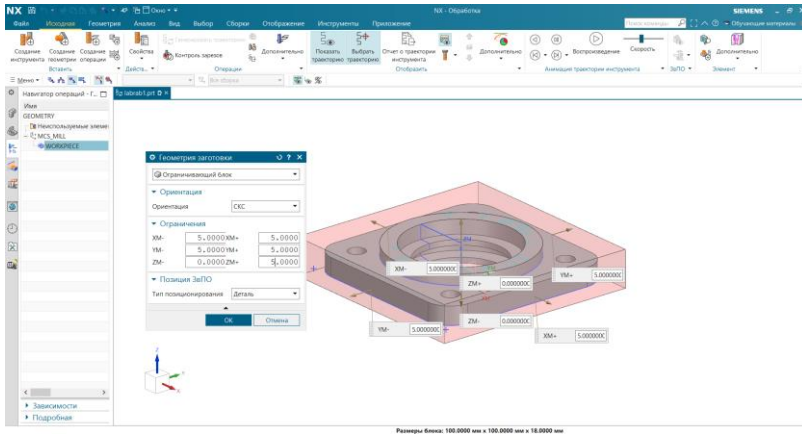
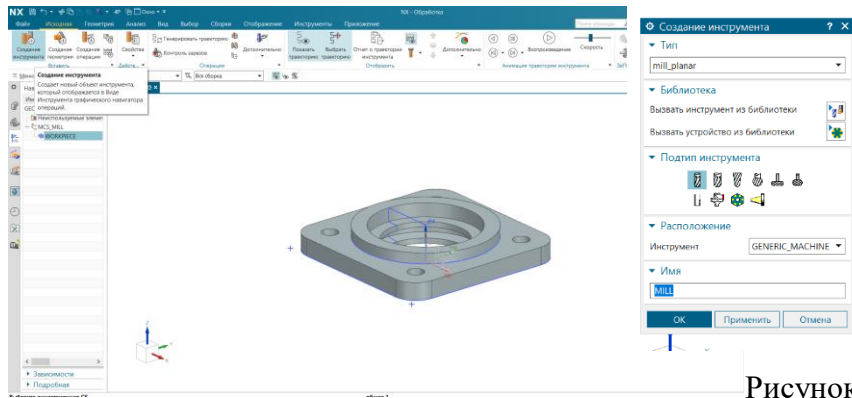


Рисунок 1.8 – Діалогове вікно «Геометрия заготовки»

7) Задайте різальний інструмент, використовуючи команду «Создать инструмент» (рис. 1.9). З'явиться діалогове вікно (рис. 1.10). Інструменти згруповані по типах. Тип `mill_planar` нас влаштує. Підтип вказуємо `MILL`(кінцева фреза). В якості місця розташування вкажіть `GENERIC_MACHINE`, задайте ім'я `MILLD10`. Натисніть `OK`.



Рисунок

1.9 – Диалогове вікно «Создание инструмента»

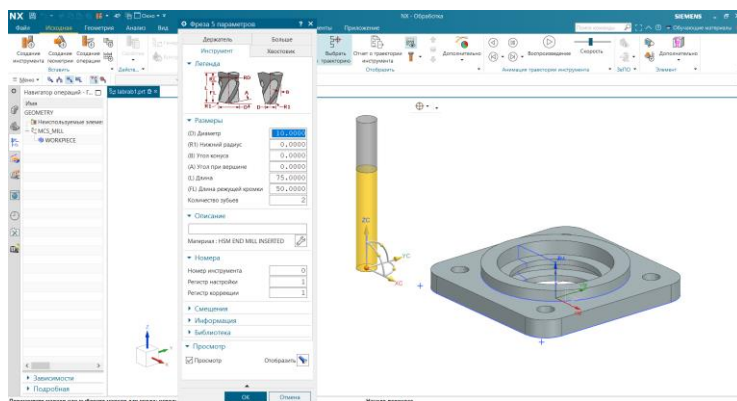


Рисунок 1.10 – Диалогове вікно «Фреза»

Задайте діаметр **8** мм (рис. 1.10). Інші параметри залишимо за умовчанням.

8) Виконайте команду «Создание операции». З'явиться діалогове вікно (рис. 1.11).

Перемкніть тип на mill\_contour і виберіть першу команду

- це операція чорнової обробки CAVITY MILL. У групі параметрів Розташування вказуються батьківські об'єкти для цієї операції (іншими словами, розташування операції в ієрархії об'єктів обробки. Вкажіть ці об'єкти, як на рисунку 1.11. програма-NONE. Ім'я операції залиште за умовчанням і натисніть ОК. Використовуємо параметри операції за умовчанням «максимальное расстояние» – бмм і відразу виконаємо команду «Генерировать» (рис. 1.12). Траекторія буде створена (рис. 1.13).

Натисніть ОК, щоб операція зберіглася і була видна в навігаторі операцій.

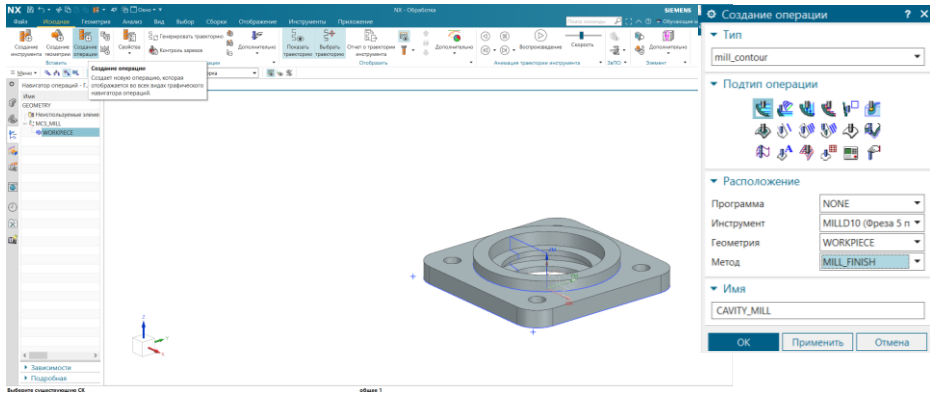


Рисунок 1.11 Діалогове вікно «Создание операции»

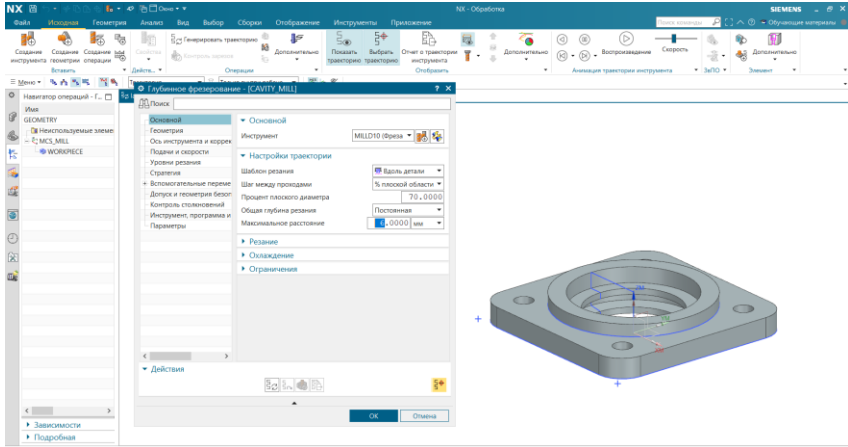


Рисунок 1.12 Диалогове вікно CAVITY MILL

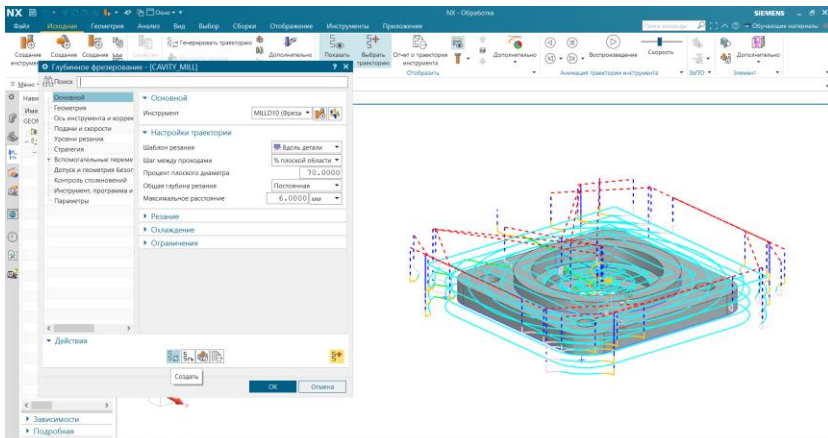


Рисунок 1.13 Траектория инструмента

9) Виберіть операцію CAVITY\_MILL в навігаторі операцій і виконайте команду «Проверка траектории» (рис. 1.14).

З'явиться діалогове вікно «Визуалізація траєкторії інструмента» (рис. 1.15).

Перемкніться на вкладку 3D-динаміка (1), зменште швидкість анімації до 4 (2) і виконаєте команду Вперед (3). Для завершення натисніть ОК.

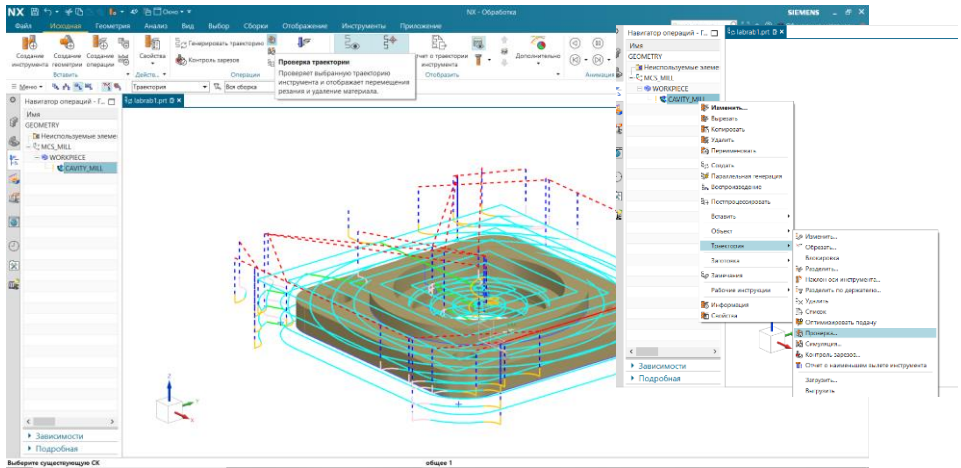


Рисунок 1.14 Діалогове вікно «Проверка траектории»

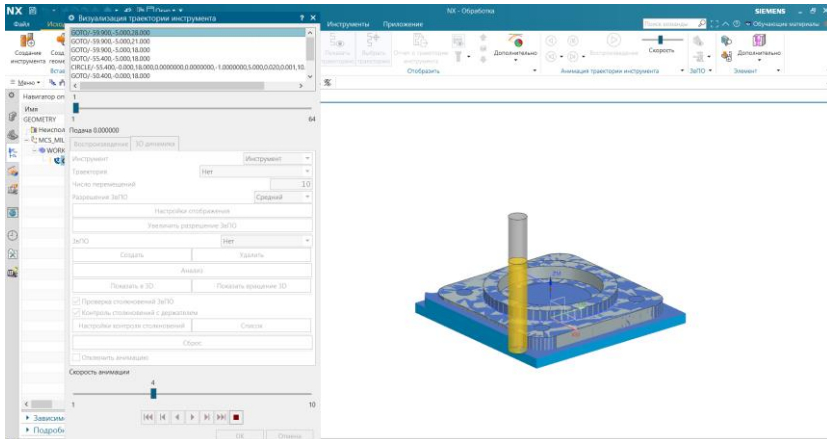


Рисунок 1.15 – Діалогове вікно «Візуалізація траєкторії інструмента»

10) Виберіть операцію CAVITY\_MILL в навігаторі операцій і виконайте команду «Постпроцессировать». З'явиться діалогове вікно постпроцесування(рис. 1.16).

Виберіть постпроцесор, як на малюнку, і натисніть ОК.

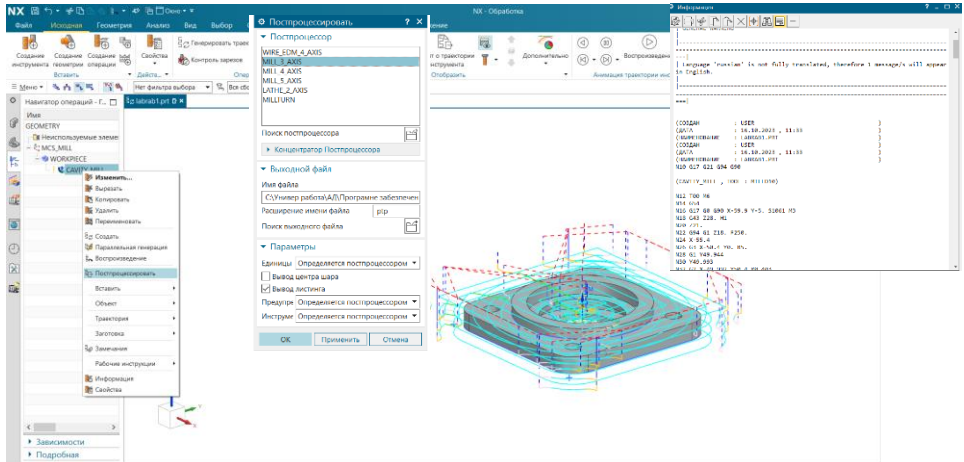


Рисунок 1.16 Диалогове вікно «Постпроцесоринг»

11) Відкритіть вкладку «Уровни резания». В результаті відкриється нове діалогове вікно, а в графічній області будуть показані маркери рівнів (рис. 1.17).

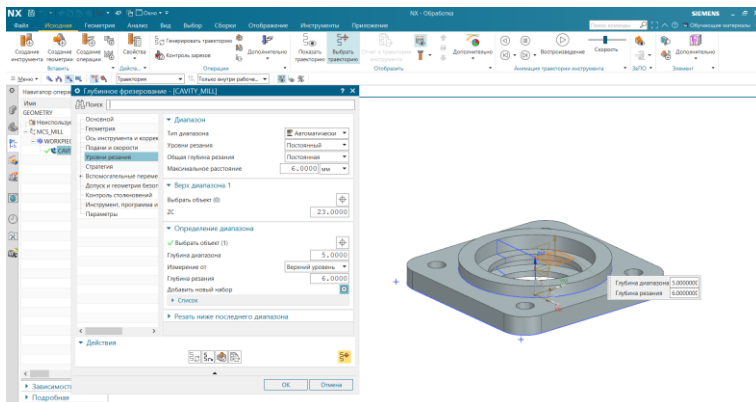


Рисунок 1.17 Диалогове вікно «Уровни резания»

Перемкніть тип діапазону на «Одиночный» (1), рівні різання «Только в низу диапазона» (2), включіть можливість прив'язки до точки на кривій (3) і вкажіть точку на ребрі, як показано на рис. 1.18 (4). Натисніть ОК в діалоговому вікні рівнів і Генерувати в основному діалоговому вікні операції.

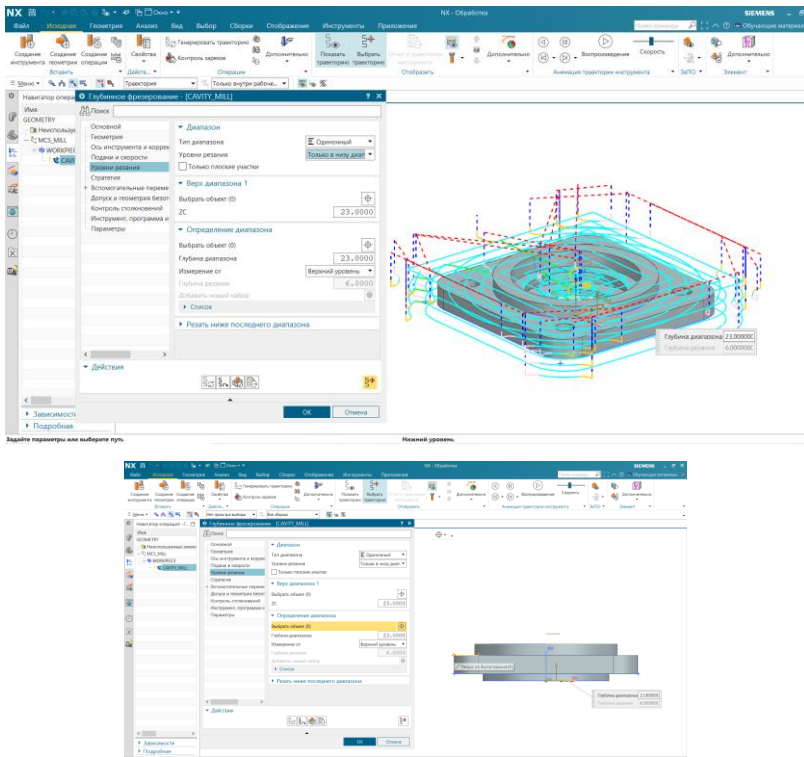


Рисунок 1.18 – Завдання параметрів у діалоговому вікні «Уровни резания»

Результат приведен на рис. 1.19. Поверните модель так, щоб переконалися, що уся траєкторія лежить в площині, що відповідає заданому рівню.

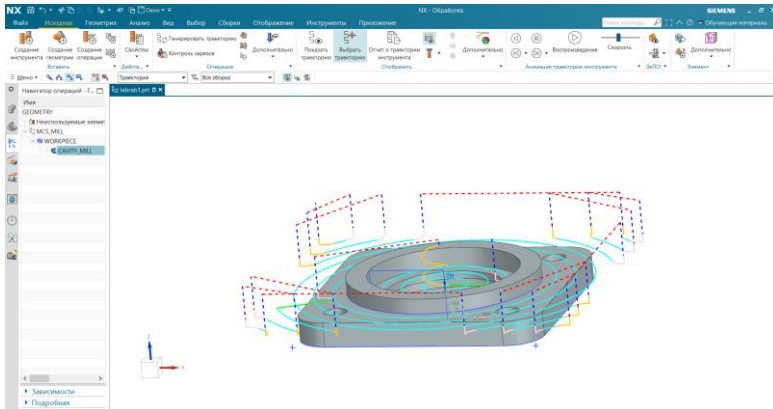


Рисунок 1.19 – Траєкторія обробки

12) Перемкніть тип діапазону на «Заданный пользователем» (рис. 1.20), «уровни резания» на «постоянный», виконаєте команду Додати новий набір (2), вкажіть точку в графічній області (3). Буде створено новий діапазон.

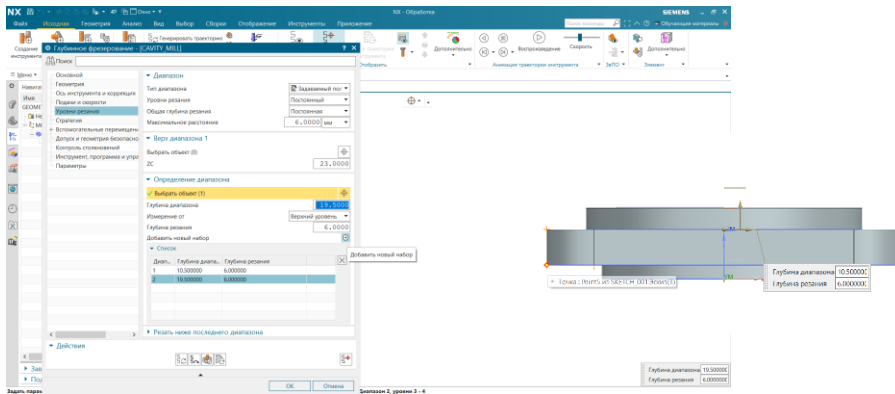


Рисунок 1.20 – Траекторія обробки діапазону заданого користувачем

Задайте глибину різання в нижньому діапазоні 3 мм і натисніть ОК (рис. 1.21).

Згенеруйте операцію (рис. 1.22) і виконайте її верифікацію. Натисніть ОК, щоб закрити діалогове вікно.

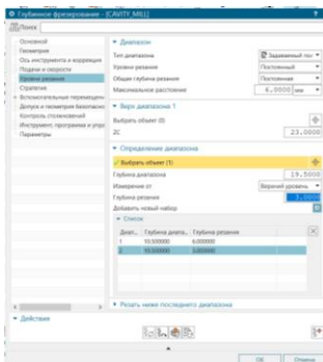


Рисунок 1.21 – Діалогове вікно «Определение дипазана»

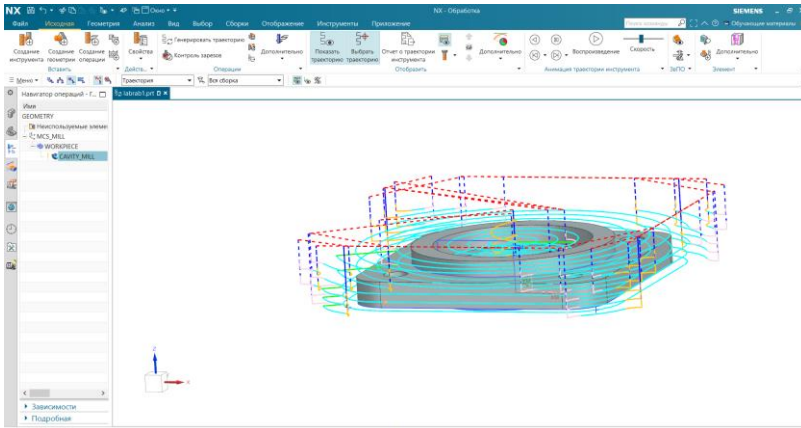


Рисунок 1.22 – Траєкторія обробки

13) Двічі клацніть по ній, щоб відкрити діалогове вікно операції. Змініть шаблон різання з «Вдоль детали» на «Зигзаг» і регенеруйте операцію (рис. 1.23).

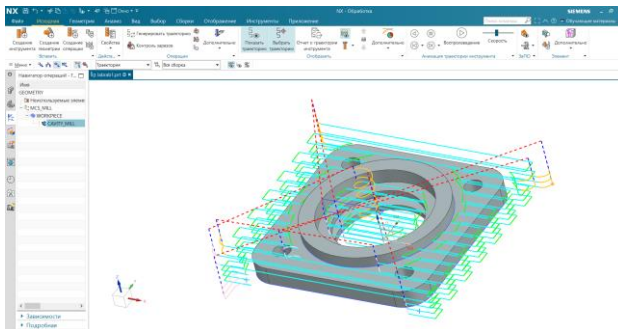


Рисунок 1.23 – Траєкторія обробки

**Оформлення звіту:**

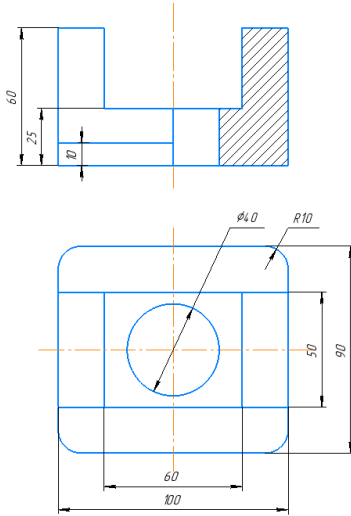
- найменування роботи (титульний аркуш, с другого аркуша: тема, мета, забезпечення);
- перелік виконаних робіт згідно порядку виконання з принтскрином екрану;
- письмова відповідь на контрольні запитання.

**Контрольні питання:**

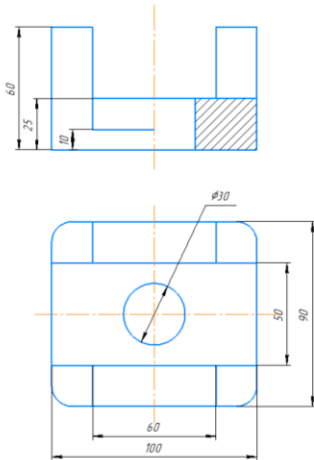
- 1) Які функції виконує модуль NX CAM.
- 2) З чого починається робота у модулі NX CAM.
- 3) Перелік етапів для складання керуючих програм для верстатів з ЧПК.
- 4) Що таке операція «Верифікація».
- 5) Як згенерувати операція в модулі NX CAM.
- 6) Як задати чорнову обробку в модулі NX CAM.

**Варіанти завдання:**

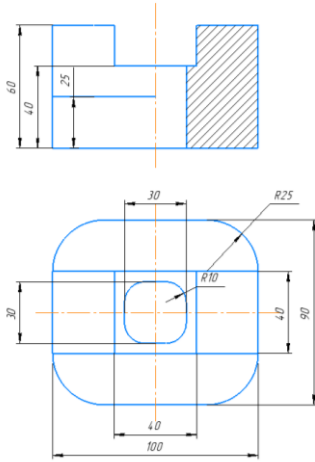
## Вариант №1



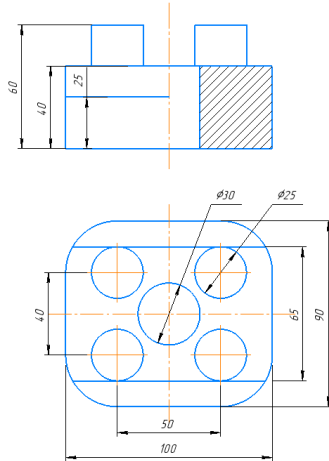
## Вариант №2



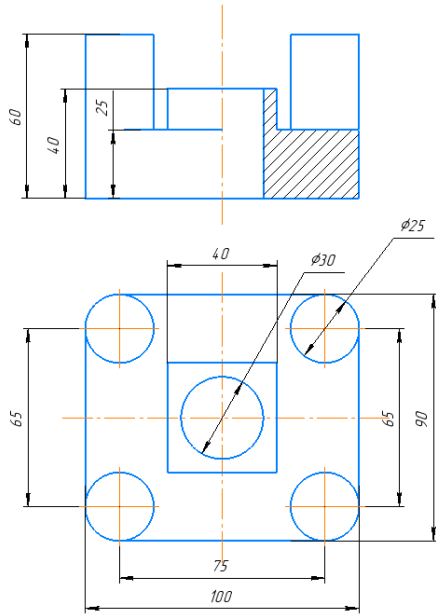
## Вариант №3



## Вариант №4



## Вариант №5



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

**Тема:** Операції обробки творів

**Мета роботи:** Ознайомлення з основними елементами обробки отворів. Навчитися розробці операцій обробки отворів.

**Матеріально-технічне забезпечення:** персональний комп'ютер, програмне забезпечення NX CAM.

### 4.1 Загальні положення і відомості

Осьові операції використовують процесор «точка-точка» для генерації траєкторій інструменту, в яких інструмент позиціонується вздовж осі отвору, заглиблюється в деталь і відводиться. В програмі обробки для таких операцій використовуються верстатні цикли. Операції відрізняються один від одного типом циклу та кількістю параметрів в ньому.

Свердління в NX можна програмувати за допомогою операції свердління hole making (рис. 2.1). В операціях отвори вказуються прямо в діалоговому вікні операції або в групі holl boss geom. Для таких операцій характерно найбільш гнучке управління глибиною свердління (інші операції зазвичай задають глибину по моделі).

Операції на рис. 2.1 фактично представляють собою одну й ту ж операцію з різними установками глибини свердління або типом і параметрами циклу.

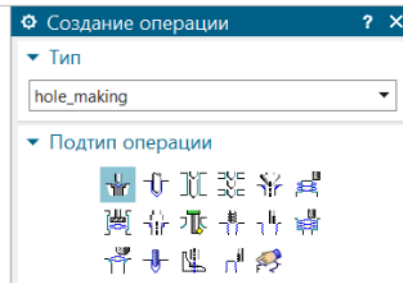
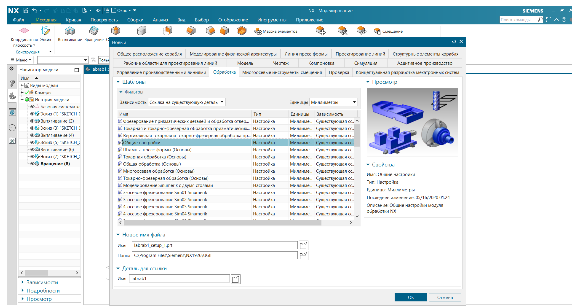


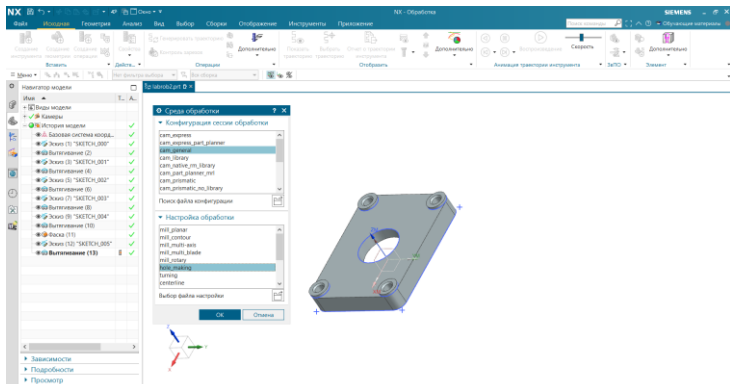
Рисунок 2.1 – Стандартні операції свердління отворів

## 4.2 Порядок виконання лабораторної роботи

- 1) Згідно варіанту створити модель. Приклад лабораторної виконано на основі моделі файл **labrob2.prt**.
- 2) Виконайте команди меню Файл - Создать; на екрані з'явиться діалогове вікно (рис. 2.2), за допомогою якого можна уточнити тип створюваного об'єкту.



Перший варіант



## Другий варіант

Рисунок 2.2 Діалогове вікно

3) Активуємо вкладку «Обработка», Задайте тип – «Общие настройки» і натисніть ОК. Укажіть місце збереження – папка вашої групи.

Перейти в обробку можна і іншим способом: Файл-Обработка-CAM General/mill contour-OK

4) Активуйте натисненням вкладки зліва «Навигатор операций» та «Вид геометрии». Двічі клацніть по MSC MILL в навігаторові операцій (Вид геометрії). З'явиться діалогове вікно (рис. 2.3). Виконайте команду меню СК - відкриється ще одне діалогове вікно. Якщо встановлений тип «Динамика», то в графічній області СКС відобразиться з динамічними маркерами, за які систему координат можна переміщати і переорієнтовувати (рис. 2.4). Захопіть СК мишкою за маркер початку СК і перемістите

так, щоб вона прив'язалася до моделі, як показано на рисунку. Натисніть ОК. Переміщення можна зробити написавши відповідні координати з клавіатури.

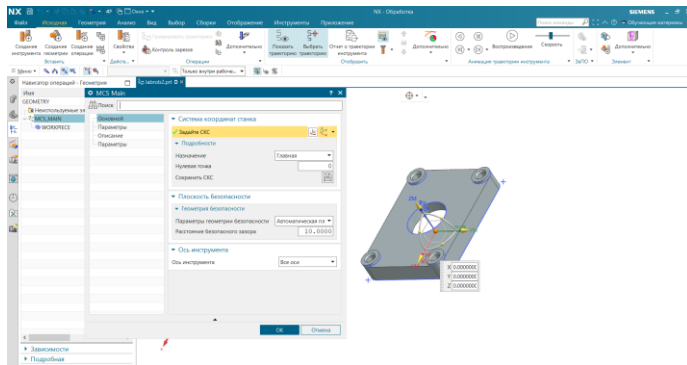


Рисунок 2.3 Вікно СКС

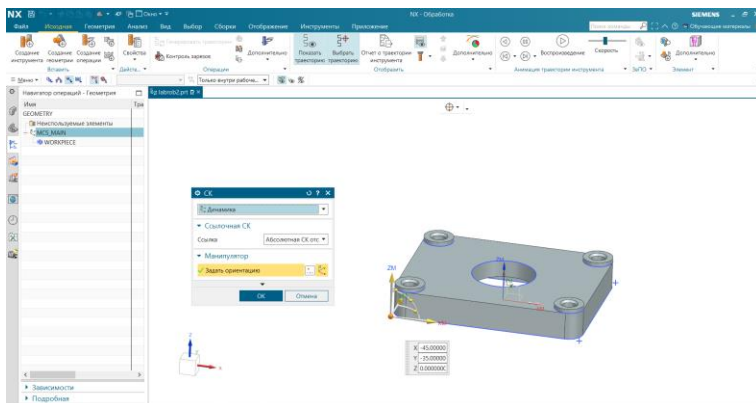


Рисунок 2.4 – Точка задання початку системи координат

5) Для попередження поломки інструменту необхідно задати площину безпеки для цього необхідно в діалоговому вікні

(рис. 2.3) встановити параметр «Плоскость безопасности» тип «Плоскость» і виконаєте команду «Задать плоскость». У новому діалоговому вікні (де тип площини вказаний як контекстний) виберіть верхню грань моделі (рис. 2.5). У графічній області будуть відображені тимчасова площина і маркер зміщення. Задайте зміщення 10 мм (рис. 2.5). Натисніть ОК двічі.

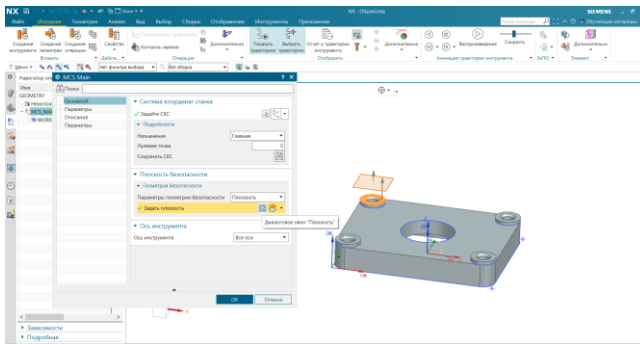


Рисунок 2.5 – Завдання площини безпеки

б) Двічі клацніть по геометричній групі WORKPIECE в навігаторові операцій. З'явиться діалогове вікно (рис. 1.7). Виконайте команду «Задать деталь» (1). Вкажіть тіло в графічній області (рис. 2.6). Натисніть ОК. Виконайте команду «Задать заготовку», тип заготовки «Ограничивающий блок».

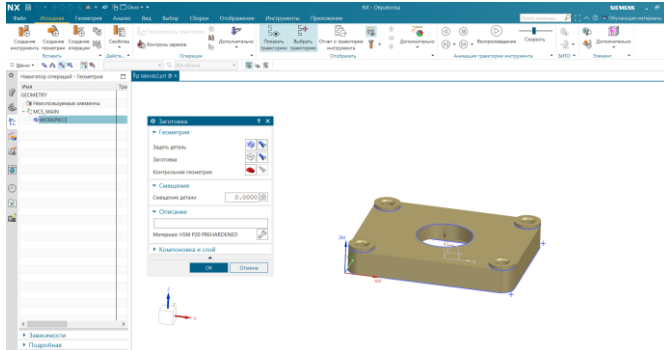


Рисунок 2.6 Діалогові вікна «Геометрия детали»

Виберіть параметр «Ограничивающий блок» (рис. 2.7). Задайте припуск по всім поверхням як на рисунку. Його можна задати у відповідному полі діалогового вікна або зміщенням маркера в графічній області.

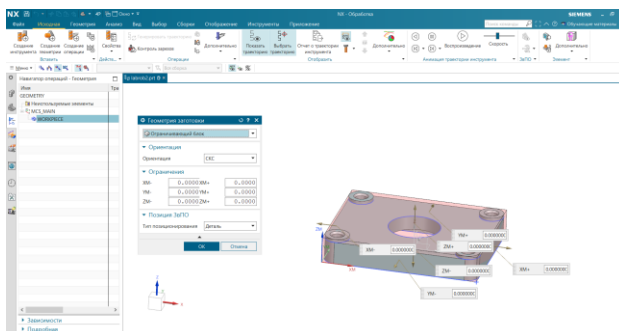


Рисунок 2.7 – Діалогове вікно «Геометрия заготовки»

7) Задайте різальний інструмент, використовуючи команду «Создать инструмент» (рис. 2.8). З'явиться діалогове вікно

(рис. 2.9). Інструменти згруповані по типах. Тип hole making нас влаштує. Підтип вказуємо center drill. В якості місця розташування вкажіть GENERIC\_MACHINE, задайте ім'я center drillID3.15. Натисніть ОК.

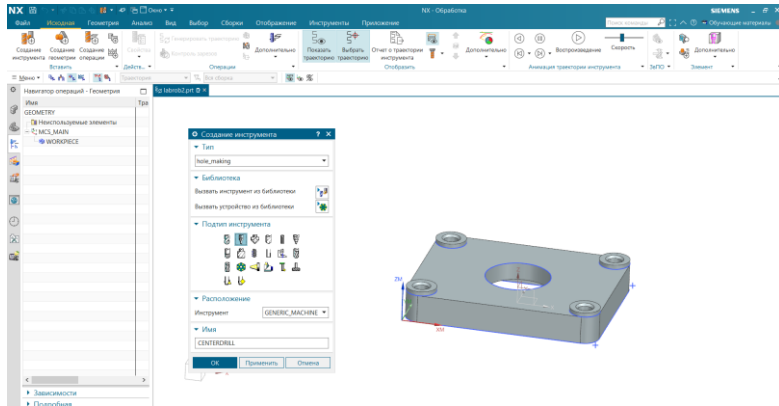


Рисунок 2.8 – Діалогове вікно «Создание инструмента»

Задайте діаметр 3,15 мм (рис. 2.9). Інші параметри залиши́мо за умовчанням.

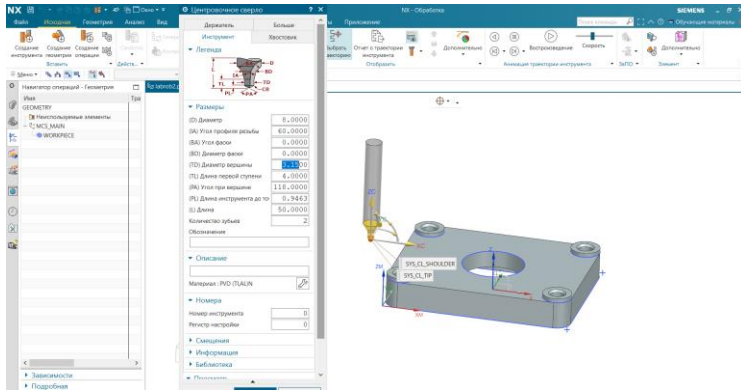


Рисунок 2.9 – Діалогове вікно «Инструмент»

8) Виконайте команду «Создание операции». З'явиться діалогове вікно (рис. 2.10).

Перемкніть тип на `hole_making` і виберіть першу команду - це операція `SPOT DRILLING`. У групі параметрів «Расположение» вказуються батьківські об'єкти для цієї операції (іншими словами, розташування операції в ієрархії об'єктів обробки). Вкажіть ці об'єкти, як на рисунку 2.10. програма – `NONE` метод – `SPOT DRILL_METHOD`, використайте інструмент – `CENTER DRILLING D3.15`, який вже створено, і геометричну групу – `WORKPIECE`. Натисніть `OK`, щоб операція збереглася і була видна в навігаторові операцій.

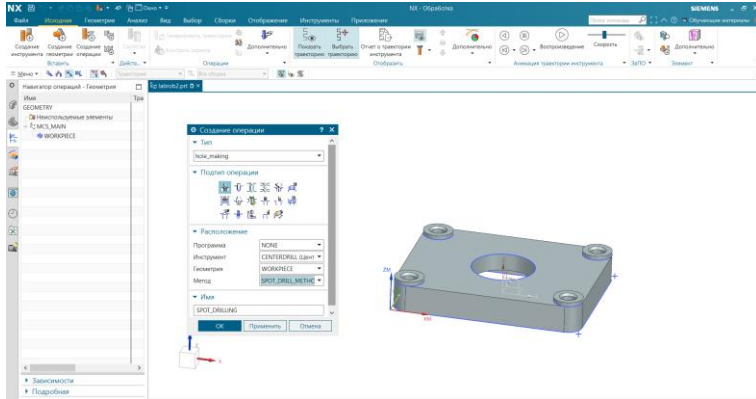


Рисунок 2.10 – Диалогове вікно «Создание операции»

В групі параметрів «Основной» присутні нові геометричні об'єкти. В цьому діалоговому вікні обов'язково необхідно «Задати геометрию элемента» (рис. 2.11).

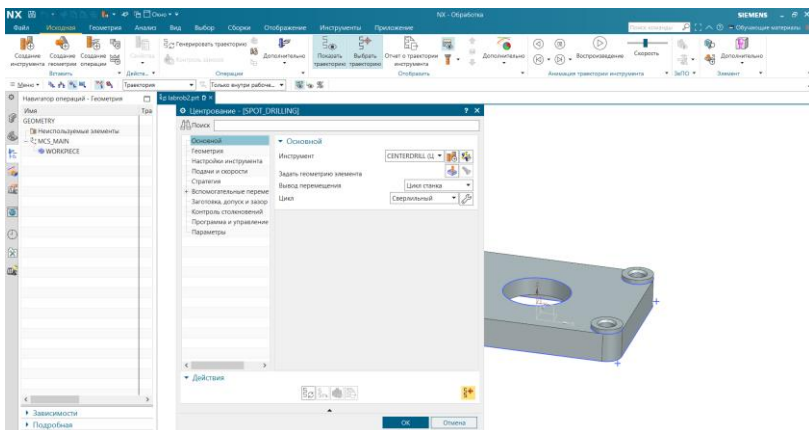


Рисунок 2.11 – Параметры операции свердління отворів

Виконайте команду задати отвори «Задати геометрию элемента». З'явиться нове діалогове вікно (рис. 2.12). В діалоговому вікні виконайте команду «Выбрать объект» і вкажіть ребро отвору, натисніть ОК – отвори будуть відмічені. Згенеруйте операцію (рис. 2.13).

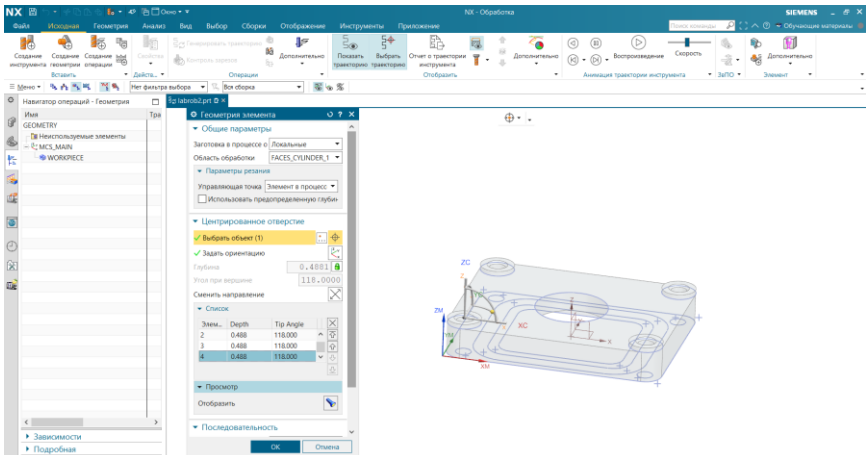


Рисунок 2.12 – Вікно завдання геометрії отворів

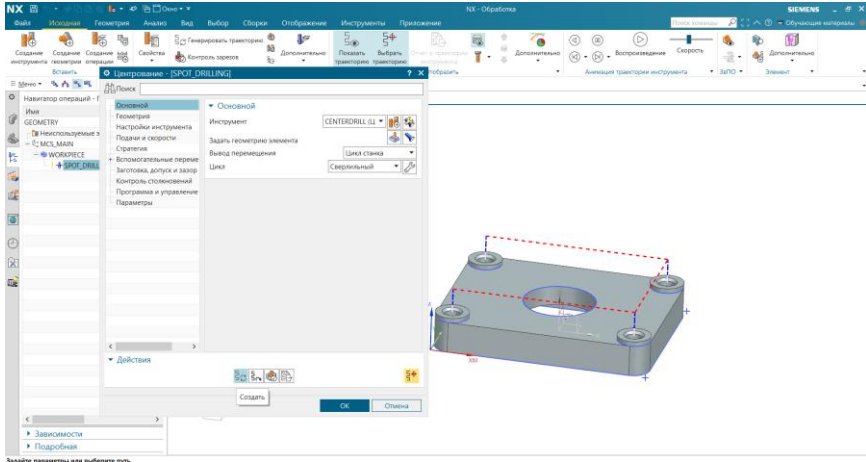


Рисунок 2.13 – Траектория инструмента

Візуалізація траєкторії з інструментом в нижній точці показана на рис. 2.14.

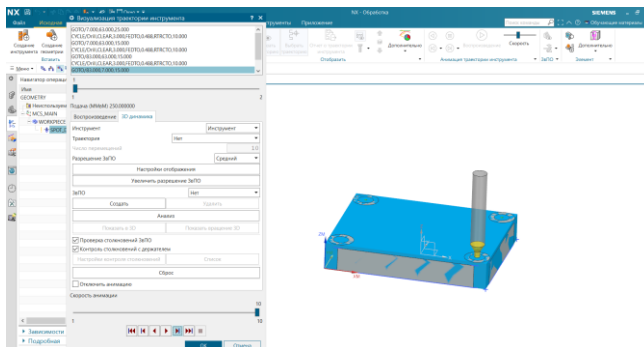


Рисунок 2.14 – Візуалізація траєкторії руху інструменту

9) Задайте різальний інструмент, використовуючи команду «Создать инструмент» (рис. 2.15. З'явиться діалогове вікно (рис. 2.16). Інструменти згруповані по типах. Тип hole making нас влаштує. Підтип вказуємо std drill. В якості місця розташування вкажіть GENERIC\_MACHINE, задайте ім'я std drillD6.5. Натисніть ОК.

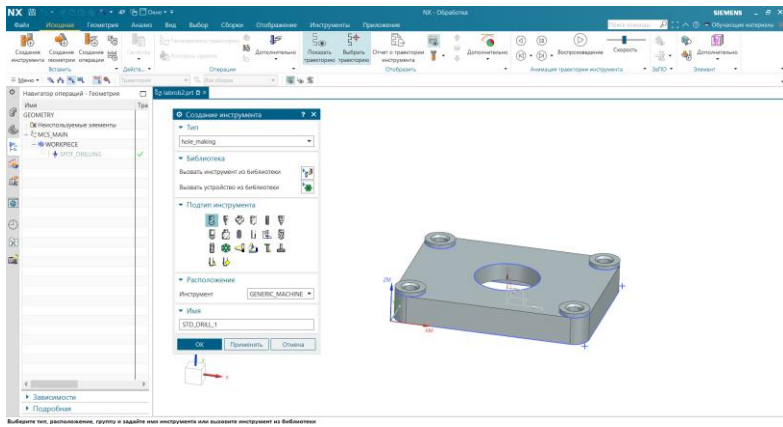


Рисунок 2.15 – Діалогове вікно «Создание инструмента»

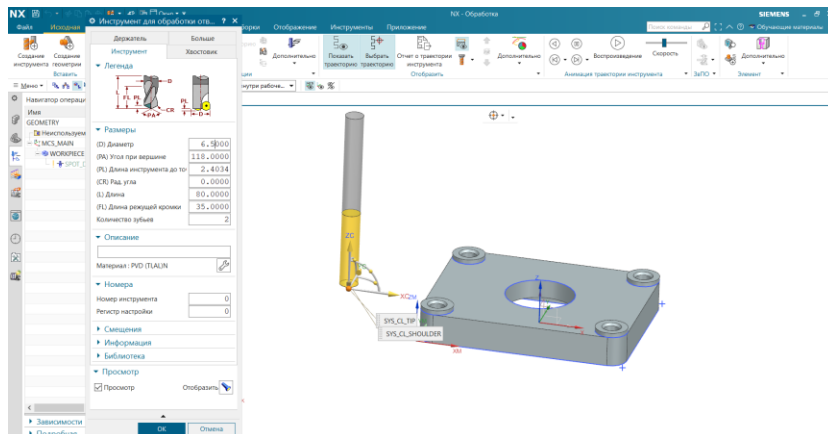


Рисунок 2.16 – Діалогове вікно «Інструмент»

Задайте діаметр 6,5 мм (рис. 2.16). Інші параметри залишимо за умовчанням.

10) Виконайте команду «Создание операции». З'явиться діалогове вікно (рис. 2.17).

Перемкніть тип на `hole_making` і виберіть другу команду - це операція `DRILLING`. У групі параметрів «Расположение» вказуються батьківські об'єкти для цієї операції (іншими словами, розташування операції в ієрархії об'єктів обробки). Вкажіть ці об'єкти, як на рисунку 2.10. програма – `NONE` метод – `DRILL_METHOD`, використайте інструмент – `DRILLING TOOL D6.5`, який вже створено, і геометричну групу – `WORKPIECE`. Натисніть `ОК`, щоб операція зберіглася і була видна в навігаторові операцій.

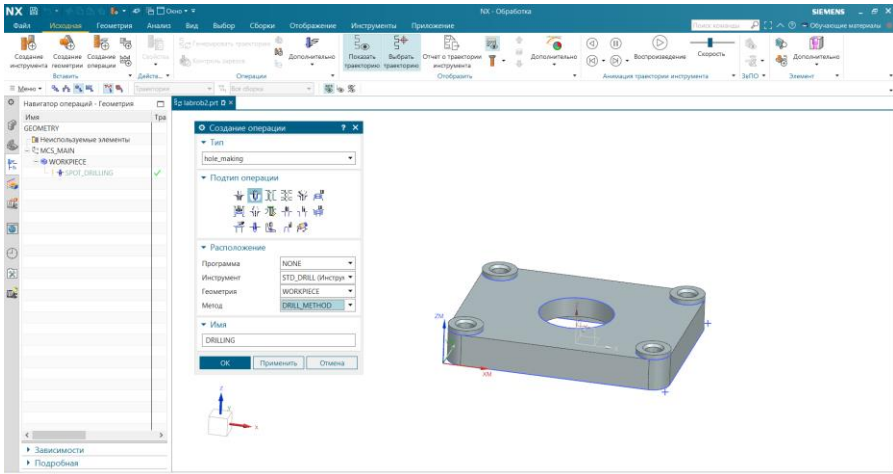
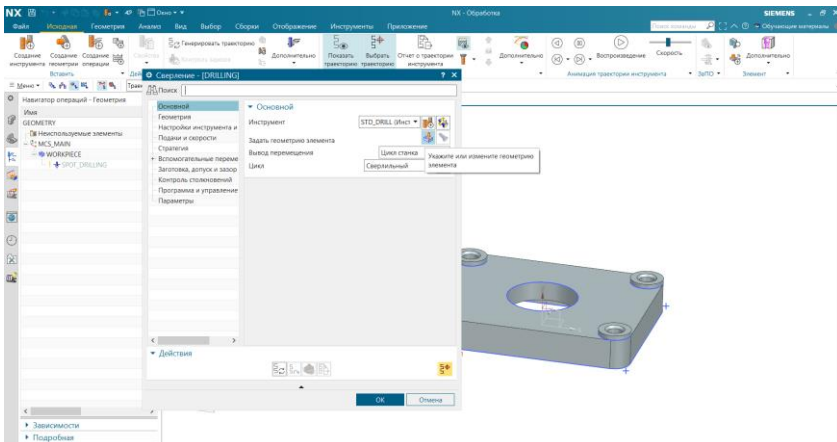


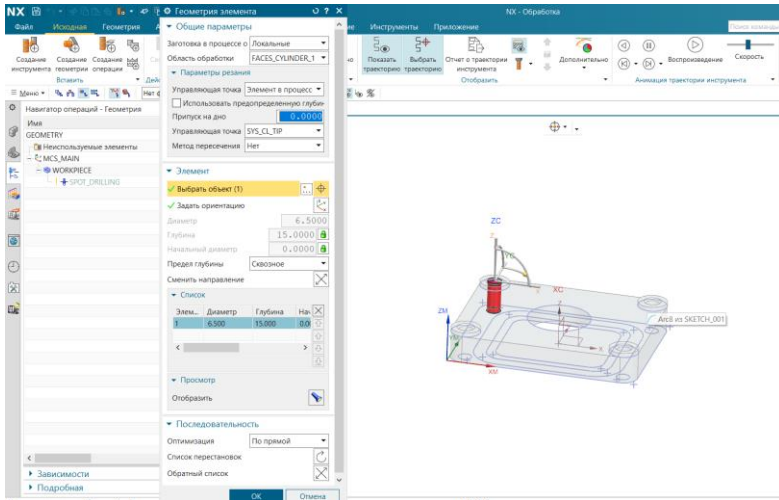
Рисунок 2.17 – Диалоговое окно «Создание операции»

В группе параметров «Основной» присутствуют новые геометричные объекты. В цьому діалоговому вікні обов'язково необхідно «Задати геометрию элемента» (рис. 2.18).



## Рисунок 2.18 – Параметри операції свердління отворів

Виконайте команду задати отвори «Задати геометрию элемента». З'явиться нове діалогове вікно (рис. 2.19).



## Рисунок 2.19 – Вікно завдання геометрії отворів

В діалоговому вікні виконайте команду «Выбрать объект» і вкажіть ребро отвору, натисніть ОК – отвіри буде відмічені. Згенеруйте операцію (рис. 2.20).

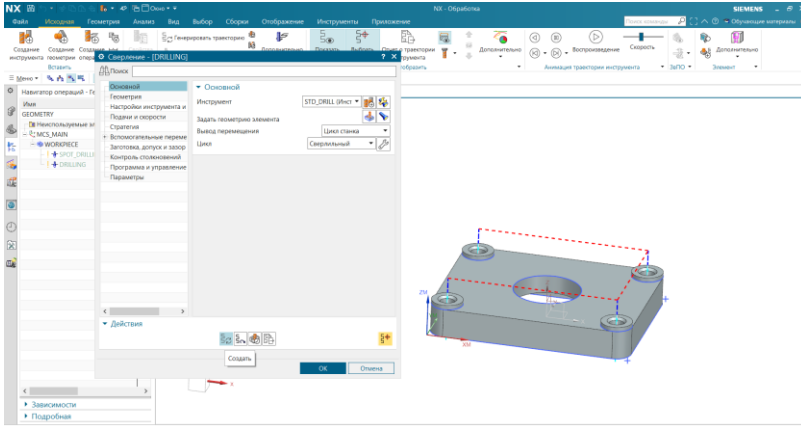


Рисунок 2.20 – Траекторія інструмента

Візуалізація траекторії з інструментом в нижній точці показана на рис. 2.21.

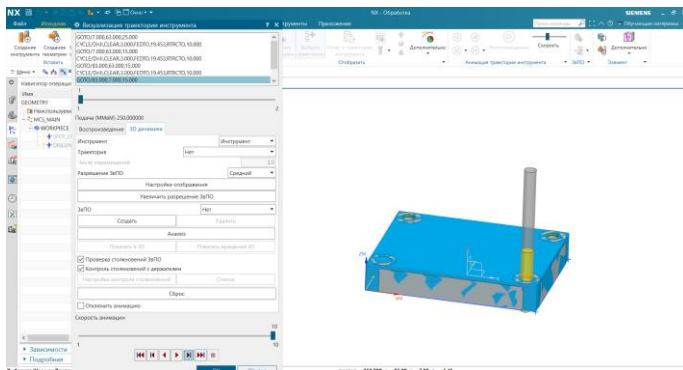


Рисунок 2.21 – Візуалізація траекторії руху інструменту

11) Змінемо ряд параметрів діалогового вікна операції свердління. Перейдемо в вкладку «Стратегія».

Змінимо «Верхние смещение» – врізання інструменту на 5мм (рис. 2.22).

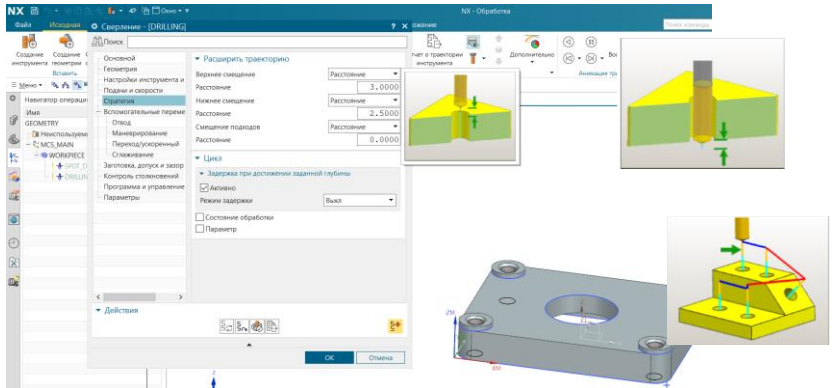


Рисунок 2.22 – Вкладка «Стратегия»

Змінимо «Смещение проходів» – відстань від точки маркування отвору до точки початку свердління ввєрх по осі інструменту на 5мм.

Змінимо «Нижнее смещение» – відстань, на яку здійснюється перебіг інструменту при свердлінні наскрізних отворів на 5мм.

Згенеруйте операцію.

- 12) Обробка фаски на отворах. Для цього створимо геометричну групу отворів: «Создание геометрии» – holl boss geom (рис. 2.23).

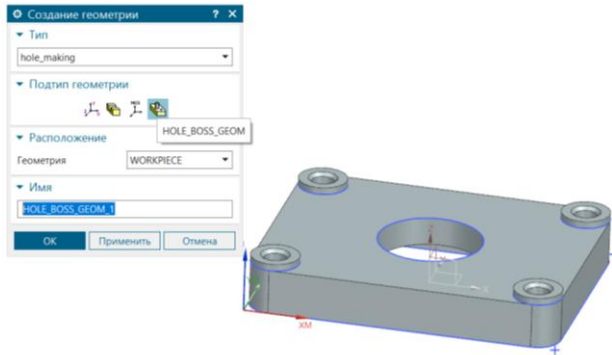


Рисунок 2.23 – Вкладка hole boss geom

Вказуємо геометрію – «WORKPIECE». Далі треба обрати чотири отвори. Буде створена нова робоча геометрія в складі тільки чотирьох отворів – Hole boss geom рис. 2.24.

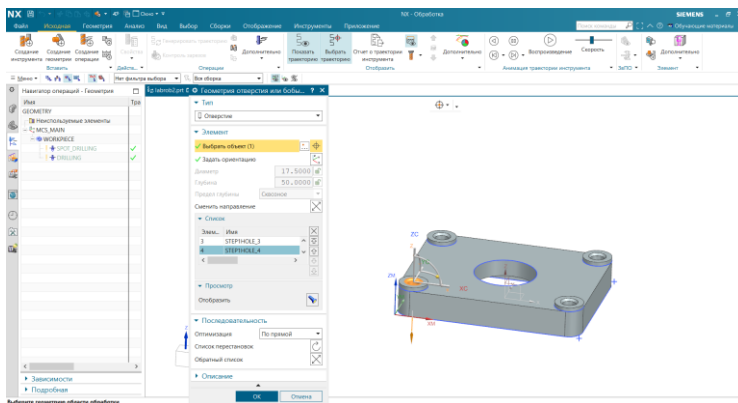


Рисунок 2.24 – Створення Hole boss geom

13) Задайте різальний інструмент, використовуючи

команду «Создать инструмент» (рис. 2.25). З'явиться діалогове вікно (рис. 2.26). Інструменти згруповані по типах. Тип hole making нас влаштує. Підтип вказуємо counter sick. В якості місця розташування вкажіть GENERIC\_MACHINE, задайте ім'я counter sick D12. Натисніть ОК.

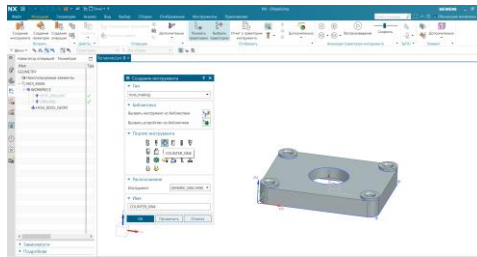


Рисунок 2.25 – Діалогове вікно «Создание инструмента»

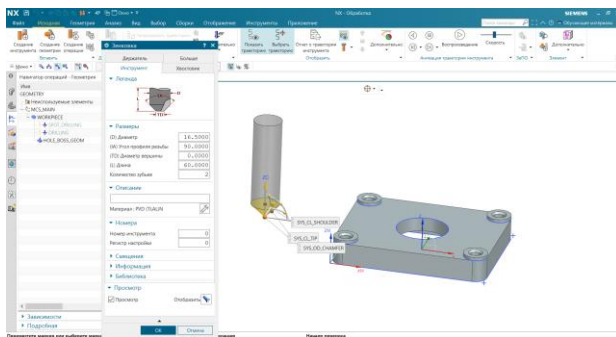


Рисунок 2.26 – Діалогове вікно «Инструмент»

Задайте діаметр 12 мм. Інші параметри залишимо за умовчанням.

14) Виконайте команду «Создание операции».

З'явиться діалогове вікно (рис. 2.27).

Перемкніть тип на `hole_making` і виберіть другу команду – це операція `COUNTERSICKING`. У групі параметрів «Размещение» вказуються батьківські об'єкти для цієї. Вкажіть ці об'єкти, як на рисунку 2.27. програма – `NONE`, метод – `COUNTERSICK METHOD`, використайте інструмент – `COUNTER SICKD6.5`, який вже створено, і геометричну групу – `Hole boss geom`. Натисніть `OK`, щоб операція збереглася і була видна в навігаторові операцій.

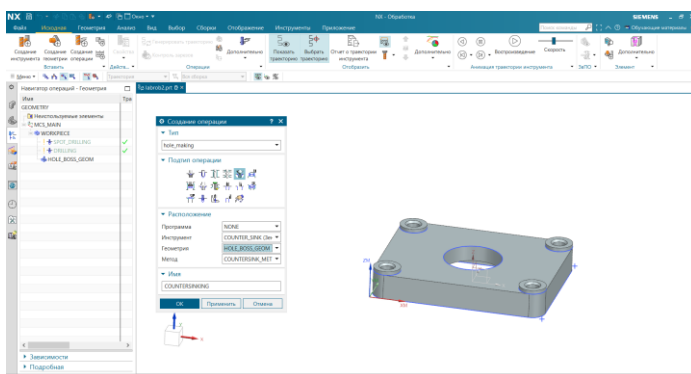
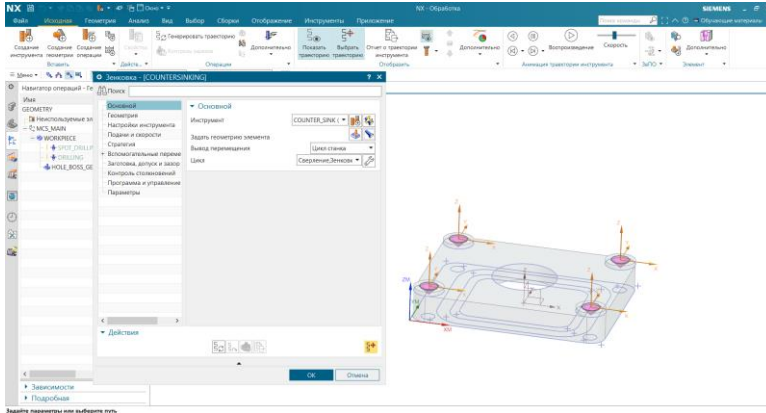
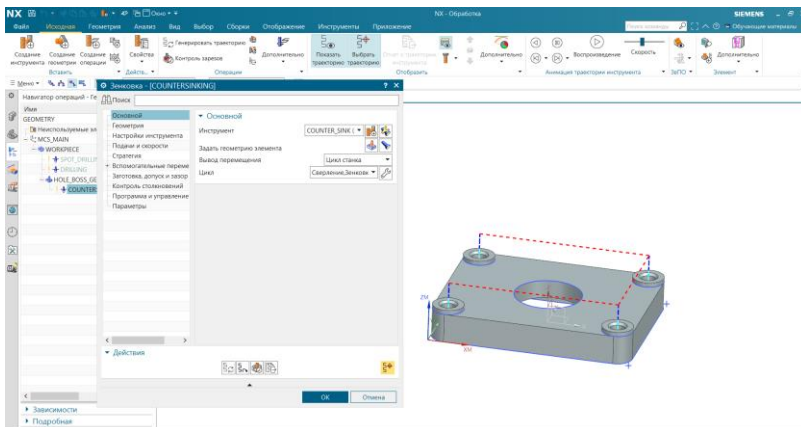


Рисунок 2.27 – Діалогове вікно «Создание операции»

В групі параметрів «Основной» не треба «Задати геометрию элемента» вона згенерувалася автоматично (рис. 2.28).



Згенеруйте операцію. Траєкторія інструмента зображена на рис. 2.29.



Візуалізація траєкторії з інструментом показана на рис.

2.30.

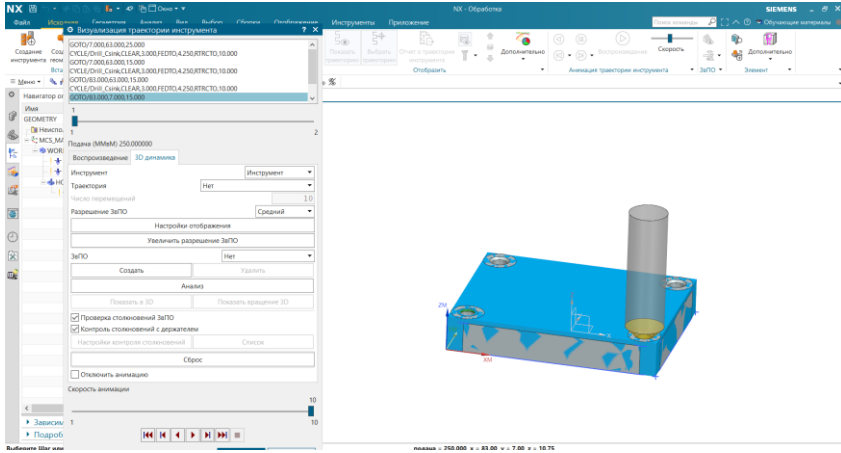


Рисунок 2.30 – Візуалізація траєкторії руху інструменту

15) Створимо операцію фрезерування отвору. Фрезерування отворів дозволяє зменшити потребу в мірному інструменті, що особливо актуально для більшості отворів. Однією операцією фрезерування отворів можна оброблювати отвори різного діаметру і глибини.

16) Задайте різальний інструмент, використовуючи команду «Создать инструмент» (рис. 2.31). З'явиться діалогове вікно (рис. 2.32). Інструменти згруповані по типах. Тип hole making нас влаштує. Підтип вказуємо mill. В якості місця розташування вкажіть GENERIC\_MACHINE, задайте ім'я mill D10. Натисніть

OK.

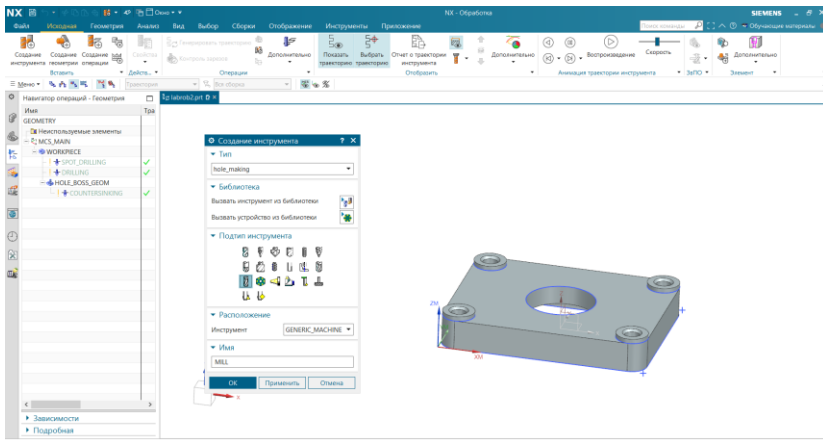


Рисунок 2.31 – Діалогове вікно «Создание инструмента»

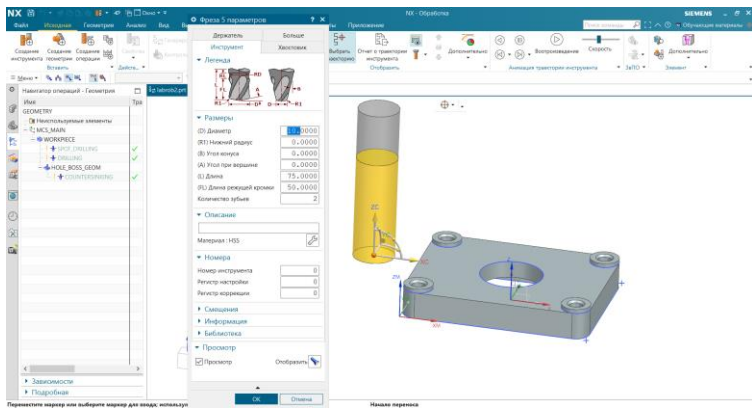


Рисунок 2.32 – Діалогове вікно «Инструмент»

Задайте діаметр 10 мм. Інші параметри залишимо за умовчанням.

17) Виконайте команду «Создание операции». З'явиться діалогове вікно (рис. 2.33).

Перемкніть тип на hole\_making і виберіть 12 команду – це операція HOLE MILLING. У групі параметрів Розташування вказуються батьківські об'єкти для цієї операції. Вкажіть ці об'єкти, як на рисунку 2.3. програма – NONE, метод – BOSS MILL METHOD, використайте інструмент – MILLD10, який вже створено, і геометричну групу – WORKPIECE. Натисніть ОК, щоб операція зберіглася і була видна в навігаторові операцій.

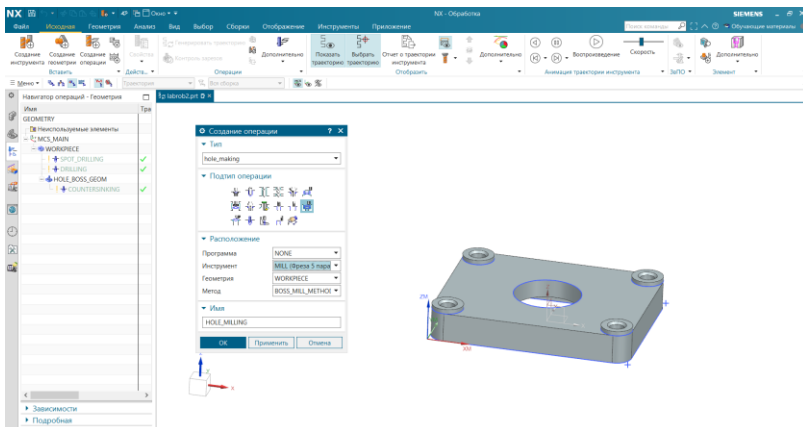


Рисунок 2.33 – Діалогове вікно «Создать операция»

В групі параметрів «Основной» не треба «Задати геометрию элемента» – центральний отвір (рис. 2.34).

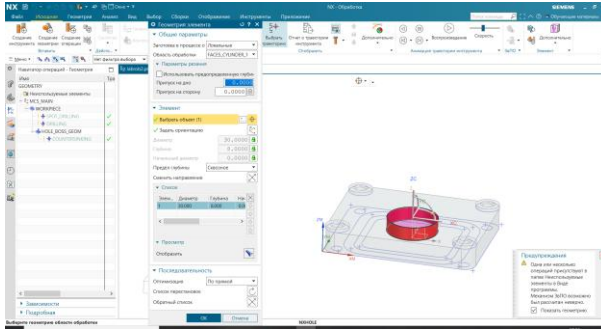


Рисунок 2.34 – Параметри операції свердління отворів  
Згенеруйте операцію. Траекторія інструмента зображена  
на рис. 2.35.

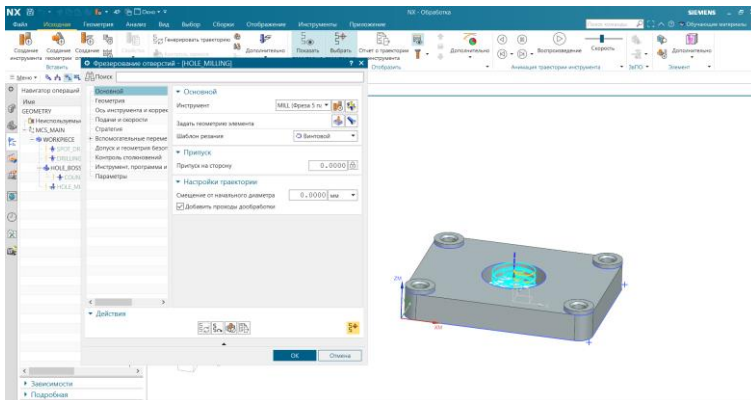


Рисунок 2.35 – Траекторія інструмента  
Візуалізація траекторії з інструментом показана на рис.  
2.36.

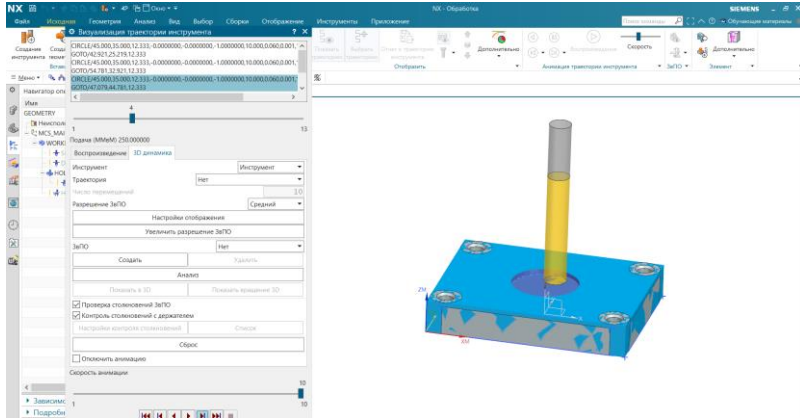


Рисунок 2.36 – Візуалізація траєкторії руху інструмента

### Оформлення звіту:

- найменування роботи (титульний аркуш, с другого аркуша: тема, мета, забезпечення);
- перелік виконаних робіт згідно порядку виконання з принтскрином екрану;
- письмова відповідь на контрольні запитання.

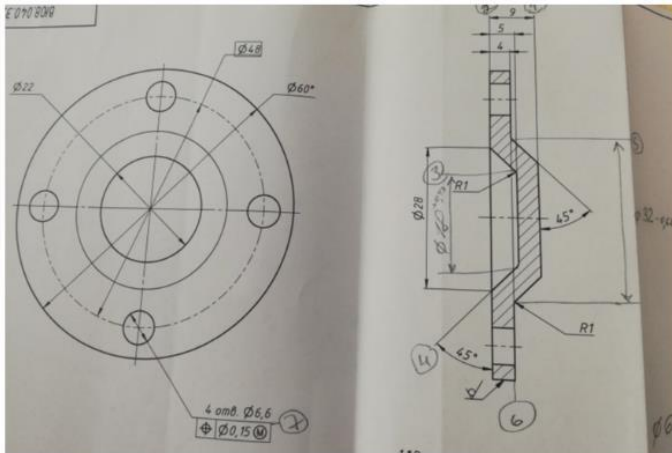
### Контрольні питання

- 1) Як розробити операції свердління отворів?
- 2) Як створити геометричні групи отворів для операцій обробки отворів?
- 3) Як створити операції фрезерування отворів?

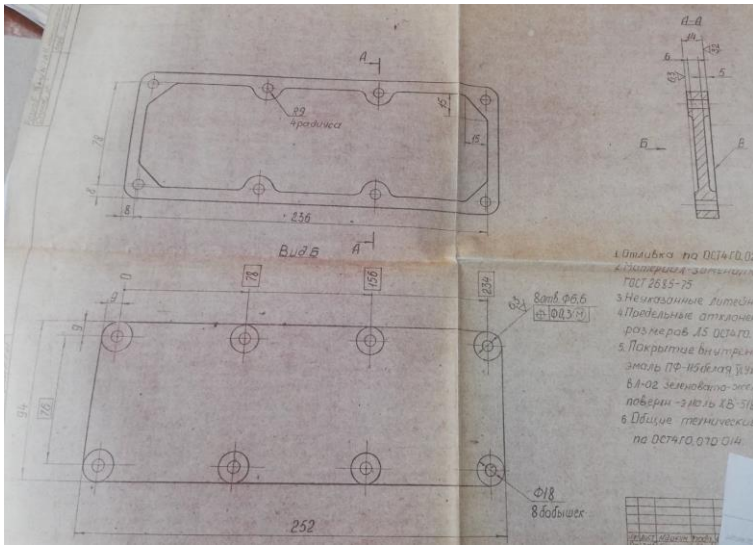
### Варіанти до лабораторної роботи:

1. Варіант завдання брати за списком в журналі, номер в журналі 11 – це варіант 1, номер 12 – це варіант 2 і так далі.
2. Не зважаючи на креслення вам треба виконати чотири переходи обробки: центрування отворів, свердління отворів, зенкерування фаски та фрезерування центрального отвору.
3. Якщо на кресленні не має в отворах фасок намалювати їх розміром  $2 \times 45^\circ$ . Якщо немає центрального великого отвору, намалюйте наскрізний отвір по середині деталі діаметром 20...30 мм.

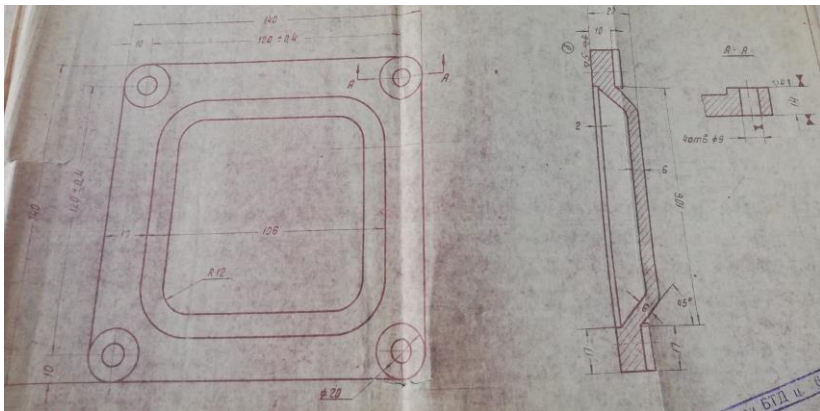
### Варіант 1



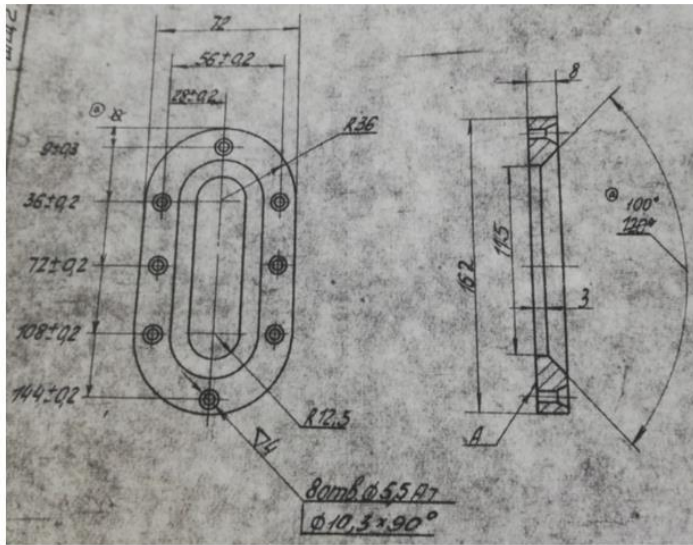
## Вариант 2



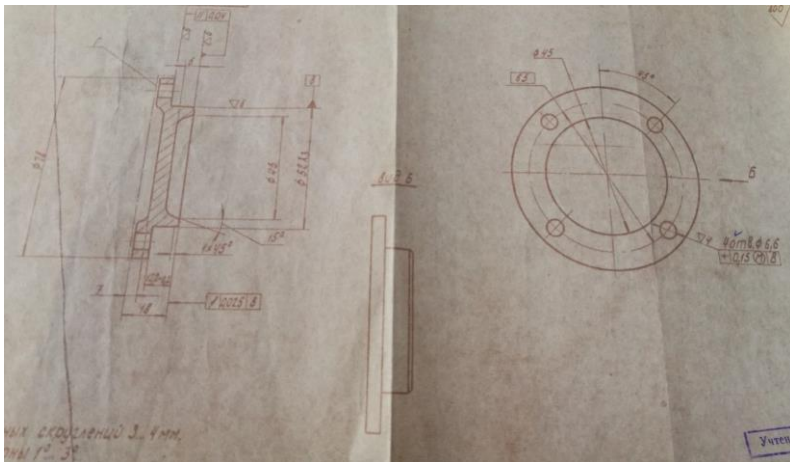
## Вариант 3



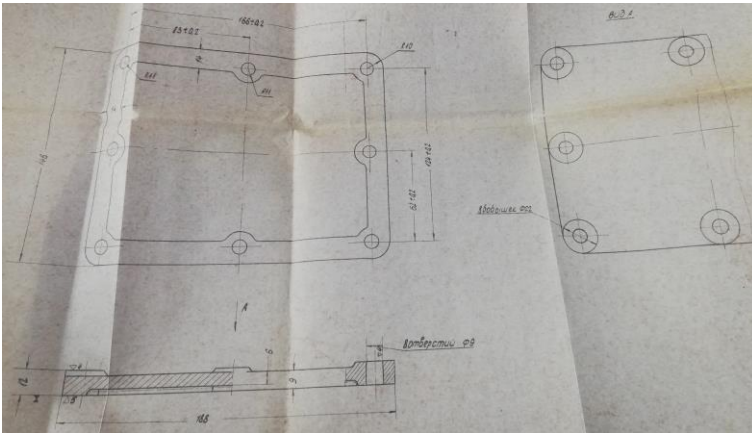
Вариант 4



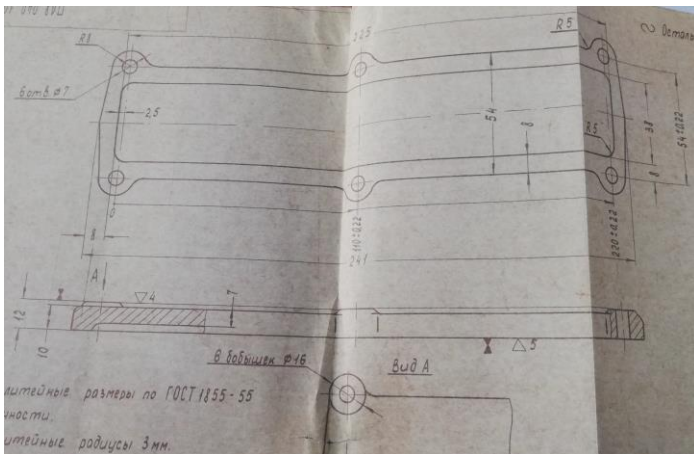
Вариант 5



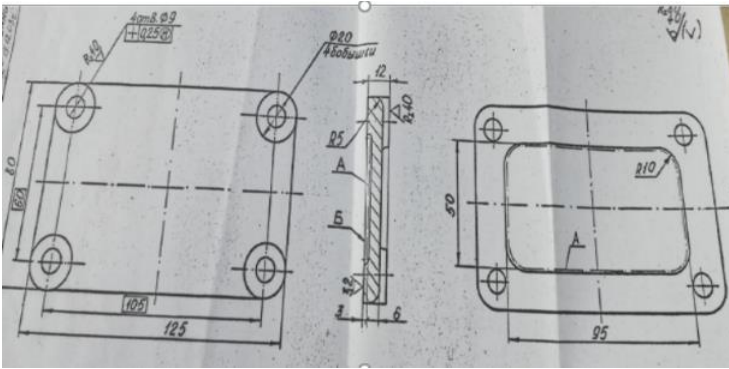
## Вариант 6



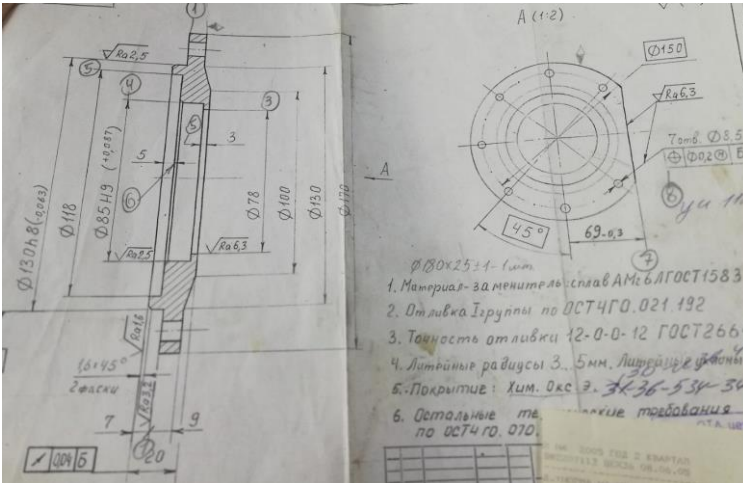
## Вариант 7



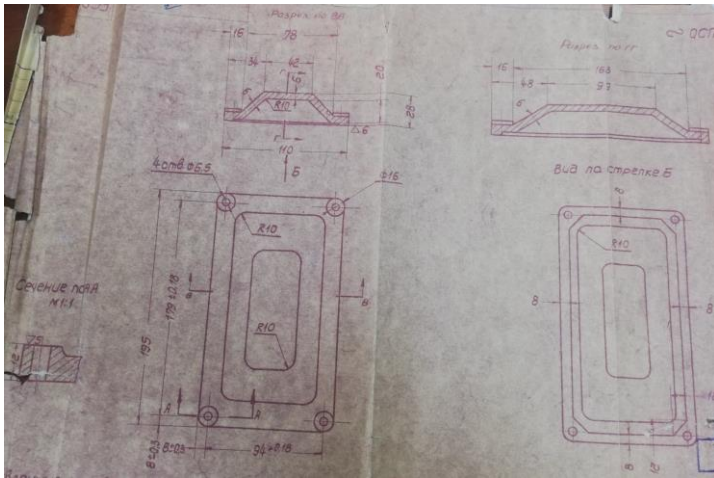
Вариант 8



Вариант 9



Вариант 10



## Лабораторна робота №5

**Тема:** Операції 3-осьового фрезерування – обробка по Z-рівням

**Мета роботи:** Ознайомитись з основними елементами обробки по Z-рівням. Навчитися розробці операції обробка по Z-рівням

**Матеріально-технічне забезпечення:** ЕВМ, програмне забезпечення NX CAM.

### 3.1 Загальні положення і відомості

Цей тип операції широко використовується при обробці оснащення. Поверхні штампів і пресформ зазвичай не мають вертикальних поверхонь, що обумовлено необхідністю витягання виробу в процесі штампування або литва; вони мають ухил. Робота по Z-рівням переважна з точки зору різання при обробці похилих поверхонь. Операція дозволяє автоматично розділити поверхні на похилі і непохилі (також можна сказати "круті і пологі") і застосовується зазвичай для похилих поверхонь. Найчастіше ці операції є напівчистовими і чистовими.

Команди операції ZLEVEL\_PROFILE знаходяться в групі mill\_contour;

1 - ZLEVEL\_PROFILE - базова операція обробки по Z-рівням;

2 - ZLEVEL\_CORNER - модифікація базової операції з налаштуваннями по доопрацюванню кутів.

### 3.2 Порядок виконання лабораторної роботи

Відкриваємо модель **labrab3.prt**. Задаємо деталь, заготовку – обмежуючий блок без припуску (крім +Z=1мм). Створюємо шарову фрезу діаметром 16 мм, ім'я – **BALL\_MILL\_D16**, та кінцеву фрезу діаметром 40 мм, ім'я – **MILL\_D40**.

Створіть операцію CAVITY\_MILL. Максимальна відстань різання – 6мм, метод обробки MILL ROUGHT з припуском 1 мм. Згенеруйте траєкторію як на рис. 3.1.

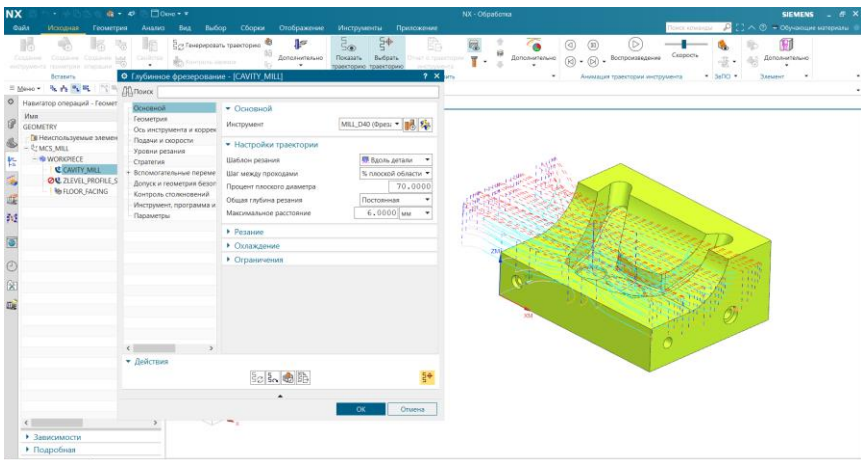


Рисунок 3.1 – Створення операції CAVITY\_MILL

Створіть операцію ZLEVEL\_PROFILE **STEEP**, вказавши батьківські групи, як на рис. 3.2. Використовуємо шаровий інструмент: **BALL\_MILL\_D16**, геометрія **-WORKPIECE**.

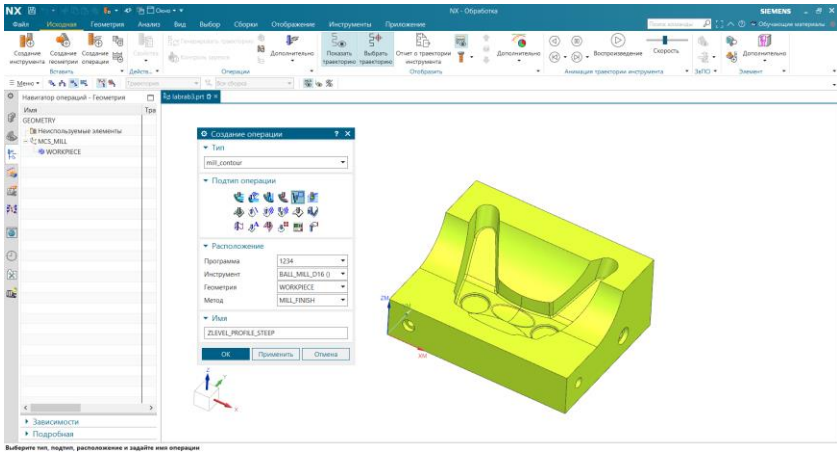


Рисунок 3.2 – Створення операції ZLEVEL\_PROFILE **STEEP**

З'явиться діалогове вікно операції (рис. 3.3). Ця операція багато в чому схожа на операцію CAVITY\_MILL с шаблоном різання Профіль, але має деякі особливості. Як видно з блоку геометрії, ця операція не працює із заготівлею. Шаблон різання не вказаний, оскільки він завжди один - Профіль. Але з'явилися нові параметри: Управління нахилами. Відстань об'єднання і Мінімальна довжина різання.

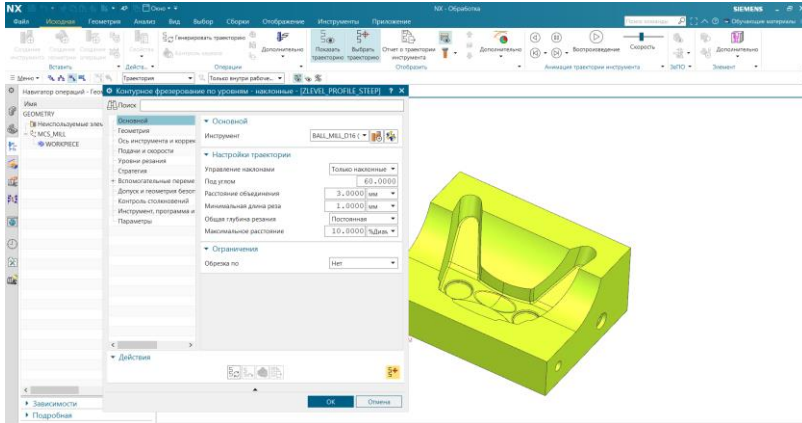


Рисунок 3.3 – Діалогове вікно операції ZLEVEL\_PROFILE  
**STEEP**

Управління нахилами якраз і дозволяє розділити похилі і непохилі ділянки деталі. Якщо значення «Нет» замінити на «Только наклонные», буде показано нове поле для завдання кута нахилу поверхонь (рис. 3.3). Цей кут вимірюється між напрямом осі інструменту (у 3-осовій обробці це вісь Z) і нормаллю до грані в кожній точці; за умовчанням кут дорівнює **60°**. Параметрів Відстань об'єднання і Мінімальна довжина різання дозволяють зменшити фрагментацію проходів траєкторії і устранили непотрібні підйоми і опускання інструменту. «Уровни резания» задаються аналогічно операції CAVITY\_MILL. У Параметрах різання є деякі нові параметри, які розглянемо в процесі освоєння операції.

Геометрична група Область різання у вкладці Геометрія нам

вже знайома. Задайте в ній дві грані поверхні роз'єму, які не є плоскими (вважається хорошим правилом обробляти поверхню роз'єму окремими операціями) як на рис. 3.4.

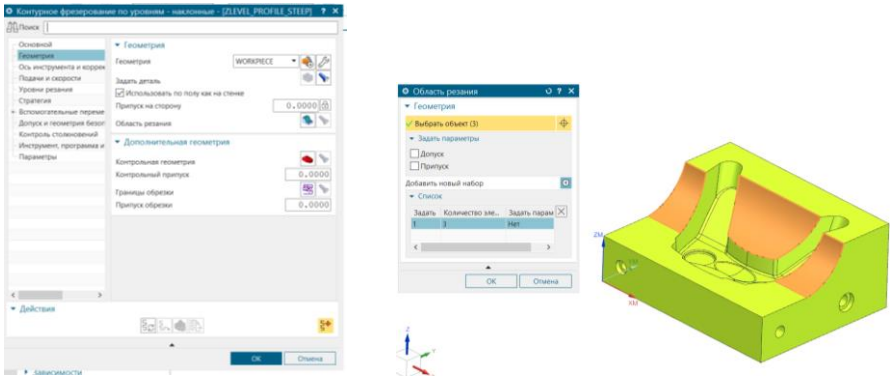


Рисунок 3.4 – Діалогове вікно вкладки Геометрія

Відмініть управління нахилами (**НЕТ**) і задайте крок між рівнями (**максимальна відстань**) рівним 2 мм як на рис. 3.5. Натисніть Генерувати операцію. Результат показаний на рис. 3.6

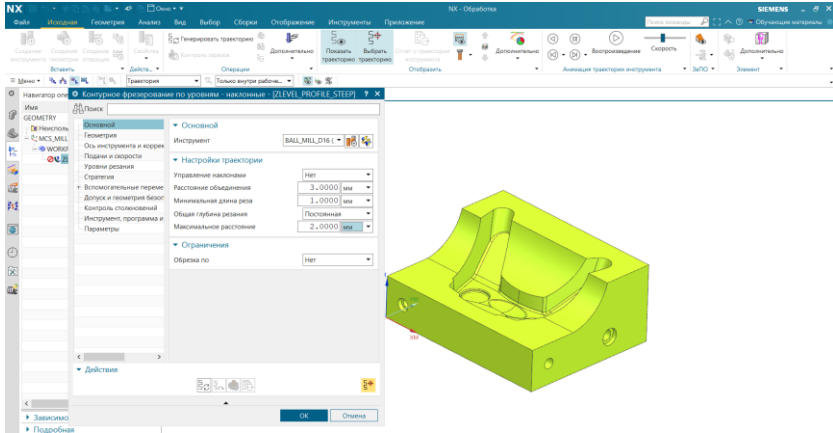
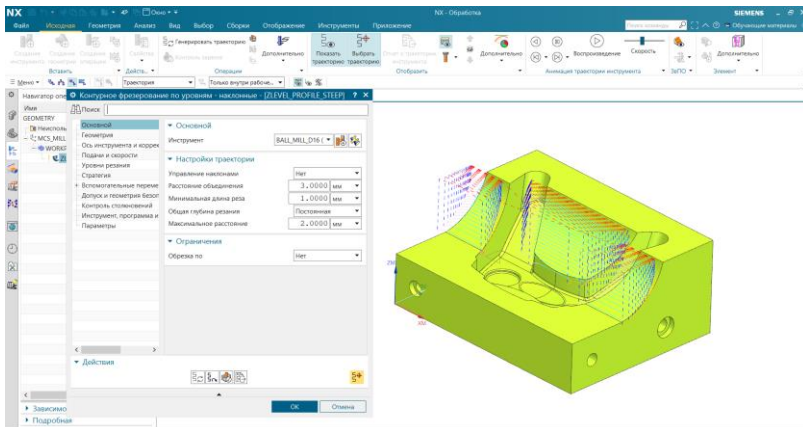


Рисунок 3.5 – Завдання кроку між рівнями

Рисунок 3.6 – Результат виконання операції  
ZLEVEL\_PROFILE

Плоскі ділянки роз'єму обробить самостійно (рис.3.7), використовуючи операцію **mill\_planar - FLOOR\_FACING** і створить для

операції кінцевої фрези діаметром 20 мм. Результат візуалізації роботи усіх операцій показаний на рис. 3.8.

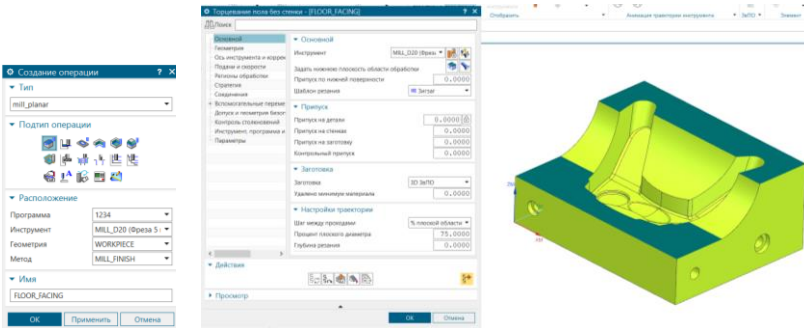
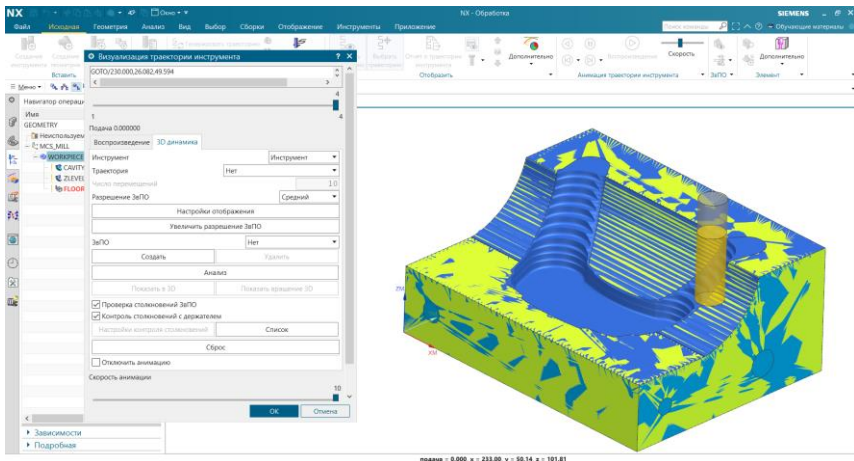


Рисунок 3.7 – Результат візуалізації роботи усіх операцій

Зверніть увагу, що на пологих ділянках роз'єму висота гребінця стає занадто великою. Для обробки таких ділянок служать контурні операції, які будуть розглянуті пізніше.



### Рисунок 3.8 – Результат візуалізації роботи трьох операцій

Тепер обробимо усі грані порожнини. Зробіть копію операції ZLEVEL\_PROFILE і перевизначите в ній групу Область різання, оберіть внутрішню порожнину (104 поверхні) як на рис. 3.9. Згенеруйте операцію і виконаєте верифікацію рис. 3.10.

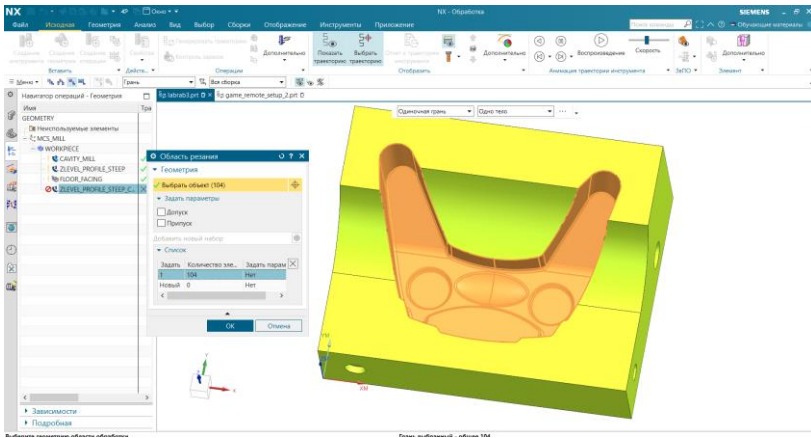


Рисунок 3.9 – Перевизначення області різання

Зверніть увагу, що плоскі ділянки порожнини не оброблені. Можна знову застосувати до них операцію FLOOR\_FACING, але якщо ці ділянки невеликі за розміром, то простіше обробити їх тією ж кульовою фрезою, що і похилі ділянки. Вважаємо, що вони у нас невеликі.

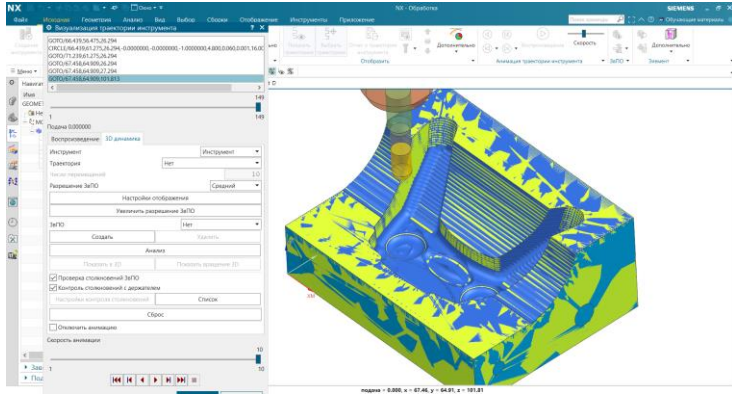


Рисунок 3.10 – Верифікація траєкторії

Операція ZLEVEL PROFILE для таких випадків має спеціальний прапорець Різання між рівнями, який знаходиться в «Стратегія» - между уровнями -резание между уровнями (рис. 3.11). Якщо він встановлений, то різання триває на пологих і плоских ділянках з використанням шаблону Зміщення по поверхні. Крок цього зміщення може відрізнитися від кроку між рівнями. За умовчанням ці кроки рівні.

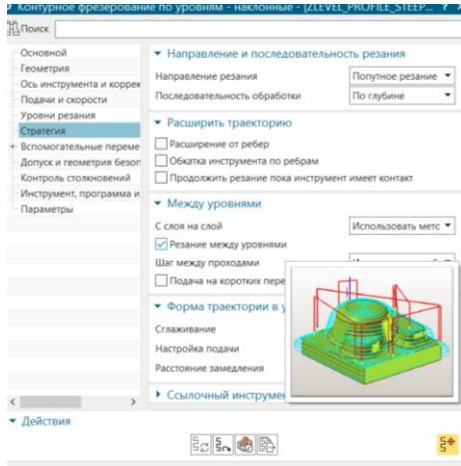


Рисунок 3.11 – Завдання параметру «Резание между уровнями»

Встановите прапорець і згенеруйте операцію знову. Результат показаний на рис. 3.12.

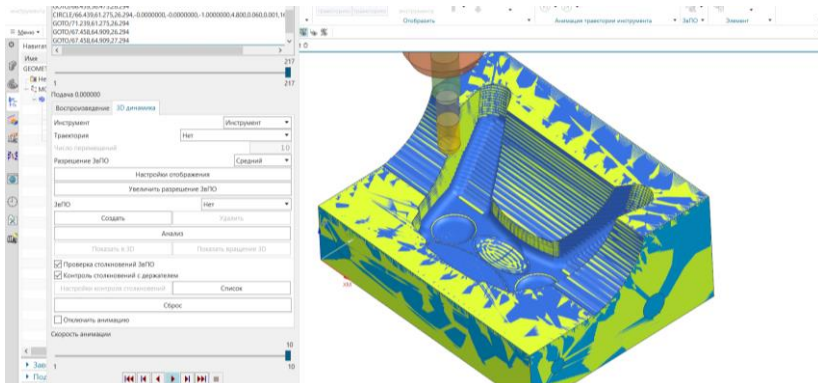


Рисунок 3.12 – Виконання параметру «Резание между уровнями»

У групі параметрів «**Стратегія**» - «**напрвление и последовательность резания**» є інші параметри, специфічні для цієї операції. Розглянемо їх. Напрямок різання можливий не тільки попутний або зустрічне (як в операції CAVITY\_MILL), але і змішане (рис. 3.13). Це дозволяє мінімізувати холості рухи інструменту (і у ряді випадків це допустимо, якщо припуск на обробку невеликий, що характерно для чистових операцій).

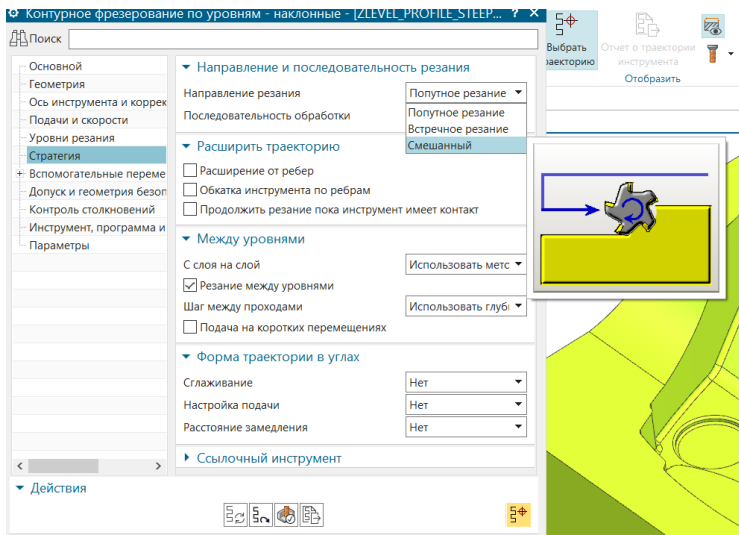


Рисунок 3.13 – Вибір напрямку різання

Прапорець «**стратегія**» «**Продовжити різання доки інструмент має контакт**» корисний, якщо на виробі існують піднутрення

або вирізи. Зверніть увагу, що ця операція не обробляє піднутрення. Встановлений прапорець додає проходи по повітрю, але мінімізує переривання різання і зменшує фрагментацію робочих ходів (рис. 3.14).

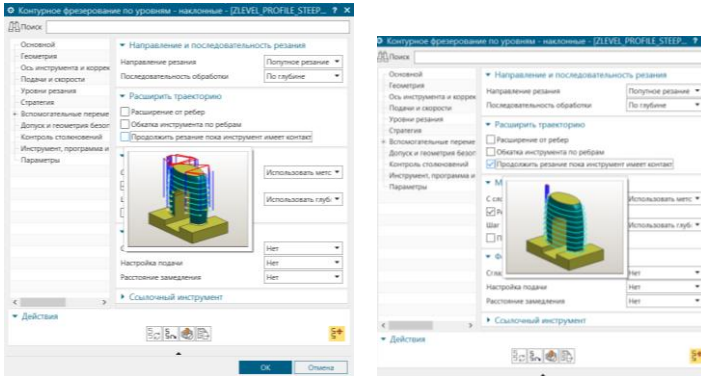


Рисунок 3.14 – Завдання параметру «Продолжить резание пока инструмент имеет контакт»

Прапорець **«Стратегія»** - «Обкатка инструмента по ребрам» подовжує робочі ходи так, щоб інструмент обкатував кромку (рис. 3.15). Він корисний, якщо така кромка більше не оброблятиметься іншою операцією.

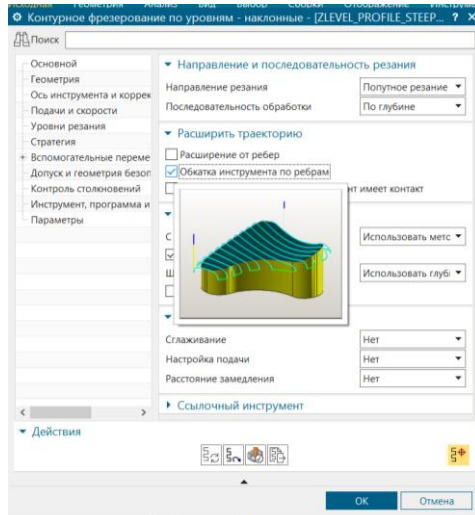


Рисунок 3.15 – Завдання параметру «Обкатка инструмента по ребрам»

Переходи між рівнями можливі 4 типів (рис. 3.16, 3.17): Використовувати метод переходу, По оброблюваній геометрії, Занурення в деталь, Зміщене занурення в деталь. Два останні типи переходу характерні для високошвидкісної обробки, оскільки згладжують гострі кути траєкторії.

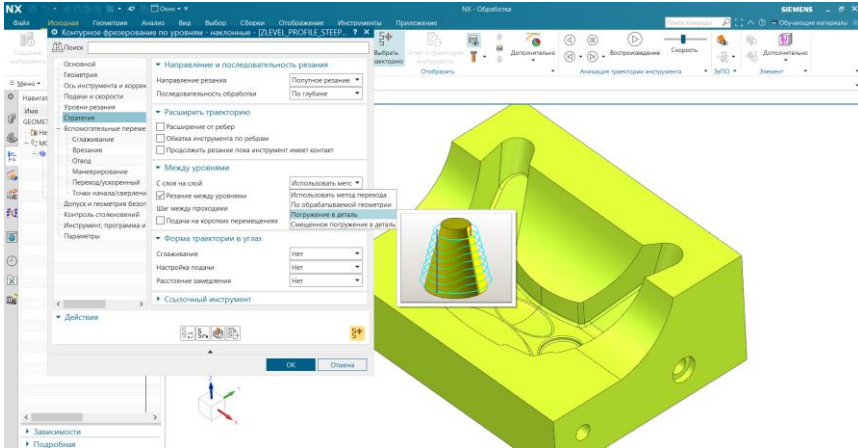


Рисунок 3.16 – Види переходів між рівнями «Погружение в деталь»

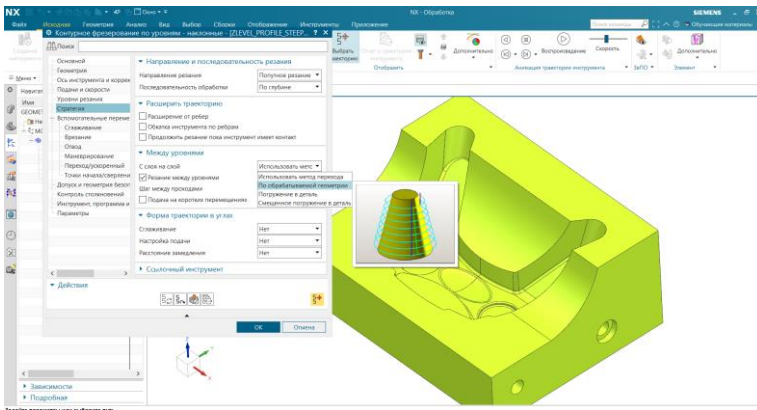


Рисунок 3.17 – Види переходів між рівнями «По об'єкту геометрії»

Параметр Обрізка по (вкладка Основной - Ограничения) дозволяє виключити проходи зовні силуетних ліній (рис. 3.18, 3.19).

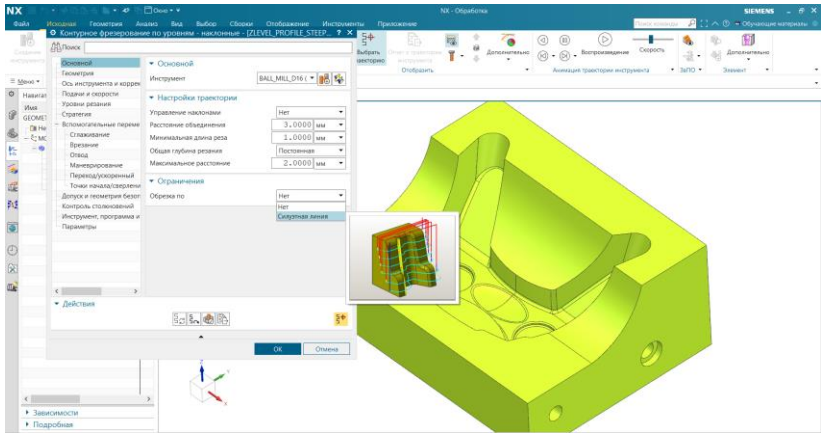


Рисунок 3.18 – Завдання параметру «Обрезка по»

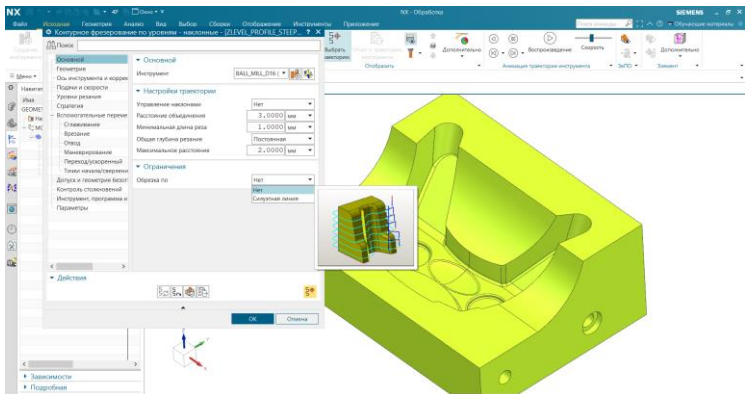


Рисунок 3.19 – Варіант виконання параметру «Обрезка по»

### 3.2 Оформити звіт, який має складатися з:

- найменування роботи;
- переліку виконаних робіт;

- принтскринів екрану, що отримали під час виконання лабораторної роботи.

- відповісти письмово на контрольні запитання.

### **3.3 Контрольні питання**

- 1) Що таке 3-осьове фрезерування – обробка по Z-рівням?
- 2) Параметри 3 осьового фрезерування – обробка по Z-рівням.
- 3) Додаткові параметри 3 осьового фрезерування – обробка по Z-рівням.

## Лабораторна робота №6

**Тема:** Операції 2.5-осьового фрезерування – обробка граней

**Мета:** Ознайомлення з основними елементами інтерфейсу модуля NX CAM. Навчитися розробці 2.5-осьове фрезерування - обробка граней

**Матеріально-технічне забезпечення:** ЕВМ, програмне забезпечення NXCAM.

### 6.1 Загальні положення і відомості

Цей тип операції широко використовується на призматичних деталях для обробки плоских граней моделі. Інструмент в цій операції завжди розташовується перпендикулярно грані. Зазвичай ці операції є чистовими.

Деталь є призматичною і може бути повністю оброблена з використанням тільки одного типу операцій FACE MILLING. Попутно навчимося працювати з геометричними об'єктами, які не вимагається обробляти (в даному випадку це прихвати).

Команди операції FACE\_MILLING знаходяться в групі mill\_planar (рис. 5.1) :

1 - FACE\_MILLING\_AREA - обробка граней, заданих областю різання;

2 - FACE\_MILLING - обробка граней, заданих з використанням меж;

3 - FACE\_MILUNG\_MANUAL - обробка граней з можливістю завдання різних шаблонів різання для різних граней.

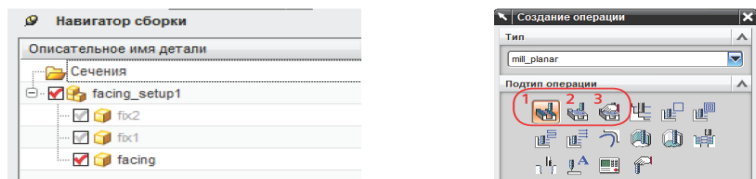


Рисунок 6.1 – команды операции FACE\_MILLING

## 6.2 Порядок выполнения лабораторной работы

Створіть згідно свого варіанту 3D-моделі деталі та прижиму. Запустіть модуль обробки для моделі деталі та додайте до неї два прижими аналогічно прикладу (рис. 6.1). Створіть інструмент – фрезу кінцеву діаметром 10мм, визначте деталь і заготовку у вигляді обмежуючого блоку припуск тільки по верхній грані 2мм. Контрольну геометрію не задаємо.

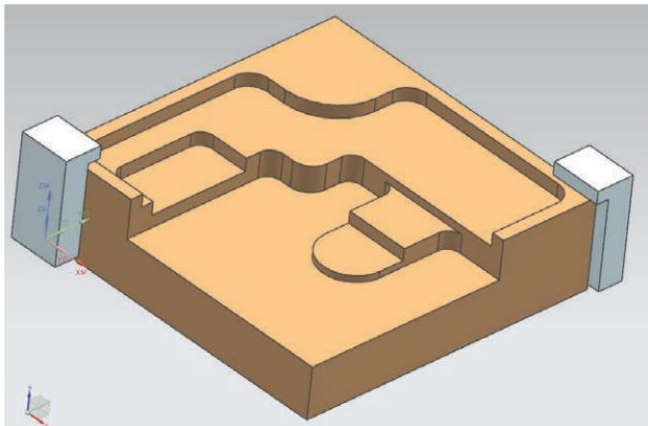


Рисунок 6.1 – Прихвати в NXCAM

Відкрийте навігатор збирання. Вимкніть відображення прихватів (рис. 6.3).

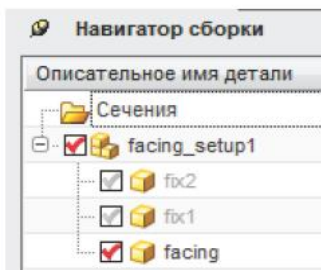


Рисунок 6.2 – Діалогове вікно «Навігатор збиранки»

Створіть операцію FLOOR\_WALL - програма – NONE, інструмент - MILL\_D10, геометрія - WORKPIECE, метод - MILL\_FINISH (рис. 6.3)

З'явиться діалогове вікно завдання операції (рис. 5.4). Деталь, заготовка, контрольна геометрія задана у батьківській групі, про що свідчить ліхтарик біля команди завдання деталі (1). Новими є команди Задати область різання (2) і Задати геометрію стінок (3).

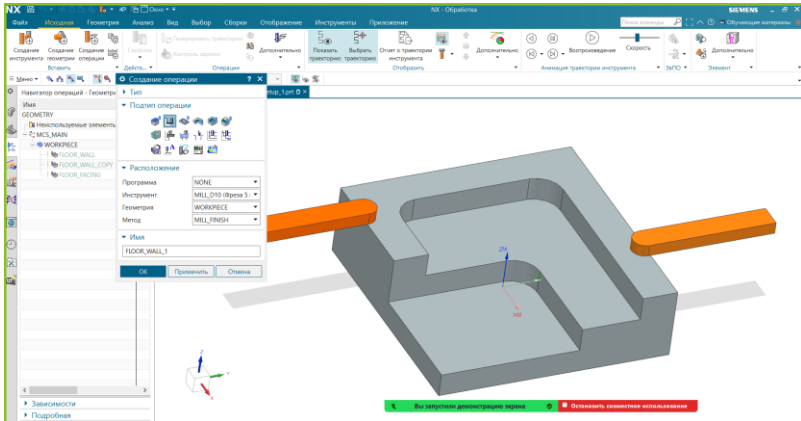


Рисунок 5.3 – Створення операції

У цій операції область різання - обов'язковий елемент, **задайте середню площину заниження. Галочка на стінки автоматично.**

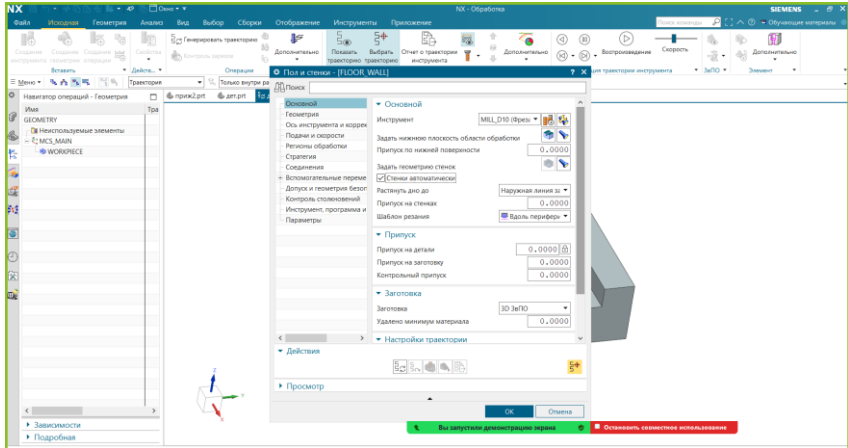


Рисунок 6.4 – Створення операції

Натисніть на команду завдання області різання (2) і вкажіть грань, як на рис. 6.5.

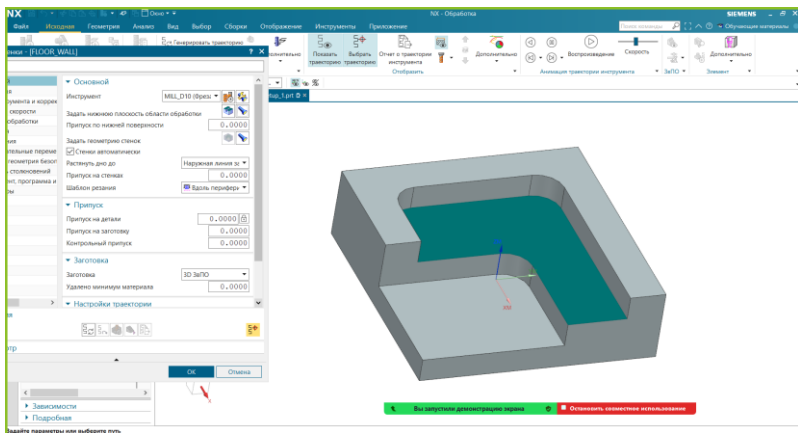


Рисунок 6.5 – Діалогове вікно завдання області різання

Натисніть ОК, після чого в основному діалоговому вікні натисніть Генерувати. Траєкторія буде створена. Змініте шаблон різання на Уздовж деталі і знову натисніть Генерувати (рис. 6.6).

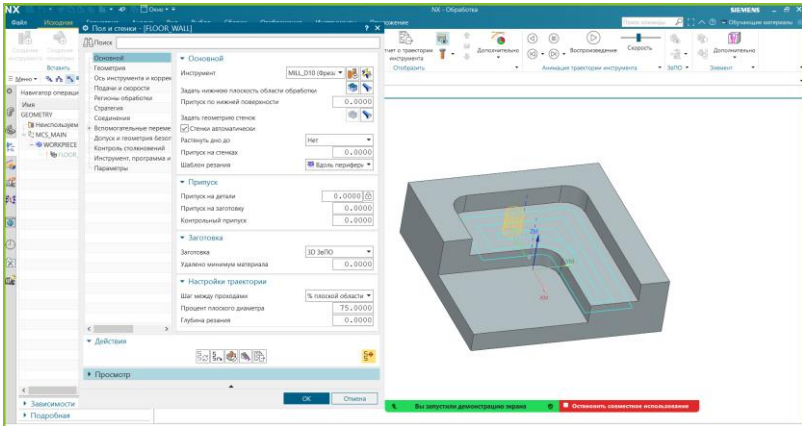


Рисунок 6.6 – Результат

Задайте значення глибини різання 2 мм, в результаті будуть створені 5 проходів. Шаблон різання – вздовж деталі. Згенеруйте операцію. Результат показаний на рис. 6.7.

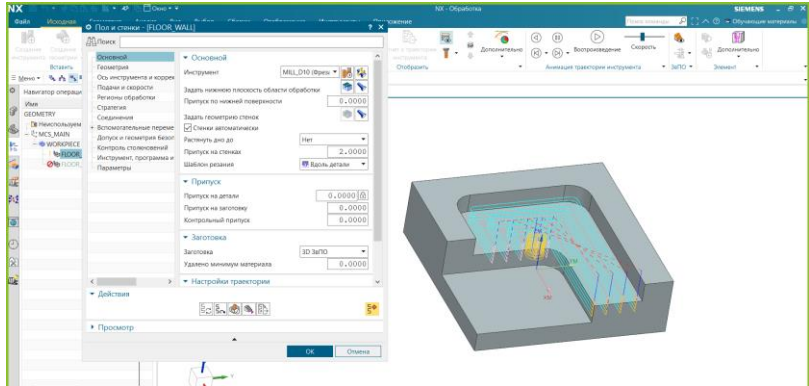


Рисунок 6.7 - Результат виконання команди "Генерувати"

Якщо чорнової операції не було, то проходи корисно розширити до габаритів деталі. Такий параметр є в вкладці Основной: Розширити дно до зовнішніх ліній заготовки натисніть ОК і Генерувати. Результат показаний на рис. 6.8.

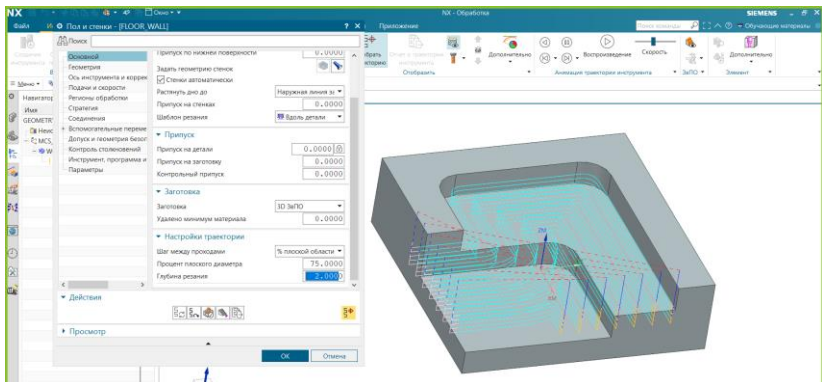


Рисунок 6.8 - Результат виконання команди "Розширити до зовнішніх ліній деталі"

Розглянемо вплив геометричної групи Геометрія стінок.

Якщо бічні грані вказати в геометрії стінок, для них використовуватиметься параметр Припуск на стінках. Для стінок, які не задані на відповідній геометрії, система використовує параметр Припуск на деталі. Крім того, завдання геометрії стінок дозволяє обійти за профілем вибрані грані, виключивши з обробки інші.

Зайдіть в Параметри різання і на вкладці Припуск задайте Припуск на стінках 2 мм (рис. 5.12), Припуск по нижній поверхні (дну) залиште рівним 0. Натисніть ОК. Регенеруйте операцію.

Скопіюйте операцію і вставте. Задайте шаблон різання Профіль, припуск по стінках – 0мм. Регенеруйте операцію (рис. 6.9)

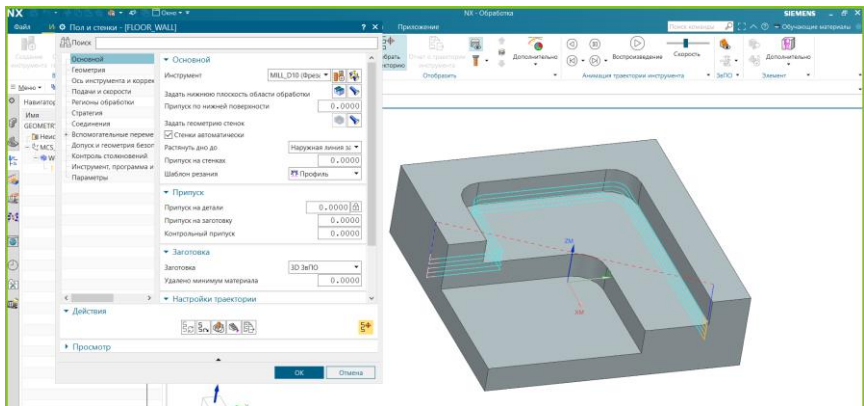


Рисунок 6.9 – Результат

Тепер зніміть прапорець Стінки автоматично і виконаєте ко-

манду Задати геометрію стінок. З'явиться діалогове вікно за-  
вдання геометрії стінок (рис. 6.10). Можна задавати стінки вру-  
чну, а можна скористатися командою Попередній вибір (1). Бу-  
дуть вибрані необхідні грані, які відповідають автоматичному ви-  
бору стінок. Відмінність від автоматичного вибору стінок поля-  
гає в тому, що в цьому режимі можна додати або видалити деякі  
грані в список вибору.

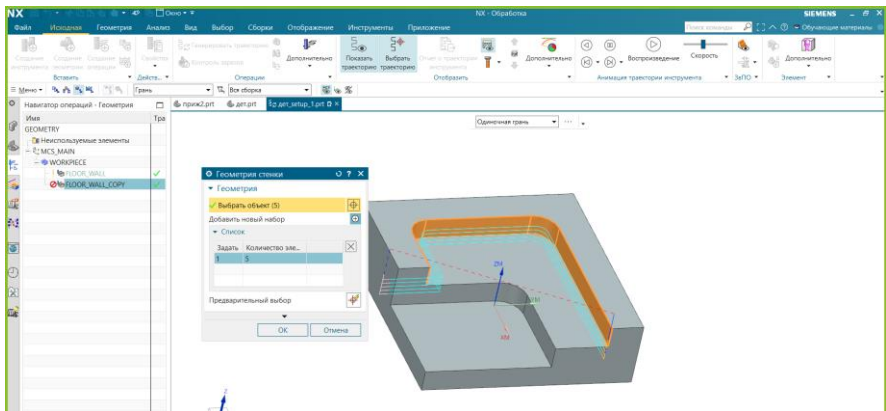


Рисунок 6.10 – Результат

*Для наочності включимо 2Д-отображення інструменту на траєкторії. Це нам допоможе зрозуміти, як операція відпрацьовує припуск на стінках.*

Виберіть команду (параметри-змінити отображення) Змінити відображення в нижній частині діалогового вікна. У діалоговому вікні Опції відображення, що з'явилося, вкажіть Інструмент - 2D

(рис. 6.11). Параметр Частота, рівний 1, задає частоту отрисовки інструменту (1 в кожному кадрі). Натисніть ОК і Генерувати в основному діалоговому вікні операції.

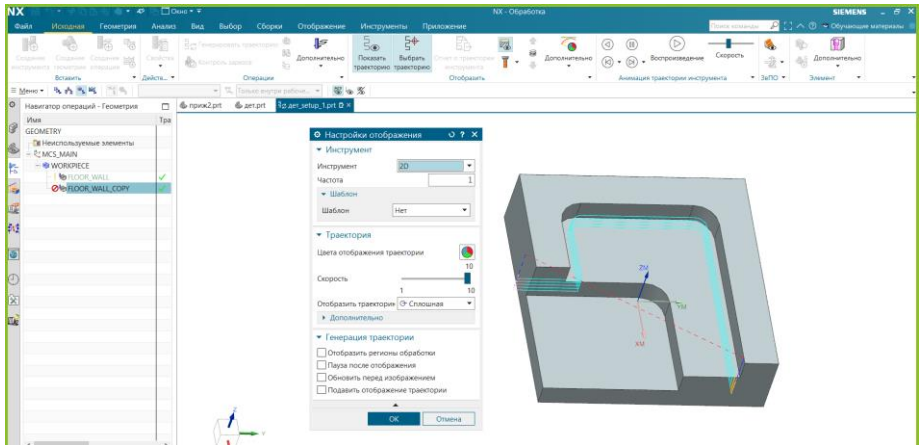


Рисунок 6.11 – Результат

Результат показаний на рис. 6.12. Зверніть увагу, що на тій грані, яка не входить в список геометрії стінок, не врахований припуск 2 мм і інструмент торкається грані стінки

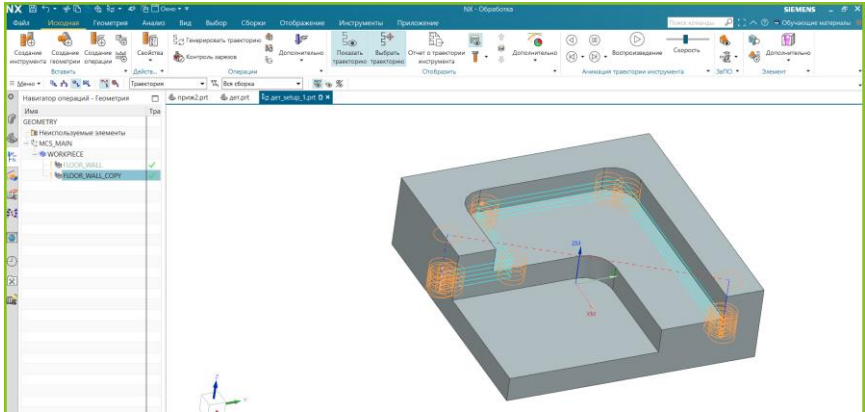


Рисунок 6.12 – Результат виконання команди "Изменить отображение"

Натисніть ОК, щоб операція збереглася в проєкті і була видна в навігаторі операцій.

### Контрольна геометрія

Геометрична група Контрольна геометрія служить для задання геометричних об'єктів, які не треба обробляти, але необхідно враховувати в траєкторії. Зазвичай слід забезпечити відсутність зіткнень інструменту з контрольною геометрією. Контрольна геометрія може бути різного типу, в цій операції йдеться про контрольне тіло. У такий спосіб описуються елементи пристосування, в даному випадку - прихвати.

Виконаємо обробку **верхньої грані**. Створіть операція

## FLOOR\_FACING.

Задайте шаблон різання Уздовж периферії. Область різання - верхня грань. Згенеруйте операцію.

Виконана обробка без урахування контрольної геометрії (рис. 6.13).

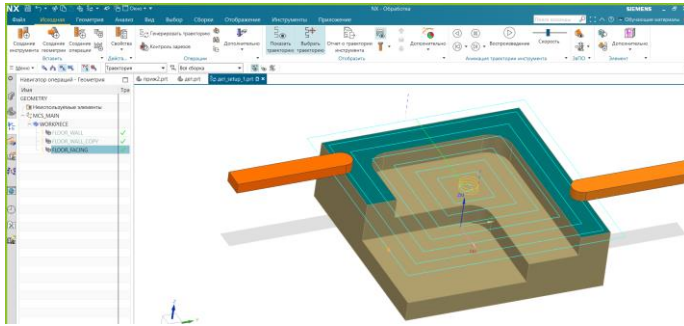


Рисунок 6.13 – Обробка без урахування контрольної геометрії

У навігаторві зборки включите відображення прихватів (це можна зробити, не закриваючи діалогове вікно операції). Виберіть команду **Задайте контрольне тіло у вкладці Геометрія** і виберіть обидва прихвати. Натисніть ОК. Зверніть увагу, що ліхтарик біля контрольної геометрії активний, тобто вона задана і може підсвічуватися. Включати і відключати відображення компонентів можна в навігаторві зборки, не закриваючи діалогове вікно операції.

Відмініть розтягування траєкторії во вкладці Регіони обробки

– Розтягнути дно до – **Нет**. Згенеруйте операцію. Тепер траєкторія враховує контрольну геометрію (рис. 6.14).

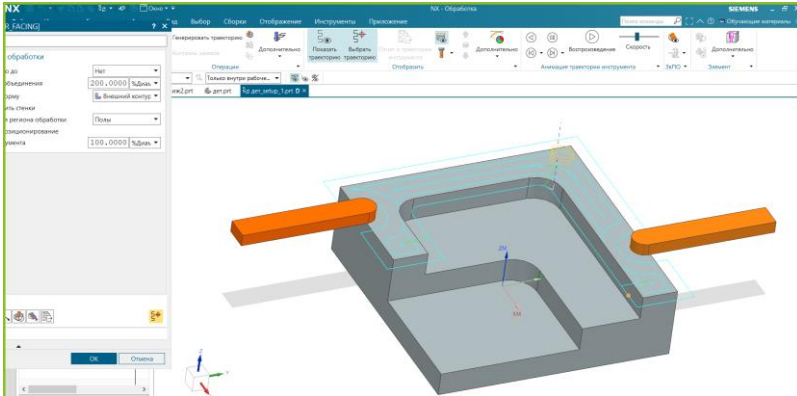


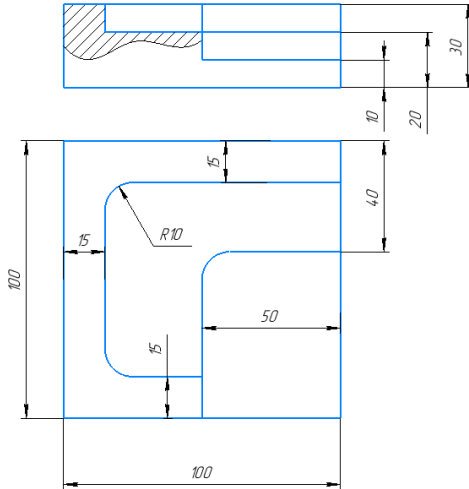
Рисунок 6.15 – Фрезерування з врахуванням контрольної геометрії

### Контрольні питання:

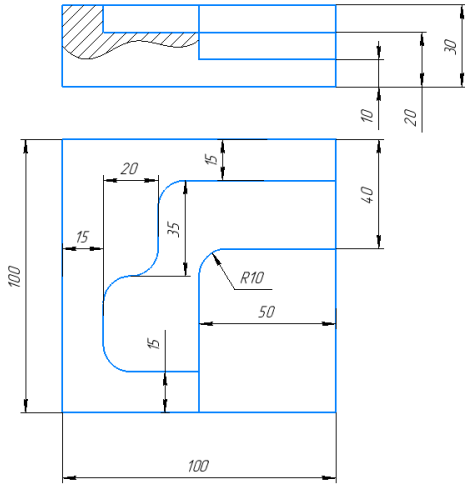
1. Для чого 2,5 осьове фрезерування?
2. Які параметри 2,5 осьового фрезерування необхідно задавати?
3. Як зробити обробку з врахуванням припуску?
4. Для чого використання параметру контрольна геометрія?
5. Яким чином можна виконання обробку піднутрень?
6. Як можна обробити похилі грані?
7. Для чого операція SOLID\_PROFILE\_3D
8. Для чого операція CAVITY\_MILL?

Варіанти завдання:

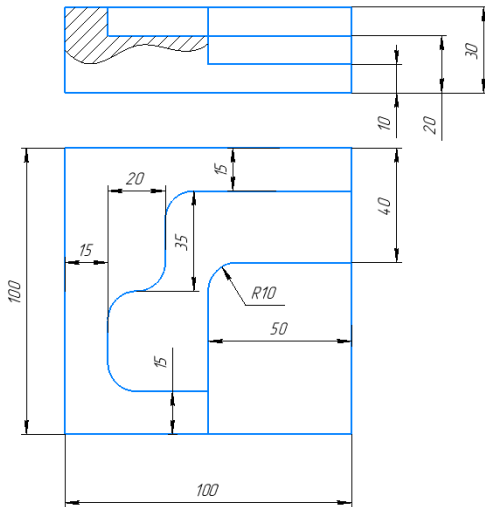
№1



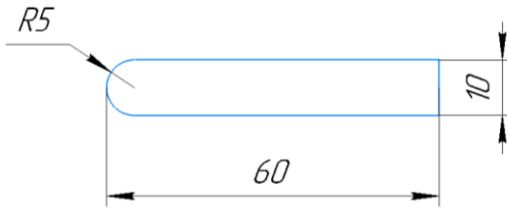
№2



№3



Прижим (висота 5мм)



## Лабораторна робота №7

**Тема:** Операції 3-осьового фрезерування

**Мета:** Ознайомлення з основними елементами інтерфейсу модуля NX CAM. Навчитися розробці 3-осьове фрезерування

**Матеріально-технічне забезпечення:** ЕВМ, програмне забезпечення NXCAM.

### Порядок виконання:

1. Відкрийте приклад **post\_test\_setup\_1 .prt**. У цьому проєкті вже виконана ініціалізація, задана деталь в групі WORKPIECE і створений інструмент.

2. Створіть операцію FLOOR\_FACING. Геометрія - WORKPIECE, програма - NONE, інструмент - MILLL\_D40, метод - MILL FINISH.

3. В діалоговому вікні операції вкладка Основной вкажіть Заготовка – толщина, виконаєте команду – Задайте нижню площину обробки. З'явиться діалогове вікно завдання меж грані (рис. 1), яке дозволяє редагувати наявні межі. Якщо необхідно задати межі наново, то виконаєте команду Виберіть об'єкт рис. 2. Встановіть шаблон – зиг, вкладка Соединение – Тип перемещения – перепозиционирование. Натисніть ОК і Генерувати в основному діалоговому вікні операції. Результат показаний на рис. 3.

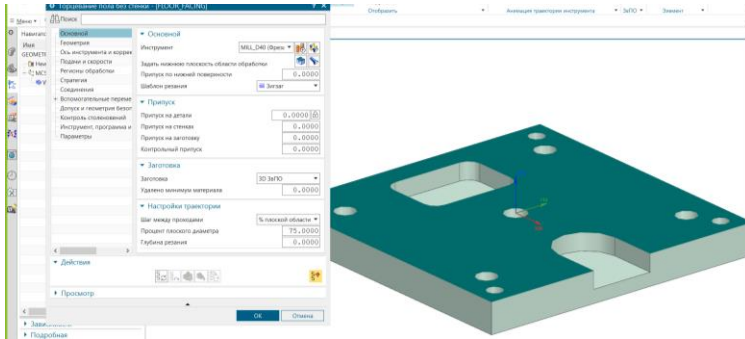


Рисунок 1 – Диалогове вікно «Задание границ грани»

4. Вимкнете параметр Ігнорувати отвори (соединение - тип перемещения – обход – 5мм). Натисніть ОК і Генерувати в основному діалоговому вікні операції. Результат показаний на рис. 4.

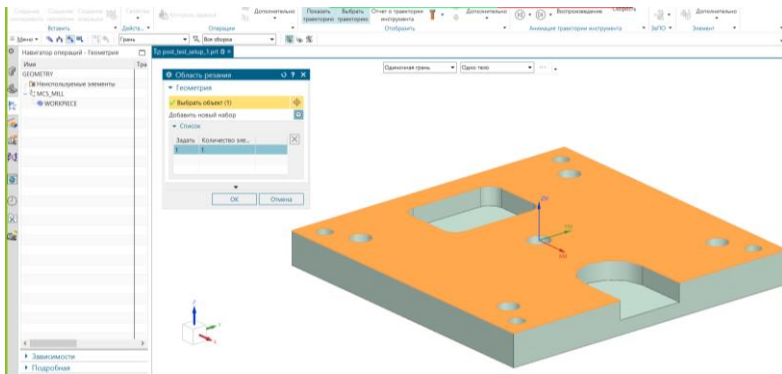


Рисунок 2 – Диалогове вікно для редагування меж граней

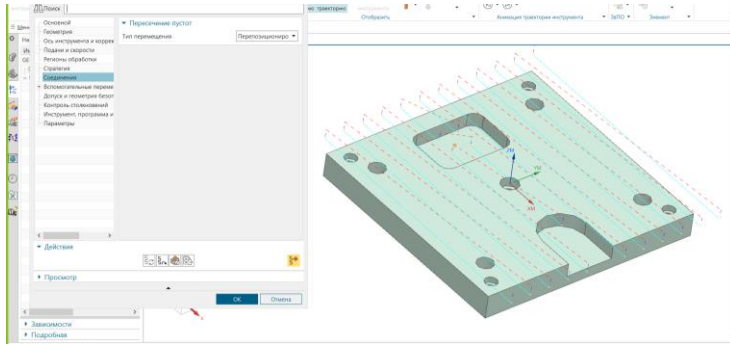


Рисунок 3 – Результат виконання дій

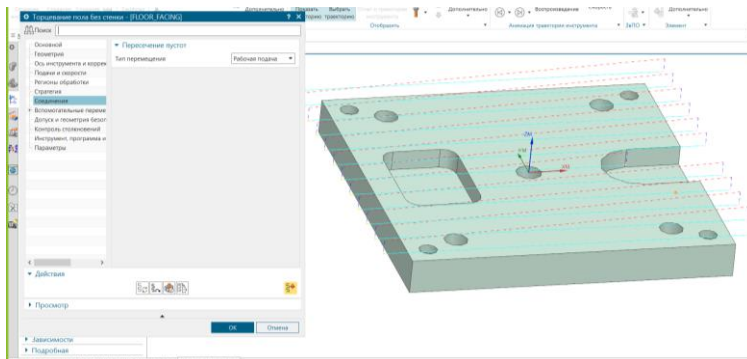


Рисунок 4 – Результат виконання дій

Межі визначаються по ребрах вказаної грані. При цьому усі внутрішні контури вважаються отворами і розпізнаються як окремі межі. Отвори розміром менше діаметру інструменту хоч і утворюють межу, але проходи на них не уриваються. Зверніть увагу, що проходи уриваються тільки над кишенею.

5. Перевизначите межі грані. Включите параметр Ігнорувати отвори (соединения - тип перемещения - рабочая подача). Натисніть ОК і Генерувати в основному діалоговому вікні операції. Результат показаний на рис. 5.

В цьому випадку усі внутрішні контури ігноруються і по грані створюється тільки одна межа. Прохід над пазом укорочений,

оскільки паз не утворює окрему межу. За бажання проходи над пазом також можуть бути продовжені з використанням параметрів різання : Розширити до зовнішніх ліній деталі або Спростити форму (регионы обработки - растянуть дно – контур деталі) (рис. 5).

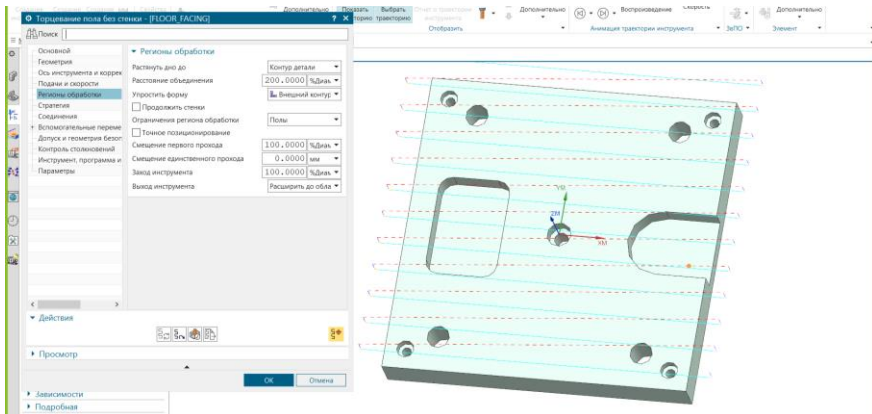


Рисунок 5 – Завдання параметру «Расширить до внешних линий»

6. Вхід на контур. У цьому розділі розберемо ще одну важливу можливість для обробки контуру - зміну точки заходу на контур. Завдання зазвичай актуальне для замкнених контурів. Створіть операцію обробки кишені.

Можна використовувати будь-яку з операцій - POCKETING. Інструмент - MILL\_D20, геометрія WORKPIECE, метод - MILL FINISH, програма - NONE. Шаблон різання - Профіль. Вкладка основний – Заготовка – Товщина – товщина стінок 1мм. Задати нижню площину – дно кишені (рис. 6).

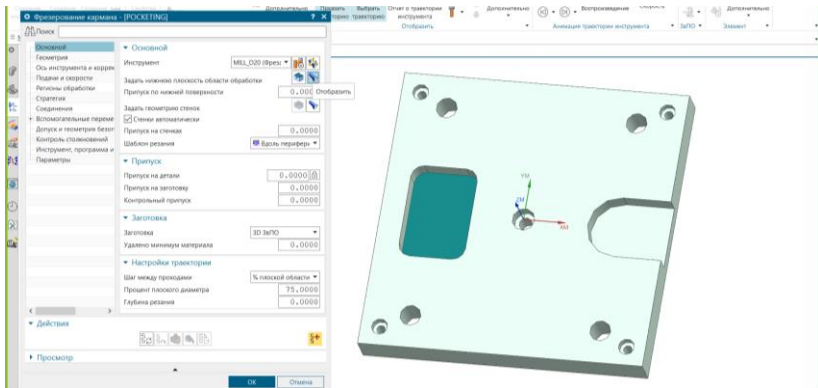


Рисунок 6 – Результат виконання дій

7. У групі параметрів Допоміжні переміщення необхідно задати підведення і відведення по дузі (рис. 7). Оскільки можли-

вість використовувати дугу є тільки у відкритій області, встановите для закритої області Як для відкритої і задайте параметри дуги – радіус 30%. Натисніть ОК і Генерувати операцію. Результат показаний на рис. 7.

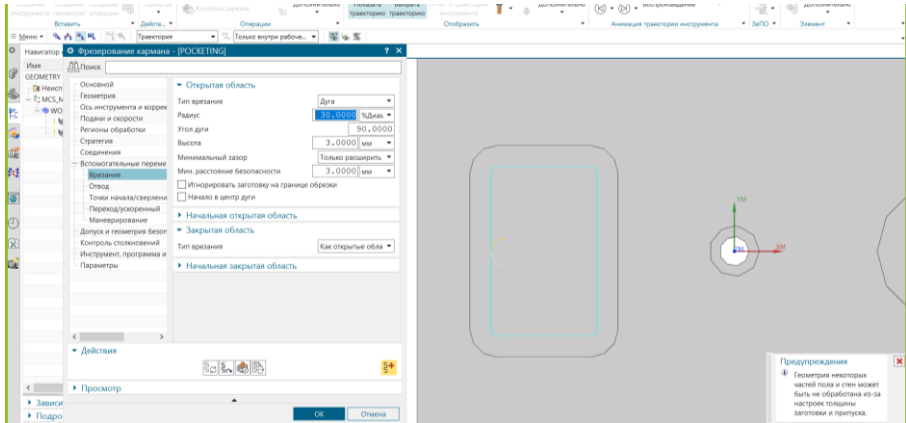


Рисунок 7 – Результат виконання дій у пункті

8. За умовчанням як точка входу вибирається середина щонайдовшої сторони. Для зміни точки входу в групі Допоміжні переміщення (Точки начала) є параметр Початкові точки області. Вкажіть точку, як на рис. 8. Точка прив'язана до ребра, тому не забувайте про опції прив'язки. Натисніть ОК і перегенеруйте траєкторію. Як точка входу на контур буде використана точка, що належить контуру і що є найближчою до вказаної

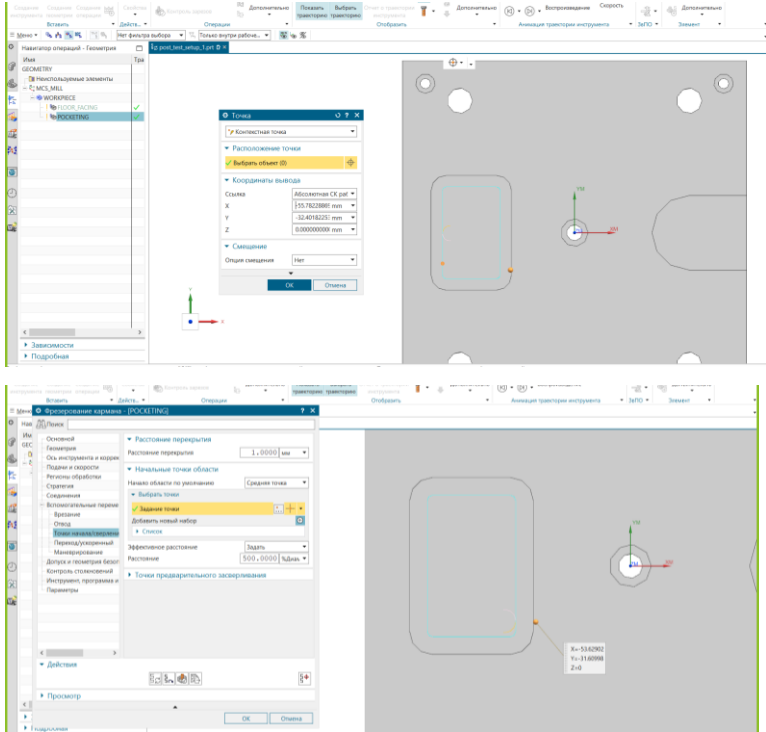


Рисунок 8 – Результат виконання дій

9. Важлива особливість операцій FACE\_MILLING полягає в можливості обробки поднутрених грибковою фрезою. Розглянемо цю можливість. Відкрийте приклад **face\_milling\_undercut\_setup\_1.prt**. У цьому проекті вже виконана ініціалізація, задана деталь в групі WORKPIECE. Треба перевернути деталь на 180° (навігатор сборки, права кнопка миші –

переміщення). Як інструмент задана грибкова (Т-подібна) фреза, її параметри представлені на рис. 8.

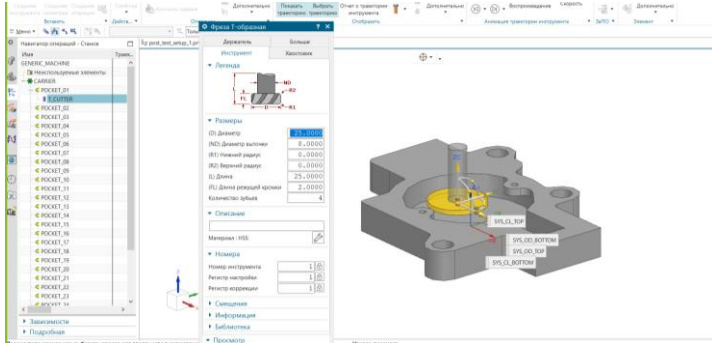


Рисунок 8 – Параметри Т – подібної фрези Обробка поднутрений

10. Створіть операцію POCKETING, інструмент - T\_CUTTER, геометрія -WORKPIECE, метод - MILL FINISH, програма - NONE. Для обробки поднутрений в Параметрах різання вкладка стратегія включите параметр - разрешить поднутрения (рис. 9). Задати нижню площину - обрати дно кармана і згенеруйте операцію. Результат операції показаний на рис. 10.

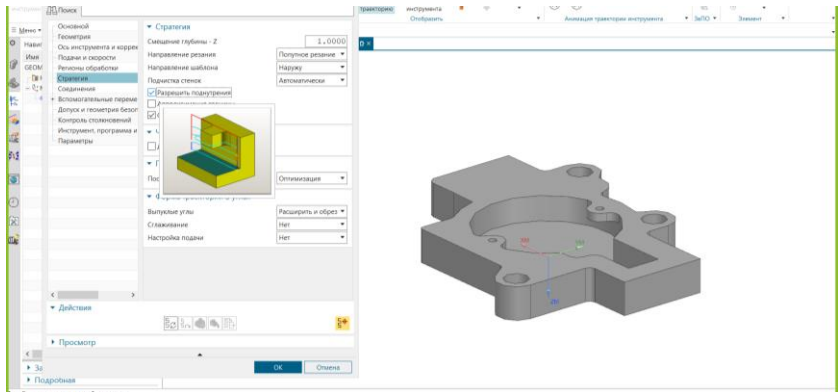
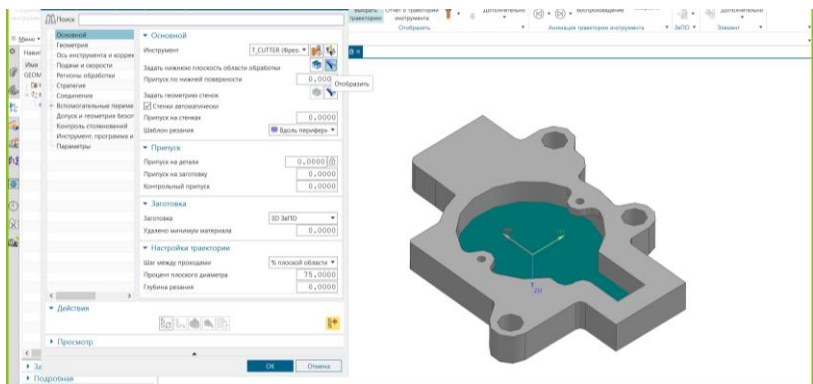


Рисунок 9 – Задания параметру «Обработка поднутрений»



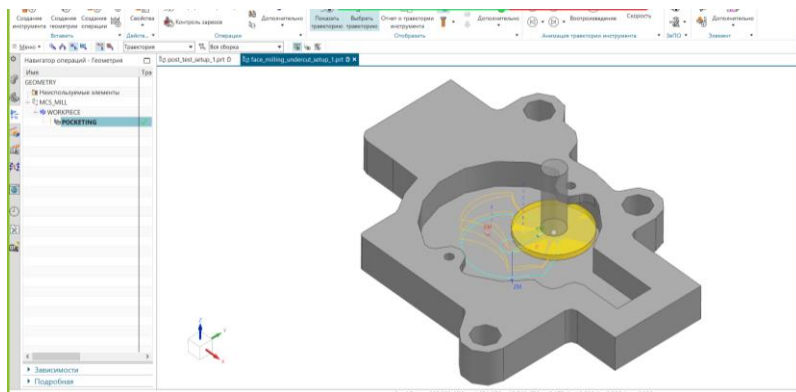


Рисунок 10 – Результат виконання команди «Обработка поднутрений»

11. Обработка похилых граней. Розглянемо ще одну важливу особливість операцій фрезерування граней - можливість обробки похилых граней без створення додаткових систем координат. Попутно проілюструємо дію параметра Ігнорувати фаски при виборі граней. Відкрийте приклад **prihvat1\_setup\_1.prt**. У цьому проєкті вже виконана ініціалізація, задана деталь в групі WORKPIECE.

12. Створіть операцію FLOOR\_FACING, інструмент - MILL\_D20, геометрія - WORKPIECE, метод - MILL FINISH, програма – NONE. Вкладка основной – задать нижнюю плоскость - вкажіть верхню грань. Буде показана розрахункова межа; натисніть ОК і згенеруйте траєкторію. Знову натисніть ОК, щоб зберегти операцію (рис. 11).

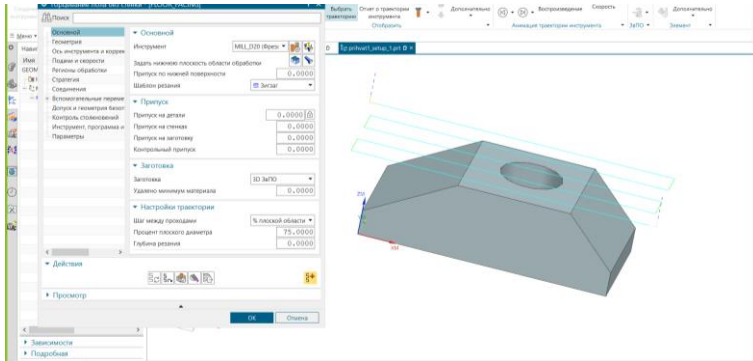


Рисунок 11 – Результат виконання

13. Скопіюйте операцію. Перевизначте грань в новій операції, вказавши похилу грань, і згенеруйте операцію. Інструмент буде встановлений по нормалі до грані, і траєкторія створена (рис. 12). Спеціально задавати орієнтацію інструменту не довелося, оскільки за умовчанням орієнтація інструменту задається Нормально першій грані. Інші значення параметра показані на рис. 13.

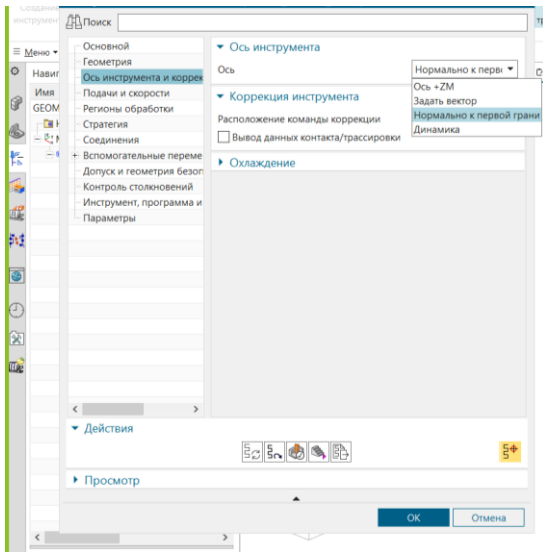
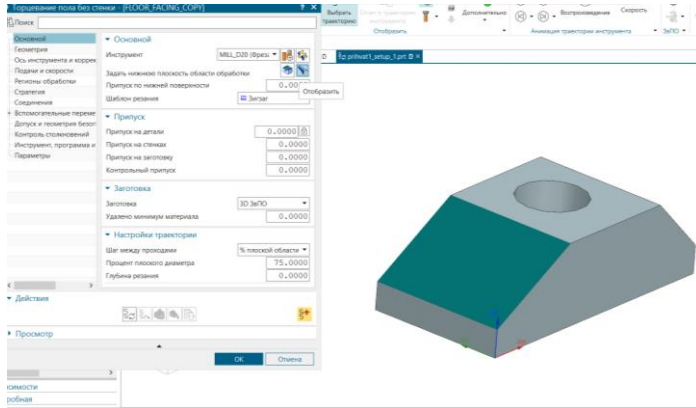


Рисунок 12 – Результат виконання

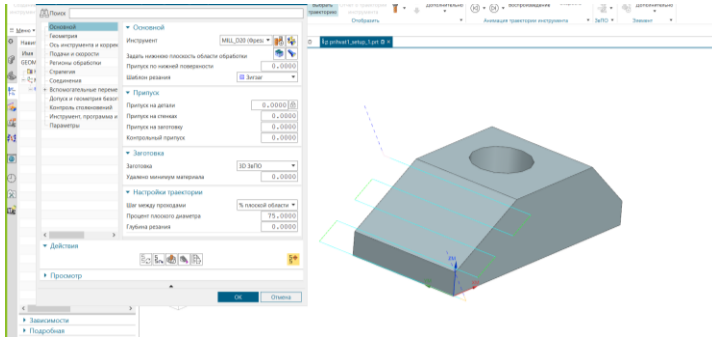


Рисунок 13 – Результат виконання

14. Для обробки вертикальних стінок бічною стороною фрези можна використовувати операцію `SOLID_PROFILE 3D` (mill contour). Відкрийте приклад `top_damp_Setup_1.prt`. Інструмент - `MILL_D20`, геометрія - `WORKPIECE` метод-`MILL FINISH`, програма- `NONE`. Це найбільш простий шлях. Інструмент в цій операції слідує уздовж верхніх або нижніх ребер вибраних граней. Строго кажучи, це 3-осьова операція, але вона часто використовується і на 2.5-осьових завданнях. Якщо використовується неплоске ребро, то операція буде 3-осьова.

Як видно, в групі геометрії задаються стінки. Специфічними параметрами цієї операції є Підйом (де вказується тип кромки вибраних граней - верхня або нижня) і Зміщення глибини - `Z`.

14. Створимо операцію SOLID\_PROFILE\_3D. Вкажіть грань, як на рис. 14. і генеруйте операцію. Результат показаний на рис. 15.

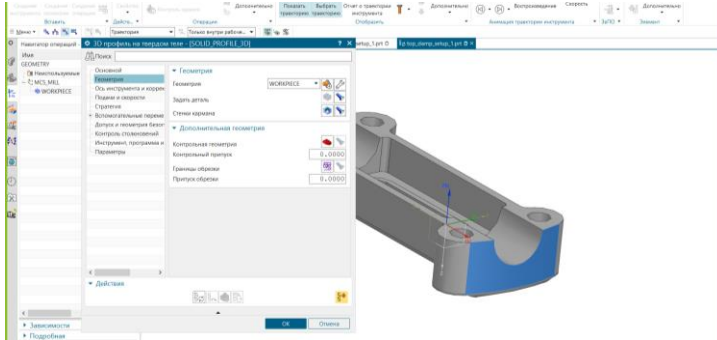


Рисунок 14 – Завдання геометрії стінки

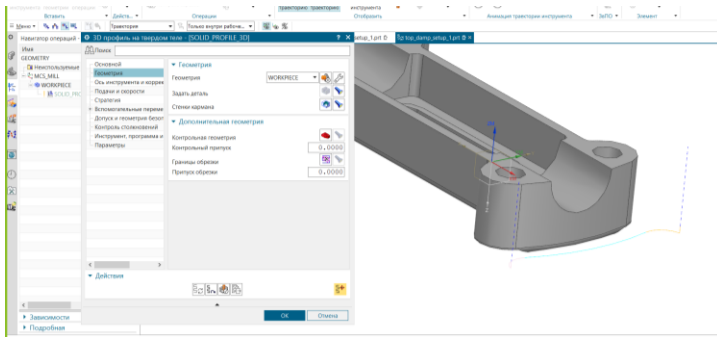


Рисунок 15– Результат

15. Створіть траєкторію для багатопрохідного варіанту обробки. Для цього в Параметрах різання включите параметр Декілька глибин і задайте зміщення припуску глибини 30мм і приріст

10мм (рис. 16). Значення відповідно дають нам 3 проходи (рис. 17).

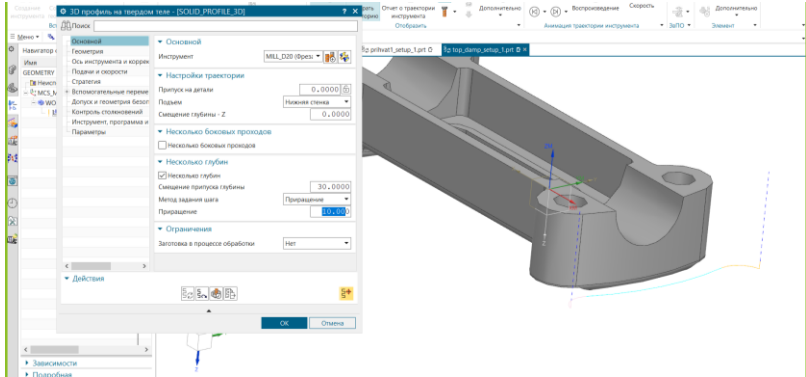


Рисунок 16– Результат

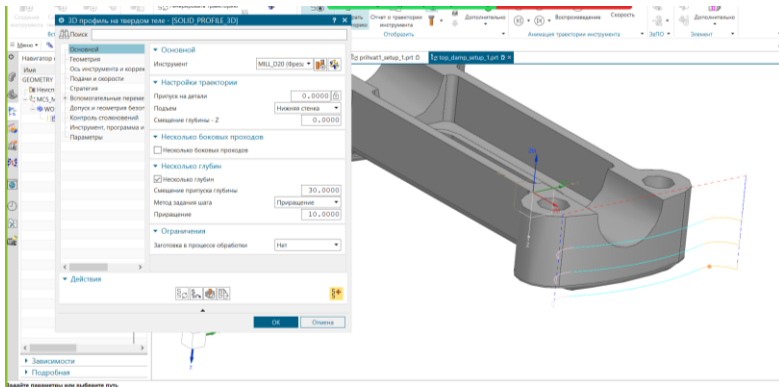


Рисунок 17– Результат

## Контрольні питання

1. Розробка 2,5 осьового фрезерування?

2. Параметри 2,5 осьового фрезерування?
3. Обробка з врахуванням припуску?
4. Використання параметру контрольна геометрія?
5. Завдання обробки з виходом на контур?
6. Виконання обробки подутренній?
7. Обробка похилих граней?
8. Операція SOLID\_PROFILE\_3D?
9. Операція CAVITY\_MILL?

### Перелік джерел

1. NX 2021 For Beginners. – Independently published, 2021. – p. 460.
2. Siemens NX 2021 for Designers. – CAD/CIM Technologies, USA, 2021. – p. 948.
3. Siemens NX 2019 for Novices (Continuous Release) Learn By Doing. – CADSoft Technologies. – 2019. – p. 245.
4. Тексти (конспект) лекцій з дисципліни «Автоматизовані системи тех-нологічної підготовки виробництва» для студентів всіх форм навчання спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» / Укл. доц. Тришин П.Р., ст. викл. Кучугуров М.В. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2024 – 67 с.