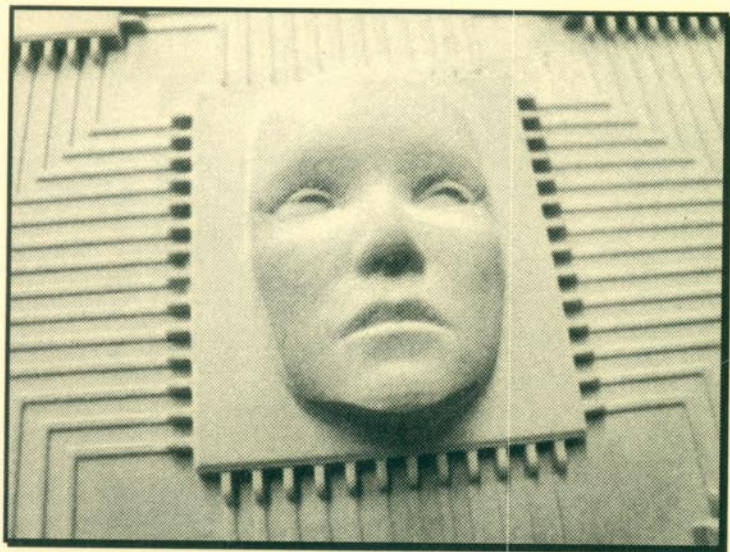


Р. Д. Іскович-Лотоцький

Ю. В. Булига

Я. В. Іванчук

**СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО
ПРОЕКТУВАННЯ УСТАТКУВАННЯ
АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Р. Д. Іскович-Лотоцький
Ю. В. Булига
Я. В. Іванчук

**СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ
УСТАТКУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО
ВИРОБНИЦТВА
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ**

Лабораторний практикум

Вінниця
ВНТУ
2014

УДК 658.512(075)

ББК 30.2-5-05я73

I 86

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України (протокол № 8 від 5.04.2012 р.).

Рецензенти:

І. О. Сивак, доктор технічних наук, професор

Н. Р. Веселовська, доктор технічних наук, професор

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор

Іскович-Лотоцький, Р. Д.

I 86 Системи автоматизованого проєктування устаткування автоматизованого виробництва. Лабораторний практикум / Іскович-Лотоцький Р. Д., Булига Ю. В., Іванчук Я. В. — Вінниця : ВНТУ, 2014 — 82 с.

Лабораторний практикум призначений до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Системи автоматизованого проєктування устаткування автоматизованого виробництва» для студентів спеціальностей 7.05050201, 8.05050201 – «Технологія машинобудування», 7.05050301, 8.05050301 – «Металорізальні верстати і системи» усіх форм навчання.

Вивчення даної дисципліни припускає набуття студентами досвіду побудови від простих геометричних моделей деталі до моделювання складних технологічних процесів з використанням програми ADEM CAD/CAM/CAPP.

УДК 658.512(075)

ББК 30.2-5-05я73

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Лабораторна робота № 1. Виконання технічного креслення деталі в модулі ADEM CAD	5
1.1. Основні теоретичні відомості.....	5
1.2. Опис модуля ADEM CAD.....	17
1.3. Порядок виконання роботи.....	19
1.4. Зміст звіту.....	19
Контрольні запитання.....	19
Лабораторна робота № 2. Технологія проектування деталей в ADEM CAD.....	20
2.1. Основні теоретичні відомості.....	20
2.2. Опис модуля ADEM CAD.....	35
2.3. Порядок виконання роботи.....	37
2.4. Зміст звіту.....	37
Контрольні запитання.....	37
Лабораторна робота № 3. Технологія проектування технологічного процесу токарної обробки деталі в модулі ADEM CAM.....	38
3.1. Основні теоретичні відомості.....	38
3.2. Опис модуля ADEM CAM.....	45
3.3. Порядок виконання роботи.....	46
3.4. Зміст звіту.....	46
Контрольні запитання.....	49
Лабораторна робота № 4. Технологія проектування технологічного процесу фрезерної обробки деталі в модулі ADEM CAM.....	50
4.1. Основні теоретичні відомості.....	50
4.2. Опис модуля ADEM CAM.....	57
4.3. Порядок виконання роботи.....	59
4.4. Зміст звіту.....	59
Контрольні питання.....	61
Лабораторна робота № 5. Технологія проектування технологічного процесу фрезерної обробки поверхні деталі складної форми в модулі ADEM CAM.....	62
5.1. Основні теоретичні відомості.....	62
5.2. Опис модуля ADEM CAM.....	76
5.3. Порядок виконання роботи.....	78
5.4. Зміст звіту.....	78
Контрольні запитання.....	79
Література.....	80

ВСТУП

Лабораторний практикум призначений для студентів спеціальності 7.05050201, 8.05050201 – «Технологія машинобудування», 7.05050301, 8.05050301 – «Металорізальні верстати і системи» усіх форм навчання. Зміст лабораторного практикуму відповідає плану і програмі лабораторних занять з дисципліни „Системи автоматизованого проектування устаткування автоматизованого виробництва” (САПР УАВ).

Основним напрямом розвитку технологічних процесів в металообробці в наш час є підвищення продуктивності і гнучкості. Це пояснюється тим, що значно росте номенклатура деталей в дрібно- і середньосерійному виробництві, і тому необхідно автоматизувати ці виробництва. Цього можна досягти шляхом широкого застосування верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), зокрема багатоцільових, а також гнучких виробничих систем (ГВС). Сучасні досягнення мікроелектроніки сприяють швидкому розвитку цього напрямку у верстатобудуванні.

Верстати з ЧПК забезпечують високий рівень автоматизації процесу обробки, малі витрати часу на переналадку навіть при невеликих партіях деталей, і високу якість обробки цих деталей.

Сучасні верстати з ЧПК оснащують контурними системами керування, що дозволяє обробляти профільні поверхні. Значно зросло число керованих координат (до шести і більше), в результаті стало можливим виготовлення вельми складних деталей. Програми обробки у багатьох верстатах з ЧПК складаються безпосередньо у верстата, що спрощує їх переналадку при переході на обробку інших деталей. Збільшуються потужності головних приводів і приводів подач, підвищується динамічна стійкість верстатів. Верстати забезпечуються пристроями для автоматичної зміни інструментів і заготовок. Йде процес оснащення верстатів датчиками для контролю над технологічним процесом, що дозволяє виявити неполадки і оптимізувати режими різання.

На токарних верстатах забезпечується контурне керування по чотирьох координатах, упроваджуються верстати з інструментальними головками, що мають свій привод. Поява токарних багатоцільових верстатів забезпечує виготовлення складних деталей за одне установлення.

В лабораторному практикуму приділяється увага лабораторному практикуму із моделювання складних технологічних процесів з використанням програми ADEM CAD/CAM.

Лабораторна робота № 1

Виконання технічного креслення деталі в модулі ADEM CAD

Мета роботи: овоїти основні прийоми роботи в програмному модулі ADEM CAD на прикладі виконання технічного креслення.

1.1 Основні теоретичні відомості



Відкриємо файл Exercise_2.adm, що містить допоміжні елементи, які послужать основою для створення креслення фланця. Натисніть кнопку «Открыть документ»  на панелі «Стандартная». Виберіть файл Exercise_2.adm з директорії /Help/Tutorial. У вікні модуля ADEM CAD з'явиться таке зображення (рис.1.1):



Рисунок 1.1 – Основа для створення креслення фланця

У модулі ADEM CAD існує декілька способів побудови дотичних ліній. Ви використовуватимете лінію, дотичну до двох елементів для допоміжних побудов.

Для створення дотичних ліній:

1. Натисніть клавішу <Tab> для активізації другого шару.
 2. Натисніть і утримуйте кнопку «Отрезок» на панелі «2D Объекты».
- З'явиться прихована панель. Виберіть  «Линия касательная к двум элементам». З'явиться запит «Ребро?».
3. Вкажіть ліве коло більшого діаметра в точці 1 (рис. 1.2). З'явиться запит «Ребро 2?».

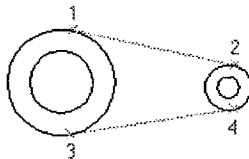




Рисунок 1.2 – Побудова дотичних ліній

4. Вкажіть праве коло більшого діаметра в точці 2. Перша дотична лінія буде побудована.
5. Вкажіть ліве коло більшого діаметра в точці 3 (рис. 1.2). З'явиться запит «Ребро 2?».


6. Вкажіть праве коло більшого діаметра в точці 4. Друга дотична лінія буде побудована;
7. Клацніть середньою кнопкою миші для виходу з операції побудови дотичних;
8. Натисніть клавішу <Tab> активізації першого шару.

Накреслимо замкнутий контур, використовуючи режими автоматичної прив'язки і автопідбору. Для установлення параметрів режиму «Автоматическая привязка»:

1. Натисніть кнопку  «Автоматическая привязка» в закладці «Режимы построений». З'явиться діалог «Автоматическая привязка». Поставте прапорець «К ребрам» і натисніть кнопку «ОК».
2. Поставте прапорець «Автоматическая привязка» в закладці «Режимы построений».

Режим «Автоматическая привязка» дозволяє автоматично переміщатися до вузлів, допоміжних вузлів, точок перетину, ребер і т. д. Точка, до якої курсор переміщатиметься, відображається символом прив'язки ( квадрат).

Для креслення замкнутого контуру:

1. Натисніть кнопку  «Замкнутый контур» на панелі «2D Объекты».
2. Підведіть курсор до точки 1 (рис. 1.3), з'явиться символ прив'язки. Клацніть лівою кнопкою миші.

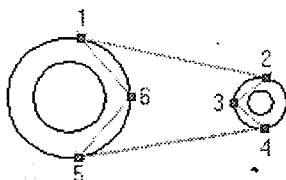




Рисунок 1.3 – Креслення замкнутого контуру

3. Таким же чином побудуйте вузли 2, 3, 4, 5 і 6.
4. Після побудови вузла 6, натисніть середню кнопку миші для закінчення побудови замкнутого контуру.
5. Натисніть кнопку  «Автоматическая привязка» в закладці «Режимы построений».

Для побудови скруглень середнього вузла:


1. Натисніть кнопку  «Скругление среднего узла» на панелі «Редактирование 2D».
2. Підведіть курсор до точки 6 (рис. 1.3), клацніть лівою кнопкою миші;
3. Таким же чином скруглятимете вузол 3.

Для видалення допоміжних побудов:


1. Натисніть клавішу <Tab> для активізації другого шару.
2. Виберіть команду «Удалить, Активный слой» з меню «Общие».

3. Натисніть клавішу <Tab> для активізації першого шару.

Створимо еквідистанту до замкнутого контуру. Для цього скористаємося командою «Еквідистанта». Для створення еквідистанти:

1. Натисніть кнопку  «Дополнительные функции» на панелі «Редактирование 2D». З'явиться меню. Виберіть команду «Эквидистанта».
2. Введіть значення 7 (дистанція) і натисніть <Enter>.
3. Вкажіть створений замкнутий контур. З'явиться еквідистанта усередині і зовні замкнутого контуру і запит «Какой из них?».
4. Вкажіть внутрішній контур.
5. Клацніть середньою кнопкою миші для виходу з команди.

Зробимо скруглення на кутах меншого контуру. Для цього використовуємо команду «Скругление». Для скруглення кутів:

1. Натисніть кнопку  «Скругление» на панелі «Редактирование 2D». З'явиться запит «R =».
2. Введіть значення 7 (радіус скруглення) і натисніть <Enter>.
3. Вкажіть все 4 кути меншого контуру. При вказанні з'явиться запит «Правильно? (Y/N)». Клацніть лівою кнопкою миші для підтвердження.
4. Клацніть середньою кнопкою миші для виходу з команди.

Ваше креслення повинне виглядати таким чином (рис.1.4):

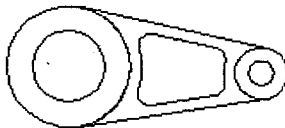



Рисунок 1.4 – Креслення фланця

Розглянемо деякі способи редагування елементів. Відкриємо файл Exercise_3.adm, що містить допоміжні елементи, які послужать основою для створення нового креслення. Щоб відкрити файл, натисніть кнопку «Открыть документ»  на панелі «Стандартная». Виберіть файл Exercise_3.adm з директорії /Help/Tutorial.

У вікні модуля ADEM CAD з'явиться таке зображення (рис. 1.5):

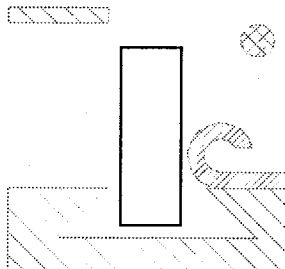




Рисунок 1.5 – Основа для редагування елементів

Ми редагуватимемо прямокутник, розташований на першому шарі. Всі інші допоміжні елементи знаходяться на другому шарі. Додамо вузол в прямокутник. Ви можете вставляти і видаляти вузли в контурі, а також змінювати положення вставлених вузлів. Команди вставки і видалення вузлів можуть застосовуватися до прямокутників, відрізків, багатокутників і сплайнів.

Для вставки вузлів в контур багатокутника:

1. Натисніть кнопку «Удаление узла»  і з висхідного меню виберіть кнопку «Вставка узла»  на панелі «Редактирование 2D».
2. Вкажіть вузли 1 і 2 (рис. 1.6). Вибрані вузли підсвітуються. Попередній результат редагування відображається червоним кольором.

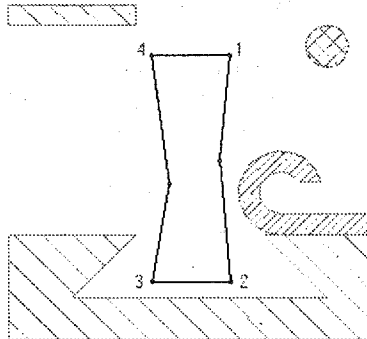



Рисунок 1.6 – Вставка вузлів в контур багатокутника

3. Вкажіть положення нового вузла (рис. 1.6) і натисніть середню кнопку миші.
4. Вкажіть вузли 3 і 4 (рис. 1.6). Вибрані вузли підсвітуються. Попередній результат редагування відображається червоним кольором.
5. Вкажіть положення нового вузла (рис. 1.6) і натисніть середню кнопку миші.
6. Натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі для завершення команди.

Скруглитимемо кути прямокутника. Для цього використовуємо команду «Скругление». Для скруглення кутів:

1. Натисніть кнопку  «Скругление» на панелі «Редактирование 2D». У рядку введення значень з'явиться запит «R =».
2. Введіть значення 3 (радіус скруглення) і натисніть <Enter>.
3. Вкажіть вузли 2 і 3 (рис. 1.7).

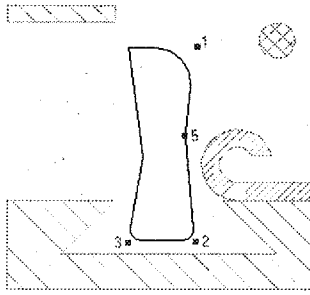



Рисунок 1.7 – Скруглення вузлів в контурі багатокутника

4. Натисніть кнопку  «Скругление» на панелі «Редактирование 2D». У рядку введення значень з'явиться запит «R =».
5. Введіть значення 10 (радіус скруглення) і натисніть <Enter>.
6. Вкажіть вузли 1 і 5 (рис. 1.7).
7. Клацніть середньою кнопкою миші для виходу з команди.
8. Клацніть правою кнопкою миші для перерисовування.

Змінимо положення деяких вузлів контуру і центрів скруглень, використовуючи команду «Корректирование». Команда «Корректирование» дозволяє змінювати положення будь-якого вузла елемента або центра скруглення. При цьому решта або вузлів, або центрів скруглень залишатиметься нерухомою.

На цьому етапі змінимо положення вузлів і центрів скруглень так, як показано на рисунку 1.8. Вузли позначені цифрами 2, 3 і т. д., центри скруглень цифрами з буквою "С" (наприклад, 1С, 5С), нове положення вузлів цифрами і буквою "а" (наприклад, 2-а, 1С-а) на рисунку 1.8.

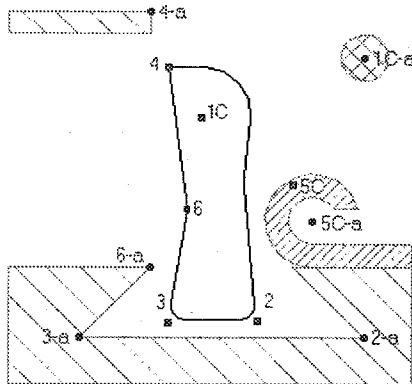



Рисунок 1.8 – Зміна положень центрів скруглень

Цифри, які позначають нове положення вузлів або центрів скруглень відповідають цифрам, що позначають їх поточне положення. Змінимо положення вузлів 2, 3 і 6 і центр скруглення 5С, залишивши решту всіх вузлів фіксованими. Потім змінимо положення вузла 4 і центра скруглення 1С, залишивши фіксованими центри скруглень.


Для того, щоб змінити положення вузлів і центрів скруглень:

1. Натисніть кнопку  «Корректировка» на панелі «Редактирование 2D». З'явиться меню.
2. Виберіть команду «Узлы фиксированные».
3. Підведіть курсор до точки 2 і клацніть лівою кнопкою миші. Курсор переміститься до цього вузла.
4. Перемістіть вузол на нове місце (точка 2-а), натисніть ліву і середню кнопки миші для переміщення до вузла. Натисніть ліву кнопку миші.
5. Вкажіть вузол 3. Курсор переміститься до вузла 3.
6. Переміститься до вузла 3-а і натисніть ліву кнопку миші.
7. Вкажіть вузол 6. Курсор переміститься до вузла 6.
8. Переміститься до вузла 6-а і натисніть ліву кнопку миші.
9. Вкажіть центр скруглення 5С. Курсор Переміститься до центра скруглення.

Примітка. Точка 5С є центром скруглення R10 точки 5 на попередньому рисунку 1.7.

10. Перетягніть центр скруглення до точки 5С-а. Переміститься до точки 5С-а. Натисніть ліву кнопку миші.

Примітка. В процесі коректування Вам може допомогти відображення на екрані вузлів і центрів скруглень. Для відображення вузлів виберіть команду «Показать узлы» з меню «Вид». Для відображення центрів скруглень виберіть команду «Показать центры» з меню «Вид».

11. Натисніть кнопку  «Корректировка» на панелі «Редактирование 2D». З'явиться меню.
12. Виберіть команду «Центры фиксированные».
13. Вкажіть центр скруглення 1С. Курсор Переміститься до центра скруглення.
14. Перемістіть центр скруглення в точку 1С-а (центр кола). Переміститься до точки 1С-а. Натисніть ліву кнопку миші.
15. Вкажіть вузол 4. Курсор переміститься до цього вузла.
16. Перемістіть курсор до точки 4-а і натисніть ліву кнопку миші.
17. Клацніть середньою кнопкою миші для виходу з команди «Корректировка».
18. Клацніть правою кнопкою миші для перерисування.

Після виконаних дій Ваше креслення повинне виглядати таким чином (рис. 1.9):

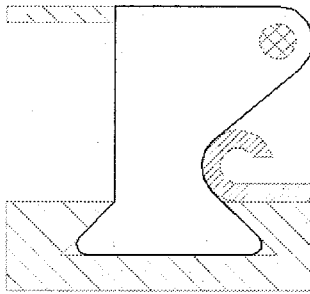



Рисунок 1.9 – Результат редагування креслення деталі

Одна з основних особливостей ADEM CAD – застосування непрозорої штриховки. Будь-який замкнутий контур із заданим типом штрихування Ви можете зробити прозорим або непрозорим. Ця властивість застосовується перш за все, при штрихуванні багатозв'язкових областей і створенні складальних креслень.

Відкриємо файл Exercise_5.adm, що містить допоміжні елементи, які послужать основою для створення нового креслення. Натисніть кнопку «Открыть документ»  на панелі «Стандартная». Виберіть файл Exercise_5.adm з директорії ./Help/Tutorial.

Накреслимо два фланці і отвір, використовуючи допоміжні побудови (рис. 1.10):

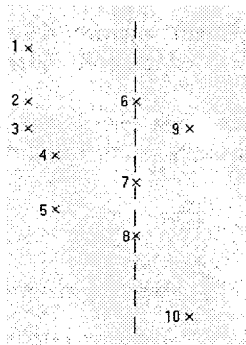








Рисунок 1.10 – Основа для побудови двох фланців і отвору

1. Натисніть кнопку  «Прямоугольник» на панелі «2D Объекты».
2. Натисніть кнопку  в закладці «Линии и Штриховка».

3. Перемістіть курсор до допоміжного вузла 1 і натисніть ліву кнопку миші. Перемістіть курсор до допоміжного вузла 8 і натисніть ліву кнопку миші.
4. Натисніть кнопку  в закладці «Линии и Штриховка».
5. Перемістіть курсор до допоміжного вузла 6 і натисніть ліву кнопку миші. Перемістіть курсор до допоміжного вузла 10 і натисніть ліву кнопку миші.
6. Натисніть кнопку  в закладці «Линии и Штриховка».
7. Перемістіть курсор до допоміжного вузла 3 і натисніть ліву кнопку миші. Перемістіть курсор до допоміжного вузла 7 і натисніть ліву кнопку миші.
8. Перемістіть курсор до допоміжного вузла 7 і натисніть ліву кнопку миші. Перемістіть курсор до допоміжного вузла 9 і натисніть ліву кнопку миші.
9. Перемістіть курсор до допоміжного вузла 2 і натисніть ліву кнопку миші. Перемістіть курсор до допоміжного вузла 5 і натисніть ліву кнопку миші.
10. Натисніть кнопку  «Чтение фрагмента» на панелі «Стандартная».
11. Виберіть файл Bolt.cat з директорії /Help/Tutorial. З'явиться запит «Точка привязки?».
12. Вкажіть точку прив'язки. Для цього перемістіть курсором до крапки 4 і натисніть ліву кнопку миші.
13. Кут нахилу фрагмента в даному випадку міняти не потрібно, тому натисніть середню кнопку миші.
14. Натисніть кнопку  «Чтение фрагмента» на панелі «Каталог».
15. Виберіть файл Nut.cat з директорії /Help/Tutorial. З'явиться запит «Точка привязки?».
16. Вкажіть точку прив'язки. Для цього перемістіть курсор до точки 1 (рис. 1.11) і натисніть ліву кнопку миші. Клацніть лівою кнопкою миші.

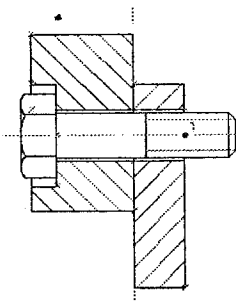




Рисунок 1.11 – Основа для побудови двох фланців і отвору

Для видалення допоміжних побудов.

1. Натисніть кнопку «Удаление разметки»  на панелі «Временные проекции».
2. Виберіть команду «Удалить, Активный слой» з меню «Общие».
3. Натисніть клавішу <Tab> для активізації першого шару.

Розглянемо процес створення і використання параметричних моделей. Відкриємо файл Exercise_6.adm, креслення, що містить креслення, яке послужить основою для створення параметричної моделі. Натисніть кнопку «Открыть документ»  на панелі «Стандартная». Виберіть файл Exercise_6.adm з директорії ./Help/Tutorial. На екрані з'явиться таке зображення (рис. 1.12):

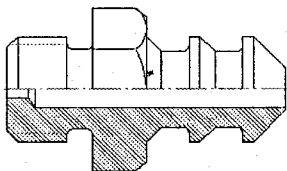



Рисунок 1.12 – Основа для створення параметричної моделі

Розглянемо команду «Перенос группы узлов». ADEM CAD дозволяє переносити одночасно декілька вузлів елементу. Для цього Ви повинні вибрати вузли за допомогою команди «Выбор узлов» і, використовуючи команду «Перенос», перенести вузли в нове місце.

Для того, щоб вибрати вузли:

1. Натисніть і утримуйте кнопку  «Выбор узлов и вершин» на панелі «Группа узлов и вершин». У додатковому меню виберіть «Только 2D узлы».
2. Вкажіть перший кут вікна вибору.
3. Вкажіть протилежний кут вікна вибору так, щоб всі вузли, які ми хочемо перемістити, потрапили у вікно (рис. 1.13). Вибрані вузли підсвітуються.

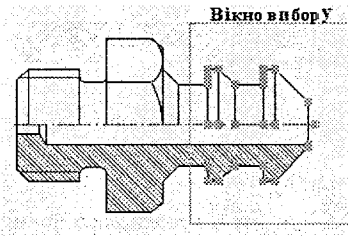



Рисунок 1.13 – Вибір вузлів на параметричній моделі

Команда «Перенос узлов и вершин» дозволяє Вам переміщати вибрані вузли і вершини на вашому кресленні. Після вибору вузлів в групу ви можете перенести їх на нове місце. Вектор перенесення визначається двома точками: початковою і новою. Обидві точки можуть бути вказані в будь-якому місці креслення.

Для перенесення групи вузлів:

1. Натисніть кнопку  «Перенос узлов и вершин» на панелі «Группа узлов и вершин». Вибрані вузли підсвітяться зеленим кольором, і з'явиться запит «Начальная точка?».
2. Перемістіть курсор в довільне місце ескізу і натисніть клавішу <Пробел> на клавіатурі. Не рухайте курсором до виконання, наступного кроку!
3. Кілька разів натисніть <←> (Стрілка управо) на клавіатурі і натисніть клавішу <Пробел>. Вибрані вузли будуть перенесені.
4. Натисніть середню кнопку миші для виходу з операції перенесення.

Параметризація в ADEM CAD дозволяє автоматично змінювати геометрію через зміну значень параметричних розмірів. Будь-який розмір може бути перетворений в параметричний.

В процесі створення параметричного розміру Ви повинні вибрати групи вузлів, які будуть пов'язані з кінцем кожної виносної лінії. Коли Ви змінюватимете значення параметричного розміру, положення виносної лінії змінюватиметься разом з пов'язаними з нею вузлами. Як мінімум одна виносна лінія параметричного розміру повинна бути пов'язана з групою вузлів. Для створення параметричної моделі Ви повинні проставити на кресленні деякі розміри. Проставте розмір так, як це показано на рисунку 1.14.

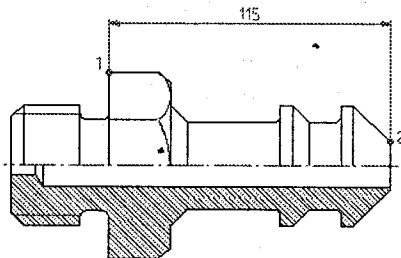



Рисунок 1.14 – Перший етап створення параметричної моделі

Для проставлення розміру:

1. Натисніть кнопку  «Ортогональный размер» на панелі «Размеры».
2. Перемістіть курсор до точки 1 і натисніть ліву кнопку миші.
3. Перемістіть курсор до точки 2 і натисніть ліву кнопку миші.
4. Вкажіть положення розмірної лінії. З'явиться діалог «Редактирование размера».

5. Натисніть кнопку «ОК» і вкажіть положення тексту розміру.

Перетворимо проставлений розмір в параметричний. Для створення параметричної моделі:

1. Виберіть «Создание/Смена плоской ПРМ» в меню «Параметризация».
2. Вкажіть розмірну лінію. Підсвітиться перша виносна лінія (рис. 1.15) і з'явиться запит «Поля группы/Esc».

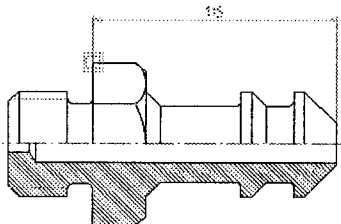


Рисунок 1.15 – Другий етап створення параметричної моделі

3. Для несиметричної зміни розміру щодо лівої виносної лінії натисніть середню кнопку миші або <Esc> на клавіатурі. Підсвітиться друга виносна лінія (рис. 1.16).

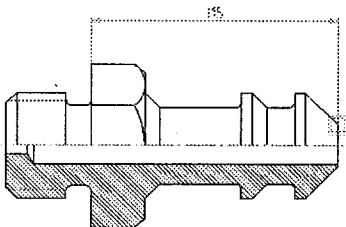


Рисунок 1.16 – Третій етап створення параметричної моделі

4. Виберіть ті вузли, які повинні бути пов'язані з другою виносною лінією. Для цього виберіть вікном вузли, як це показано на рисунку 1.17. Всі вибрані вузли будуть пов'язані з правою виносною лінією і підсвітяться червоним кольором.

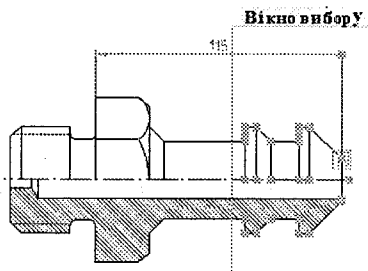


Рисунок 1.17 – Четвертий етап створення параметричної моделі

5. Клацніть середньою кнопкою миші або натисніть <Esc> на клавіатурі для завершення вибору. Підсвітиться текст розміру. З'явиться запит «Этот?».
6. Клацніть лівою кнопкою миші для підтвердження. У тексті розміру з'явиться номер параметричного розміру (рис. 1.18).

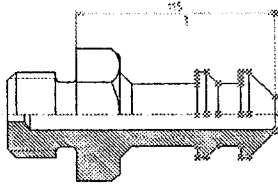


Рисунок 1.18 – П'ятий етап створення параметричної моделі

7. Клацніть середньою кнопкою миші для виходу з команди. Параметрична модель створена. Змінимо значення параметричного розміру. При зміні значення параметричного розміру змінюватиметься положення виносних ліній і вузлів, які з ними пов'язані.

Для зміни параметричних розмірів:

1. Виберіть «Смена размеров ПРМ» в меню «Параметризация».
2. Вкажіть розмірну лінію. Розмірна лінія і пов'язані з нею вузли підсвітяться. З'явиться рядок введення значень і запит «Размер ==».
3. Введіть значення 100 і натисніть <Enter>. Значення розміру, а також геометрія креслення зміниться (рис. 1.19).

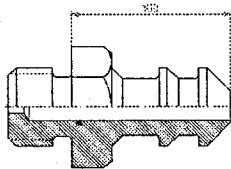


Рисунок 1.19 – Зміна значень параметричного розміру

4. Введіть різні значення розміру, повторюючи кроки 2 і 3. Натисніть середню кнопку миші для виходу з операції зміни розмірів.

Програма ADEM CAD дозволяє зберігати параметричні фрагменти в бібліотеці фрагментів і створювати параметричні таблиці для кожного фрагмента. Для збереження параметричного фрагмента і створення таблиці параметрів:

1. Головне вікно програми – є прямокутною формою, що відокремлює інтерфейс системи від інших програм і графічних елементів операційної системи Windows. Усередині головного вікна містяться всі графічні елементи управління програмою.

Управління головним вікном здійснюється за допомогою трьох невеликих кнопок, що знаходяться в правому верхньому кутку вікна:

а) «свернуть» – при натисненні на цю кнопку вікно програми забирається з екрана, звільняючи місце на робочому столі. Повернути вікно в колишній стан можна натисненням кнопки з її назвою на панелі завдань;

б) «развернуть/восстановить» – залежно від поточного стану вікна дана кнопка або «розгортає» його на весь екран, або повертає в початковий розмір;

в) «закрывать» – закриває програму.

2. Заголовок вікна. Містить назву програми («ADEM»), назву активного модуля (CAD/CAM/CAPP) і найменування поточного документа.

3. Область побудови – є прямокутною областю, в яку виводиться поточна графічна інформація: контури, моделі, креслення, лінії, текст, траєкторії і т. д.

4. Графічний курсор – є покажчиком, що переміщається по області побудови за допомогою миші і клавіатури, який призначений для вказання координат і вибору об'єктів.

5. Панель стану. Призначена для відображення поточної інформації щодо роботи програми: координати розташування графічного курсора, відстань від центра системи координат до поточного положення курсора, крок і кут курсора. Крім того, на панелі стану в спеціальному полі, виділеному синім кольором, відображаються підказки, що повідомляють, які дії повинен виконати користувач.

6. Головне меню. Містить ряд команд, що відносяться в основному до роботи з файлами і настройки системи.

7. Кнопки – є прямокутними областями на екрані, що містять пояснювальний текст або піктограму (рисунок). При натисненні на кнопку виконується певна дія програми. Кнопки, на яких в правому нижньому куті є чорний трикутник, містять декілька команд (рис. 1.21). Для вибору однієї з них необхідно клікнути на кнопку і, утримуючи натиснутою ліву клавішу миші, вибрати необхідну команду. Деякі кнопки містять низхідне меню (рис. 1.21), за допомогою якого вибирається необхідний режим роботи команди.

8. Панелі кнопок. Призначені для групування кнопок за їх призначенням. Панелі кнопок підтримують механізм перетягання, за допомогою якого можна змінювати розташування панелей на головному вікні програми. Крім того, можна управляти вмістом панелі, тобто додавати або видаляти кнопки.

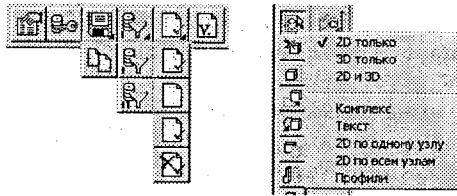


Рисунок 1.21 – Види кнопок в системі ADEM

9. Вікно проекту. Містить інформацію про вміст поточного файлу. Вікно містить закладки, що визначають, яка інформація виводиться у вікно проекту. Дані відображаються у вигляді ієрархічної структури, званої деревом. Вікно проекту можна закрити, натиснувши на кнопку з хрестиком в його верхньому правому куті. Для відображення вікна проекту необхідно вибрати пункт головного меню «Сервіс – Окно проекта».

1.3 Порядок виконання роботи

1. Уважно прочитати і розібратися в підрозділі 1.1 "Основні теоретичні відомості".
2. Отримати від викладача деталь, після чого за допомогою вимірвальних приладів поміряти усі характерні розміри.
3. Виконати повне технічне креслення деталі, отриманої індивідуально у викладача, в модулі ADEM CAD, методика якого наведена в підрозділі 1.1 "Основні теоретичні відомості".

1.4 Зміст звіту

1. Звіт з лабораторної роботи повинен бути виконаний на листах формату А4.
2. Звіт повинен містити: назву лабораторної роботи, її мету і короткі теоретичні відомості.
3. В розділі «Результати виконання лабораторної роботи» студент повинен додати роздруковане на принтері технічне креслення деталі виконане в модулі ADEM CAD, а також написати висновки по виконанню даної лабораторної роботи.

Контрольні запитання

1. Що таке область побудови?
2. Що таке графічний курсор?
3. Що таке панель стану?
4. Що таке панелі кнопок?
5. Що таке параметрична модель?

Лабораторна робота № 2

Технологія проектування деталей в ADEM CAD

Мета роботи: ознайомимося з основними прийомами побудови і редагування тривимірних об'єктів в системі ADEM CAD, навчитися будувати плоскі креслення об'ємної моделі тіла.

2.1 Основні теоретичні відомості

Проектуванням виробів машинобудування є складним творчим процесом, у результаті якого задум інженера утілюється у вигляді креслень, макетів, математичних моделей продукту.

До геометричної інформації про виріб висуваються найвищі вимоги за якістю і точністю відображення реального об'єкта. Особливо високі вимоги до точності геометричного опису висуваються до тривимірних моделей, які часто використовуються як початкові дані при розробці програм управління для верстатів з ЧПК.

Результатом проектування з використанням САПР є модель – математичне подання геометричної форми, що зберігається в пам'яті комп'ютера. Тривимірні моделі складаються зі сукупності взаємопов'язаних між собою тіл, поверхонь, контурів.


Розрізняють такі види моделей:

1. Каркасні – описані набором відрізків прямих ліній і кривих (граней).
2. Поверхневі – описані набором поверхонь.
3. Твердотільні – описані набором тіл (замкнутих об'єктів, обмежених поверхнями).
4. Гібридні – описані поєднанням поверхонь і тіл.

Більшість сучасних САПР підтримує гібридне моделювання.

Як правило, створення тривимірних об'єктів починається з побудови плоских контурів, які надалі за допомогою спеціальних операцій перетворюються в поверхні або тіла.

Давайте розглянемо побудову тривимірної моделі деталі, поданої технічним кресленням на рисунку 2.1.

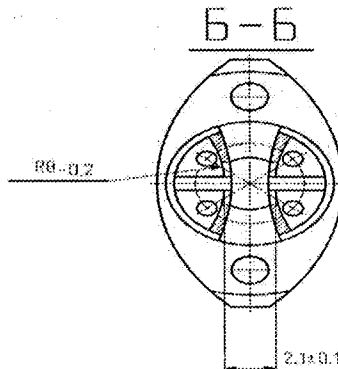
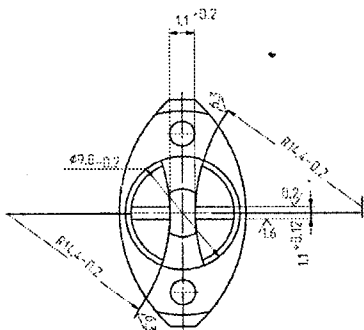
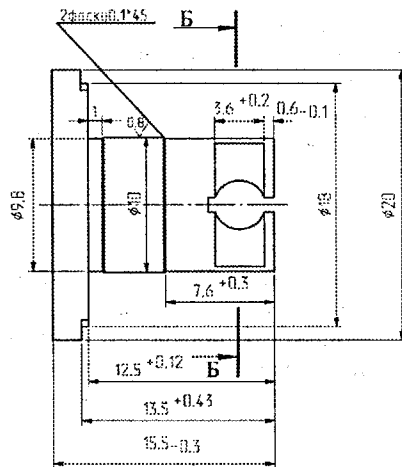
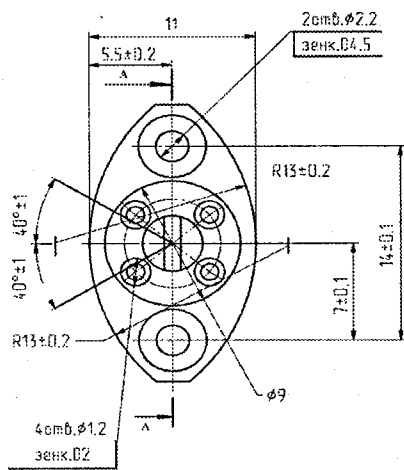
Натисніть кнопку «Открыть новый документ»  на панелі «Стандартная». ADEM створить новий файл з назвою Untitled1.adm. Перед початком моделювання необхідно встановити: «Режимы отображения»; «Окно проекта»; «Режим плоского и объемного моделирования».

Натисніть кнопку «Режимы отображения» на панелі «Режимы отображения». З'явиться діалог «Изображение». Встановіть:

«Сглаживание = 10»;

«Освещенность = 50%»;

Поставте прапорець «Каркас» і натисніть «ОК».



A-A

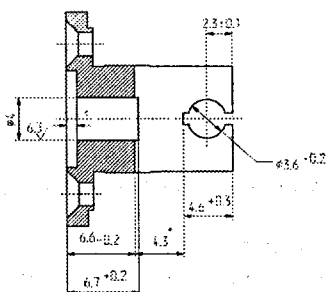



Рисунок 2.1 – Креслення деталі

Натисніть клавішу <T> на клавіатурі для відображення робочої площини. Для зручнішої роботи з об'ємними моделями можна використовувати дерево. У дереві відображаються всі операції виконувани з 3D моделями.

Для включення відображення дерева моделі встановіть прапорець біля пункту «Окно проекту» в меню «Сервіс». У вікні проекту, що з'явилося, виберіть закладку «3D».

Для побудови контурів не тільки в робочій площині, але й в просторі, необхідно натиснути кнопку «Пространственный режим»  на панелі «Режим получения координат».

Допоміжні побудови застосовуються як основа для креслення і позиціонування об'єктів. Багато допоміжних побудов в ADEM можуть бути виконані в процесі виконання інших команд (креслення, нанесення розмірів тощо).

1. Натисніть на клавішу <Tab> на клавіатурі для переходу на другий шар.
2. Натисніть на клавішу на клавіатурі <D>. З'явиться «Шаг =>», «Угол =>».
3. У полі «Шаг =>» введіть значення 10.
4. На клавіатурі натисніть клавішу Home. Курсор буде встановлений в точку початку системи координат ($X = 0, Y = 0, Z = 0$).
5. На клавіатурі натисніть послідовно клавішу 8, а потім клавішу <L>. З'явиться запит «Угол =>».
6. У полі «Угол =>» введіть значення 180 градусів і натисніть «OK» або <Enter>.
7. На клавіатурі натисніть двічі клавішу 2 і натисніть на клавішу <L>, і натисніть «OK» або <Enter> (рис. 2.2).

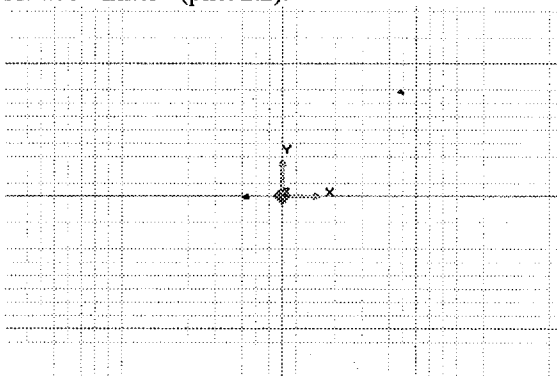



Рисунок 2.2 – Допоміжні побудови

Для побудови профілю деталі:

1. Натисніть <D>. Введіть значення в поле введення 7,5.

2. Натисніть і утримуйте кнопку «Окружность» на панелі «2D объекты» з'явиться прихована панель. Виберіть  «Окружность заданного диаметра». З'явиться рядок введення значень (внизу екрана).
3. У рядку введення значень введіть 26 і натисніть «ОК».
4. Натисніть клавішу «Home».
5. Натисніть клавішу 4. Клацніть лівою клавішею миші. Потім натисніть на клавішу 6 двічі і клацніть лівою клавішею миші (рис. 2.3).

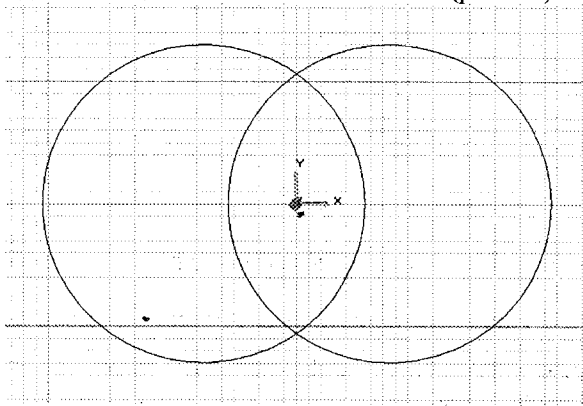



Рисунок 2.3 – Побудова профілю деталі

6. Виберіть  «Тримирование» і видаліть зовнішні контури двох кіл. Результат виконання даної операції поданий на рисунку 2.4.

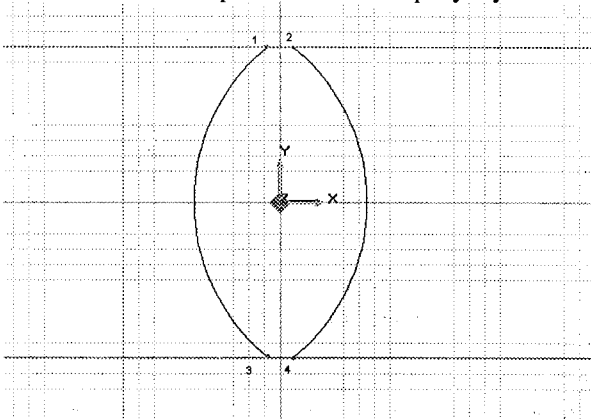



Рисунок 2.4 – Результат операції «Тримирование»

7. Натисніть клавішу  «Отрезок». Підведіть курсор до точки 1 і натисніть клавішу <C>. Курсор переміститься до точки 1. Натисніть на

клавішу <Пробел>. Підведіть курсор до точки 2 і натисніть клавішу <C>. Натисніть клавішу <Пробел> (рис. 2.4).

8. Повторіть пункт 7 для точок 3 і 4 (рис. 2.5).

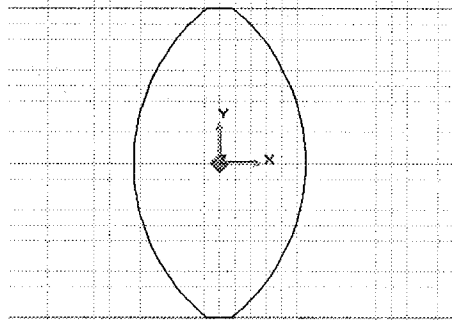



Рисунок 2.5 – Результат використання операції «Тримирование»

9. Натисніть і утримуйте кнопку «Окружность» на панелі «2D объекты» з'явиться прихована панель. Виберіть  «Окружность заданного диаметра». З'явиться рядок введення значень (внизу екрана).

10. У рядку введення значень введіть «9,8» і натисніть «ОК».

11. Натисніть клавішу «Номе», а потім <Пробел> (рис. 2.6).

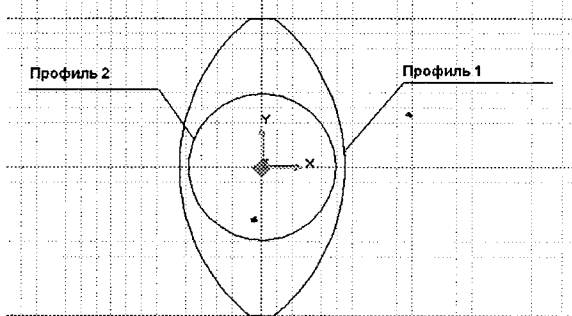




Рисунок 2.6 – Результат побудови додаткового контуру

Команда «Сдвиг» дозволяє створювати об'ємні тіла зсувом профілю у напрямі осі Z поточної системи координат на задану висоту із заданим кутом стінок. Як профіль можуть бути вибрані плоскі елементи, ребра або грані об'ємних тіл. Якщо вибрано декілька окремих елементів і ребер, то буде побудовано декілька окремих тіл.

Для створення елементів 3D моделі.

1. Натисніть на клавішу  «Сдвиг профіля на заданную высоту с заданным углом».
2. З'явиться запит профілю. Виберіть профіль 1 (рис. 2.6) і натисніть <Enter>.
3. З'явиться запит «Высота =>», «Угол наклона =>», «Глубина =>», «Угол отверстия =>».
4. У полі «Высота =>» введіть значення 3.
5. Натисніть на клавішу  «Сдвиг профіля на заданную высоту с заданным углом».
6. З'явиться запит профілю. Виберіть профіль 1 (рис. 2.6) і натисніть <Enter>.
7. У полі «Высота =>» введіть значення «15,5» (рис. 2.7).

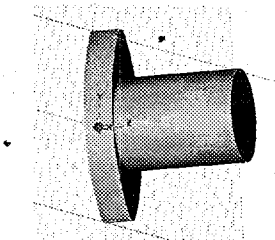




Рисунок 2.7 – Результат використання операції «Сдвиг»

Команда «Объединение» дозволяє об'єднувати декілька об'ємних тіл в одне. Для об'єднання двох побудованих об'ємних елементів моделі використовуйте операцію «Объединение тел».

1. Натисніть і утримуйте кнопку  «Выбор элементов» на панелі «Операции с группами объектов». У додатковому меню виберіть «3D только». З'явиться запит «3D элементы?».
2. Виділіть вікном всі об'ємні елементи.
3. Натисніть кнопку  «Объединение тел» на панелі «Операции с группами объектов». Вибрані тіла будуть об'єднані (рис. 2.8).

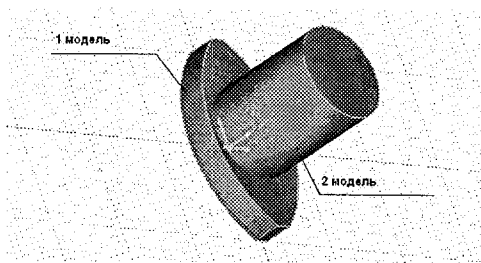



Рисунок 2.8 – Результат використання операції «Объединение»

Команда «Сквозное отверстие» дозволяє створювати наскрізні отвори у вказаних тілах методом проектування профілю по нормалі до площини профілю. Форма отвору визначається профілем. Команда може бути застосована до декількох тіл, в цьому випадку отвори будуть виконані у всіх вибраних тілах.

Для побудови отворів знайдемо центри кіл отворів.

1. Змінимо крок курсора. Натисніть на клавіатурі клавішу <D> в полі крок введіть значення «Шаг = 7».
2. Натисніть клавішу <Tab> для переходу на другий шар.
3. Натисніть на клавіатурі клавішу «Home».
4. Натисніть на клавіатурі клавішу <L> і в полі «Угол =>» введіть значення «90».
5. Натисніть на клавіатурі клавішу <2> потім клавішу <L>. У полі «Угол =>» введіть значення 180. Буде викреслена горизонтальна лінія.
6. Натисніть на клавіатурі клавішу <8> двічі, потім клавішу <L>. У полі «Угол =>» введіть значення 180. Буде викреслена горизонтальна лінія.
7. Натисніть клавішу <Tab> для переходу на перший шар (рис. 2.9).
8. На панелі «2D об'єктів» натисніть клавішу  «Окружность заданного диаметра» в полі «Диаметр =>» введіть значення «2,2».
9. Підведіть курсор до першого центра і натисніть на клавіатурі клавішу <C>, а потім натисніть ліву клавішу миші.

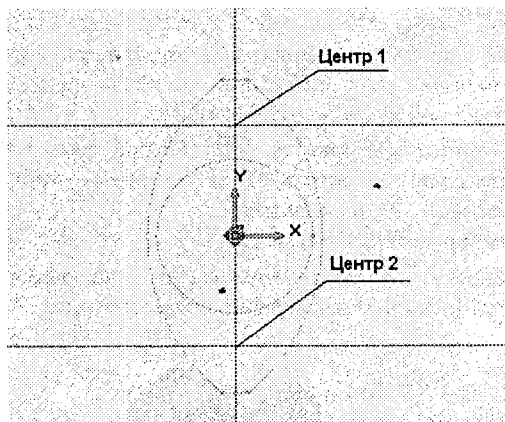



Рисунок 2.9 – Визначення центрів кіл отворів

10. Підведіть курсор до другого центра і натисніть на клавіатурі клавішу <C>, а потім натисніть ліву клавішу миші.

11. Натисніть кнопку  «Сквозное отверстие» на панелі «3D об'єкти 2». З'явиться запит «Профиль?/Esc».

12. Вкажіть обидва профілі отворів і натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі. З'явиться запит «3D елемент?».
13. Вкажіть об'ємний елемент. Будуть побудовані наскрізні отвори діаметра «2,2» (рис. 2.10).

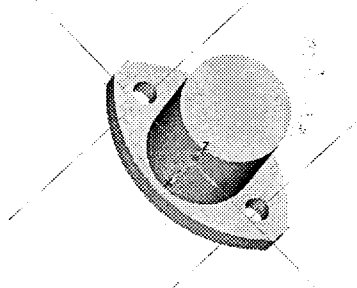







Рисунок 2.10 – Результат побудови наскрізних отворів

Команда «Отверстие» дозволяє створювати отвори (видаляти матеріал) у вказаному твердому тілі методом проектування профілю на задану глибину із заданим кутом стінок. Профіль проектується за нормаллю до площини профілю. Профіль повинен бути замкнутий.

1. Натисніть на клавішу <Tab>, для переходу на другий шар:
2. Натисніть клавішу «Home».
3. Натисніть клавішу <L> і в полі «Угол =>» введіть значення «40».
4. Натисніть клавішу <L> і в полі «Угол =>» введіть значення «320».
5. На панелі «2D об'єктів» натисніть клавішу  «Окружність заданного діаметра» в полі «Діаметр =>» введіть значення «6,5».
6. Натисніть на клавішу <Tab>, для переходу на перший шар.
7. Натисніть клавішу «Home».
8. На панелі «2D об'єктів» натисніть клавішу  «Окружність заданного діаметра» в полі «Діаметр =>» введіть значення «9».
9. На панелі «2D об'єктів» натисніть клавішу  «Окружність заданного діаметра» в полі «Діаметр =>» введіть значення «4» (рис. 2.11).
10. На панелі «2D об'єктів» натисніть клавішу  «Окружність заданного діаметра» в полі «Діаметр =>» введіть значення «1,2».
11. Підведіть курсор до точки 1 (рис. 2.12) і одночасно натисніть ліву і середню кнопку миші або клавішу <3> на клавіатурі. Курсор переміститься до цієї точки.
12. Натисніть ліву кнопку миші або клавішу <Пробел>. Буде побудований контур отвору.
13. Повторіть виконані вище операції з точками 2, 3, 4, відповідно.
14. Натисніть клавішу  на панелі «3D об'єктів 2». З'явиться запит «Профиль?/Esc».

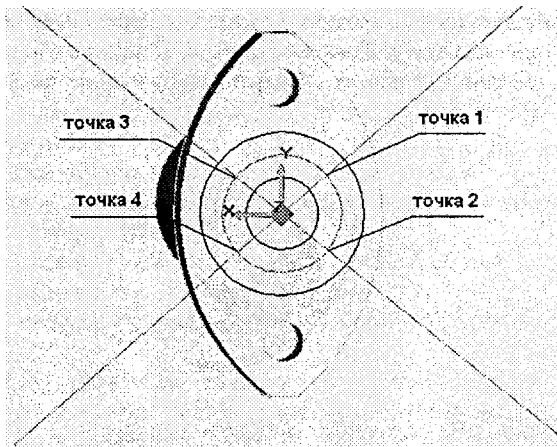




Рисунок 2.11 – Визначення центрів кіл отворів

15. Вкажіть всі чотири профілі отворів і натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі. З'явиться запит «3D елемент?».
16. Вкажіть об'ємний елемент. З'явиться запит «Глубина от контура =>» і «Угол =>».
17. У полі «Глубина от контура =>» введіть значення 11 і натисніть клавішу <Enter>. Будуть побудовані чотири отвори діаметром 1,2 мм і завглибшки 11 мм.
18. Натисніть клавішу  на панелі «3D об'єктів 2». З'явиться запит «Профиль?/Esc».
19. Вкажіть профіль отвору діаметром 4 мм і натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі. З'явиться запит «3D елемент?».
20. Вкажіть об'ємний елемент. З'явиться запит «Глубина от контура =>» і «Угол =>».
21. У полі «Глубина от контура =>» введіть значення «6,7» і натисніть клавішу <Enter>. Буде побудовано отвір діаметром 4 мм і завглибшки 6,7 мм.
22. Натисніть клавішу  на панелі «3D об'єктів 2». З'явиться запит «Профиль?/Esc».
23. Вкажіть профіль отвору діаметром 9 мм і натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі. З'явиться запит «3D елемент?».
24. Вкажіть об'ємний елемент. З'явиться запит «Глубина от контура =>» і «Угол =>».
25. У полі «Глубина от контура =>» введіть значення «9» і натисніть клавішу <Enter>. Буде побудовано отвір діаметром 9 мм і глибиною 1 мм (рис. 2.12).

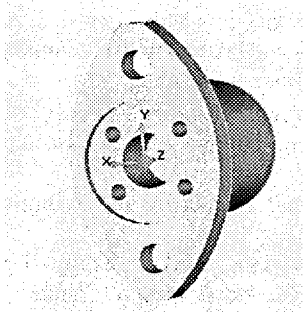




Рисунок 2.12 – Результат виконання операції «Отверстие»

Команда «Отнимание» дозволяє відняти об'ємні тіла з першого вибраного об'ємного тіла. З першого вказаного тіла послідовно віднімається решта всіх вибраних тіл.

1. Натисніть на клавішу  «Разворот рабочей плоскости» і виберіть розворот навколо осі Y.
2. У полі, що з'явилось, введіть значення «-90 градусов».
3. Змінімо крок курсора. Натисніть на клавіатурі клавішу <D> в полі крок введіть значення «Шаг =13,2».
4. Натисніть на клавішу <6>.
5. Натисніть на клавішу <Tab> для переходу на другий шар.
6. Побудуйте за допомогою клавіші <L> дві перпендикулярні лінії.
7. На панелі «2D объектов» натисніть клавішу  «Окружность заданного диаметра» в полі «Диаметр =>» введіть значення «3,6».
8. Натисніть на клавішу <Tab> для переходу на перший шар.
9. Побудуйте коло в точці 1 (рис. 2.13).

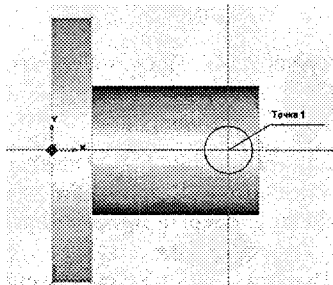



Рисунок 2.13 – Побудова кола

10. Змінімо крок курсора. Натисніть на клавіатурі клавішу <D> в полі крок введіть значення «Шаг =2,3».

11. З точки «1» натисніть клавішу <6>.
12. Змінимо крок курсора. Натисніть на клавіатурі клавішу <D> в полі крок введіть значення «Шаг =0,55».
13. На панелі «2D об'єктів» натисніть клавішу  «Замкнутый контур».
14. З точки <2> натисніть клавішу <2> на клавіатурі і натисніть клавішу <Пробел>.
15. Змінимо крок курсора. Натисніть на клавіатурі клавішу <D> в полі крок введіть значення «Шаг =1,1».
16. Натисніть клавішу <8> і натисніть клавішу <Пробел>.
17. Змінимо крок курсора. Натисніть на клавіатурі клавішу <D> в полі крок введіть значення «Шаг =4,6».
18. Натисніть клавішу <4> і натисніть клавішу <Пробел>.
19. Змінимо крок курсора. Натисніть на клавіатурі клавішу <D> в полі крок введіть значення «Шаг =1,1».
20. Натисніть клавішу <2> і натисніть клавішу <Пробел>, а потім клавішу <Esc> (рис. 2.14).

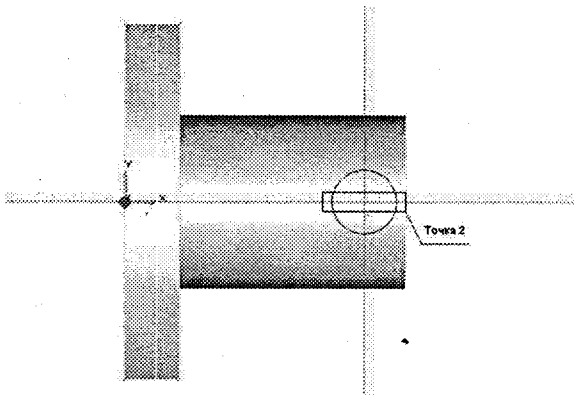



Рисунок 2.14.– Побудова контуру

Для створення елементів 3D моделі:

1. Натисніть на клавішу  «Сдвиг профиля на заданную высоту с заданным углом».
2. З'явиться запит профілю. Виберіть профіль 1 і 2 (рис. 2.15) і натисніть <Enter>.
3. З'явиться запит «Высота =», «Угол наклона =», «Глубина =», «Угол отверстия =».
4. У полі «Высота =» введіть значення «10» і в полі «Глубина =» введіть значення «10».

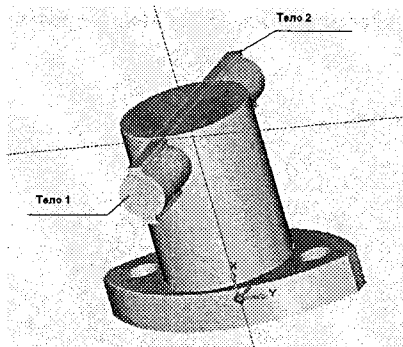




Рисунок 2.15 – Створення 3D елемента

Для виконання операції «Отнимание тел»:

1. Натисніть і утримуйте кнопку  «Объединение тел» на панелі «Операции с группами объектов». З'явиться прихована панель. Виберіть  «Отнимание тел». З'явиться запит «3D элементы?».
2. Вкажіть корпус деталі.
3. Вкажіть тіла (1 і 2) і натисніть середню кнопку миші. Тіла віднімуть (рис. 2.16).

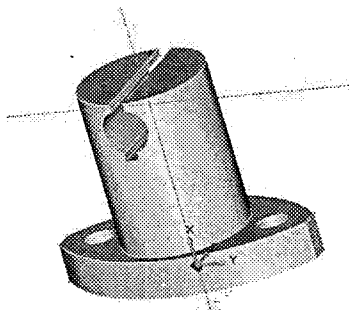




Рисунок 2.16 – Результат виконання операції «Отнимание тел»

Для побудови вікон в тілі:

1. Натисніть на клавішу  «Объединение системы координат с выбранным положением» виберіть вкладку «XYZ отн.» і в полі, що з'явилося, введіть значення «14,9».
2. Змінимо крок курсора. Натисніть на клавіатурі клавішу <D> в полі крок введіть значення «Шаг = 9,2».
3. На панелі «2D объектов» натисніть клавішу  «Окружность заданного диаметра» в полі «Диаметр =>» введіть значення «8».
4. Натисніть на клавішу «Home».
5. Натисніть на клавіатурі клавішу <4>, а потім клавішу <Пробел>.

6. Натисніть на клавіатурі клавішу «б», а потім клавішу <Пробел> (рис. 2.17).

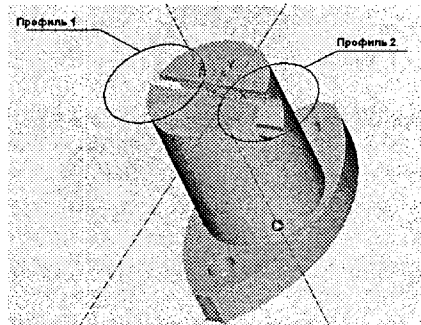



Рисунок 2.17 – Побудова контурів вікон в тілі

Для побудови 3D вікон в тілі:

1. Натисніть на клавішу  «Сдвиг профиля на заданную высоту с заданным углом».
2. З'явиться запит профілю. Виберіть профіль 1 і 2 (рис. 2.18) і натисніть <Enter>.
3. З'явиться запит «Высота =», «Угол наклона =», «Глубина =», «Угол отверстия =».
4. У полі «Глубина =» введіть значення «3,6».

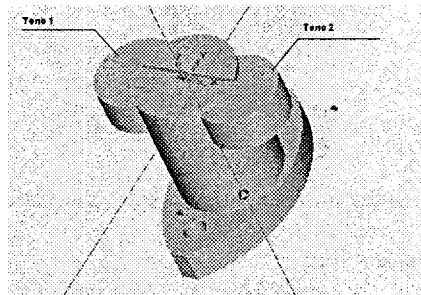




Рисунок 2.18 – Побудова 3D вікон в тілі

Для віднімання тіла:

1. Натисніть і утримуйте кнопку  «Объединение тел» на панелі «Операции с группами объектов». З'явиться прихована панель. Виберіть  «Отнимание тел». З'явиться запит «3D элементы?».
2. Вкажіть корпус деталі.
3. Вкажіть тіла (1 і 2) і натисніть середню кнопку миші. Тіла віднімуть (рис. 2.19).

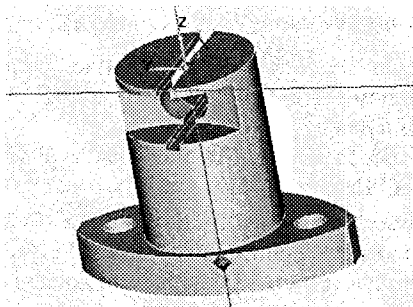







Рисунок 2.19 – Результат виконання операції «Отнимание тел»

Для побудови поясокча:

1. Натисніть на клавішу  «Объединение системы координат с выбранным положением» виберіть вкладку «XYZ отн.» і в полі, що з'явилося, введіть значення «Z=4».
2. На панелі «2D объектов» натисніть клавішу  «Окружность заданного диаметра» в полі «Диаметр =>» введіть значення «10».
3. Натисніть на клавішу Home і клацніть лівою кнопкою миші.
4. Натисніть на клавішу  «Сдвиг профиля на заданную высоту с заданным углом».
5. З'явиться запит профілю. Виберіть профіль і натисніть <Enter>.
6. З'явиться запит «Высота =>», «Угол наклона =>», «Глубина =>», «Глубина отверстия =>».
7. У полі «Высота =>» введіть значення «3,9».
8. Натисніть і утримуйте кнопку  «Выбор элементов» на панелі «Операции с группами объектов». У додатковому меню виберіть «3D только». З'явиться запит «3D элементы?».
9. Виділіть всі об'ємні елементи.
10. Натисніть кнопку  «Объединение тел» на панелі «Операции с группами объектов». Вибрані тіла будуть об'єднані (рис. 2.20).

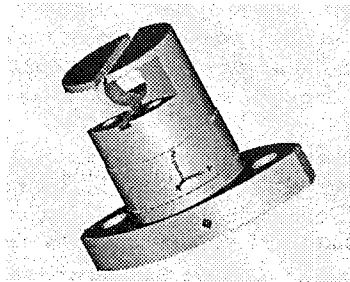






Рисунок 2.20– Результат використання операції «Объединение»

Для побудови розрізу в тілі:

1. Натисніть на клавішу  «Объединение системы координат с выбранным положением» виберіть вкладку «XYZ отн.» і в полі, що з'явилося, введіть значення « $Z = 6,6$ ».
2. Змінимо крок курсора. Натисніть на клавіатурі клавішу <D> в полі крок введіть значення «Шаг = 14,95».
3. На панелі «2D объектов» натисніть клавішу  «Окружность заданного диаметра» в полі «Диаметр =>» введіть значення «28,8».
4. Будуємо два кола діаметром « $D = 28,8$ » віддалені від центра осей на 14,95.
5. Натисніть на клавішу <Tab>.
6. Змінимо крок курсора. Натисніть на клавіатурі клавішу <D> в полі крок введіть значення «Шаг = 8».
7. Натисніть на клавішу «Home».
8. Натисніть на клавішу <2> і натисніть клавішу <L> в полі, що з'явилося, введіть значення «180».
9. Натисніть на клавішу <8> і натисніть клавішу <L> в полі, що з'явилося, введіть значення «180».
10. Натисніть на клавішу <Tab>.
11. Виберіть  «Тримирование» і видаліть зовнішню частину двох кіл (рис. 2.21), а потім з'єднайте крайні точки отриманих дуг за допомогою функції  «Отрезок».

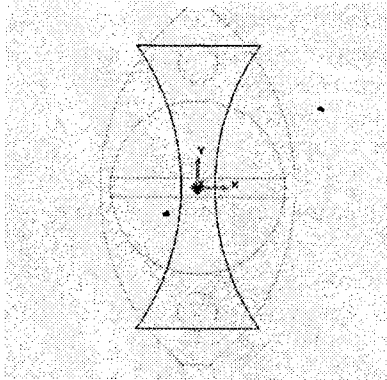





Рисунок 2.21 – Результат використання операції «Тримирование»

12. Натисніть на клавішу  «Сдвиг профиля на заданную высоту с заданным углом».
13. З'явиться запит профілю. Виберіть профіль і натисніть <Enter>.

14. З'явиться запит «Высота =», «Угол наклона =», «Глубина =», «Угол отверстия =».
15. У полі «Высота =» введіть значення «10».
16. Натисніть і утримуйте кнопку  «Объединение тел» на панелі «Операции с группами объектов». З'явиться прихована панель: Виберіть  «Отнимание тел». З'явиться запит «3D элементы?».
17. Вкажіть корпус деталі, тіло і натисніть середню кнопку миші. Тіло відніме свій об'єм в корпусі і в результаті отримаємо 3D-модель (рис. 2.22).

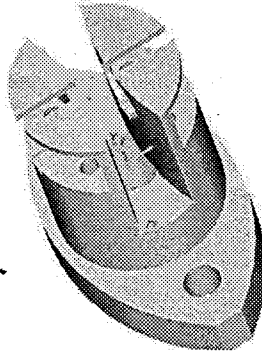


Рисунок 2.22 – 3D-модель деталі

2.2 Опис модуля ADEM CAD

Інтерфейс системи залежить від активного в даний момент модуля системи (CAD, CAM або CAPP), оскільки кожному з них властивий власний набір команд і операцій. За замовчуванням система ADEM завантажує модуль CAD. Для того, щоб перейти в будь-який модуль, необхідно вибрати пункт головного меню «Модуль», в якому потрібно вибрати рядок з назвою необхідного модуля.

Найбільша кількість команд і операцій зосереджена в модулі CAD, у зв'язку з чим, на його прикладі, детальніше розглянемо інтерфейс системи. Для даного модуля існує три типові конфігурації інтерфейсу.

1. Креслення – в даній конфігурації на екрані присутні панелі команд, призначених для плоского моделювання. Рекомендується при підготовці креслень і ескізів.

2. Моделювання – в даній конфігурації на панелі інструментів винесена найбільша кількість команд, призначених для тривимірного проектування.

3. За замовчуванням – дана конфігурація є поєднанням двох попередніх.

Вибір поточної конфігурації здійснюється за допомогою меню «Сервис – Конфигурация».

Користувач може вносити зміни до конфігурації за допомогою діалогового вікна «Настройка». Для того, щоб викликати даний діалог, необхідно вибрати пункт головного меню «Сервис – Настройка».

У даному вікні (рис. 2.23) є п'ять закладок:

1) «Инструментальные панели» – призначена для управління панелями кнопок (панелями інструментів).

Зліва на даній закладці показаний список інструментальних панелей даної конфігурації. Поряд з кожною назвою панелі знаходиться прапорець, за допомогою якого можна приховувати або відображати дану панель. У даний список можна додати власну панель інструментів за допомогою кнопки «Добавить». Створена користувачем панель може бути видалена за допомогою кнопки «Удалить». Також на даній закладці зосереджені прапорці, призначені для управління зовнішнім виглядом кнопок і панелей. Найбільш важливими з них є: «Большие кнопки» і «Отображать подсказку».

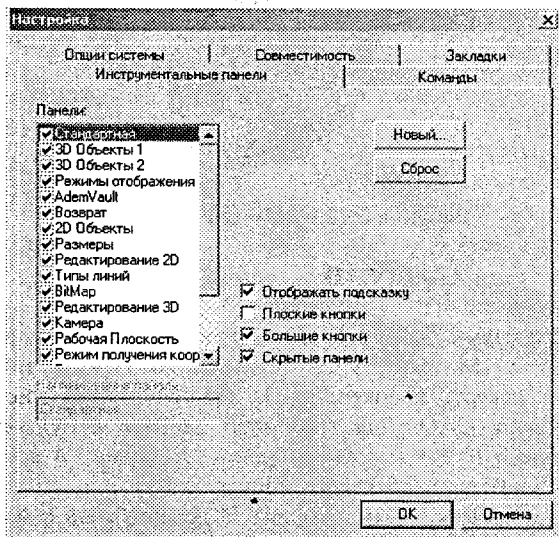


Рисунок 2.23 – Діалогове вікно «Настройка»

2) «Команды» – призначена для управління складом кнопок, розміснених на панелях інструментів.

У даній закладці відображаються кнопки ADEM, згруповані по категоріях. Їх можна переносити на які-небудь панелі інструментів або навпаки перетягувати кнопки з панелей інструментів у вікно діалогу. Тим самим можна оптимізувати інтерфейс системи, додавши на панелі часто використовувані команди і видаливши з них непотрібні.

3) «Закладки» – призначена для управління складом закладок, що відображаються у вікні проекту.

4) «Совместимость» – призначена для настроювання управління виглядом за допомогою миші. За допомогою даної закладки можна вибирати настройки, що аналогічно застосовуються в інших відомих САПР (AUTOCAD, SolidWorks і т. д.) або створити власні.

5) «Опции системы» – призначена для настроювання додаткових опцій ADEM. Створену користувачем конфігурацію можна зберегти у файл для того, щоб згодом нею завжди можна було скористатися.

Щоб зберегти конфігурацію, необхідно вибрати пункт меню «Сервис – Конфигурация – Сохранить конфигурацию».

Щоб завантажити конфігурацію, необхідно вибрати пункт меню «Сервис – Конфигурация – Загрузить конфигурацию».

2.3 Порядок виконання роботи

1. Уважно прочитати і розібратися в розділі 2.1 основні теоретичні відомості. Особливо звернути увагу на основні методи моделювання.

2. Отримати вихідне технічне креслення деталі (деталь індивідуально видається викладачем кожному студенту окремо), виконавши першу лабораторну роботу.

3. Проаналізувати геометрію деталі на технічному кресленні, і виконати тривимірне моделювання деталі в модулі ADEM CAD.

2.4 Зміст звіту

1. Звіт з лабораторної роботи повинен бути виконаний на листах формату А4.

2. Звіт повинен містити: назву лабораторної роботи, її мету і короткі теоретичні відомості.

3. В розділі «Результати виконання лабораторної роботи» студент повинен додати технічне креслення деталі, а також роздруковане на принтері тривимірну модель даної деталі, яке виконане в модулі ADEM CAD.

4. Написати висновки про виконання даної лабораторної роботи.

Контрольні запитання

1. Що таке операція «Трими́рование»?

2. Яка гаряча клавіша відповідає за відображення робочої площини?

3. Які існують види булевих операцій?

4. Що є основою для побудови об'ємних моделей?

5. Для чого потрібне «Дерево построений»?

Лабораторна робота № 3 Технологія проектування технологічного процесу токарної обробки деталі в модулі ADEM CAM

Мета роботи: освоїти технологію проектування процесу токарної обробки деталі, розробити програму управління (ПУ) для станків із ЧПК в модулі ADEM CAM.

3.1 Основні теоретичні відомості

3.1.1 Моделювання токарної обробки штуцера

Розглянемо процес моделювання токарних операцій в ADEM CAM на такому прикладі:

1. Виберіть команду «Открыть» із меню «Файл».
2. Виберіть файл Eхе_NC_9.adm із директорії .../Help/Tutorial.
На екрані з'явиться таке зображення (рис. 3.1).

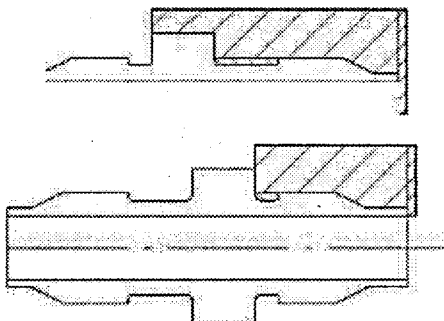


Рисунок 3.1 – Креслення штуцера

На рисунку 3.1 ви бачите зображення штуцера, який повинен бути оброблений. Заштриховані області показують матеріал, який повинен бути видалений. Для обробки деталі з двох сторін створимо два проекти.

3.1.2 Створення «ТО Подрезать/Торец»

Перший технологічний об'єкт складається з КЕ «Торец» і ТП «Подрезать». КЕ Торець — конструктивний елемент, над яким виконуються токарні і свердильно-розточувальні переходи. Визначається Х-координатою, початковим і кінцевим діаметром.

Для створення КЕ «Торець»:

1. Виберіть «Подрезать» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Подрезать».
2. Натисніть кнопку «Добавить», виберіть «Х торца» і вкажіть лівою кнопкою миші точку 1 (рис. 3.2).

3. Натисніть кнопку «D нач.» (початковий діаметр) і вкажіть точку 2 (рис. 3.2).
4. Натисніть кнопку «D кон.» (кінцевий діаметр) і вкажіть точку 3 (рис. 3.2).

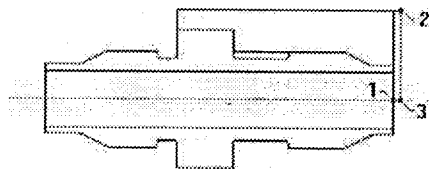


Рисунок 3.2 – Схема створення «КЕ Торець»

3.1.3 Створення технологічного переходу «Подрезать»

1. Виберіть закладку «Параметры». Поставте прапорець «Центрирование» і введіть значення 2 в полі «Глубина».
2. Виберіть закладку «Инструмент».
3. У полі «Диаметр» введіть значення 8.
4. Натисніть кнопку <OK>. У рядку стану з'явиться назва нового технологічного об'єкту («ТО:1 Подрезать/торец»).

3.1.4. Створення ТО «Сверлить/торец»

Другий технологічний об'єкт складається з КЕ «Торець» і ТП «Сверлить».

Для створення КЕ «Торець»:

1. Виберіть «Сверлить (токарная)» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Сверлить».
2. Натисніть кнопку «X нач.» і вкажіть точку 1 (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Схема створення «ТО Сверлить/Торець»

Для того щоб створити ТП «Сверлить» необхідно:

1. Перейти на вкладку «Параметры».
2. У полі «Глубина» ввести значення «50».
3. Поставити прапорець «Многопроходная» і ввести у відповідне поле значення «3».
4. У полі «Выведение» (величина виведення при багатопрохідному свердлінні) ввести значення «5».
5. Вибрати закладку «Инструмент».
6. У полі «Позиция» ввести значення «2».
7. У полі «Длина» ввести значення «50».

8. Натиснути кнопку <ОК>. У рядку стану з'явиться назва нового технологічного об'єкту («ТО:2 Сверлить/Торец»).

3.1.5 Створення «ТО Точить/Область»

Третій технологічний об'єкт складається з «КЭ Область» і «ТП Точить». «КЭ Область» — конструктивний елемент, припуск, що знімається при токарній обробці і обмежений контурами деталі і заготовки.

Для створення «КЭ Область» необхідно:

1. Вибрати «Точить» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Точить».
2. Перейти на вкладку «Место обработки».
3. Вибрати в розділі «Тип», «Полуоткрытая».
4. Натиснути кнопку «Добавить». Вказати контур, що визначає межі області (рис. 3.4).

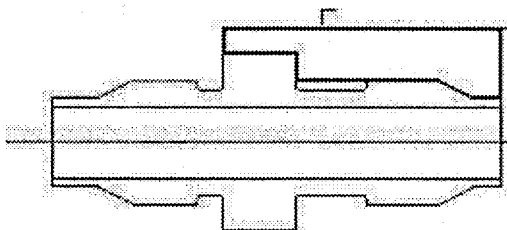


Рисунок 3.4 – Схема створення «ТО Точить/Область»

Для того, щоб створити «ТП Точить» необхідно:

1. Вибрати закладку «Параметры».
2. Поставити прапорець «Многопроходная» і ввести у відповідне поле значення «5».
3. Вибрати закладку «Инструмент».
4. У полі «Позиция» ввести значення «3».
5. Вибрати із списку «Ширина-Диаметр-Радиус» значення «Ширина».
6. Натиснути кнопку <ОК>. У рядку стану з'явиться назва нового технологічного об'єкту («ТО:3 Точить/Область»).

3.1.6 Створення «ТО Точить/Область»

Четвертий технологічний об'єкт складається з «КЭ Область» і «ТП Точить». Але на відміну від попереднього КЭ область закрита.

Для створення «КЭ Область» необхідно:

1. Вибрати «Точить» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Точить».
2. Перейти на вкладку «Место обработки».
3. Вибрати в розділі «Тип», «Закрывающая».
4. Вказати контур, що визначає межі області (рис. 3.5).

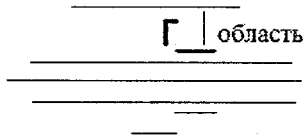


Рисунок 3.5 – Схема створення «ТО Точить/Область»

Для створення «ТП Точить» необхідно:

1. Вибрати закладку «Параметры».
2. Із списку «Схема» вибрати «Прорезка».
3. Із списку «Направление» вибрати «Поперечное справа».
4. Поставити прапорець «Многопроходная» і ввести у відповідне поле значення «4».
5. Вибрати закладку «Инструмент».
6. У полі «Позиция» ввести значення «4».
7. Із списку «Диаметр-Радиус-Ширина» вибрати значення «Ширина» і ввести у відповідне поле значення «4».
8. Натиснути кнопку <OK>. У рядку стану з'явиться назва нового технологічного об'єкта («ТО№:4 Точить/Область»).

3.1.7 Розрахунок траєкторії руху інструменту і моделювання обробки

1. Натисніть кнопку «Процессор» на панелі «Процессор».
2. При виконанні команди «Процессор» буде показана траєкторія руху інструменту і з'явиться діалог «Процессор» з повідомленням «Успешное завершение». Натисніть кнопку <OK>.
3. Натисніть кнопку «Моделирование» на панелі «Моделирование». У діалозі «Моделирование» натисніть кнопку «Старт». Після закінчення моделювання з'явиться повідомлення «Успешное завершение». На екрані з'явиться таке зображення (рис. 3.6).
4. Натисніть кнопку <OK>.

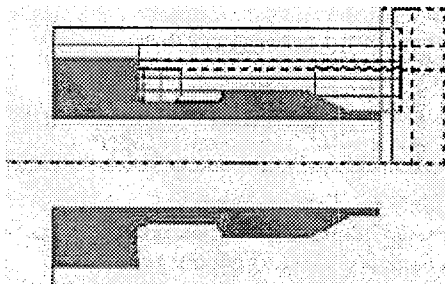


Рисунок 3.6 – Траєкторія руху інструменту і моделювання обробки

3.1.8 Створення другого проекту

Для обробки другої сторони даної деталі створимо другий проект. Для створення нового проекту необхідно:

1. Виділити рядок «Технологический процесс механообработки», правою кнопкою миші викликаємо контекстне меню, далі «Новый» - «Операция» - «Программная» - «Программная 4320...». Відкриється вікно «Операция».
2. Натиснути кнопку <OK>.
3. Відбудеться створення другого проекту. Номер проекту з'явиться в рядку стану.

Змінимо положення початку системи координат. Для зміни положення початку системи координат необхідно:

1. Перемістити курсор до осі симетрії (рис. 3.7).
2. Натиснути клавішу <O> на клавіатурі.

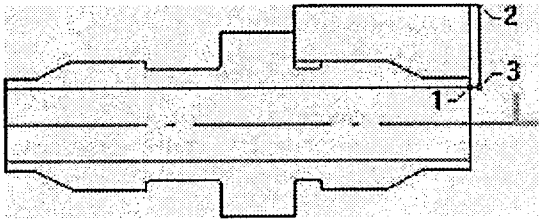


Рисунок 3.7 – Схема зміни положення початку системи координат

Створюємо маршрут обробки деталі:

1. Вибираємо «Подрезать» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Подрезать».
2. Переходимо на вкладку «Место обработки». Натисніть кнопку «Добавить», виберіть «Х торца» і вкажіть точку 1 (рис. 3.7).
3. Натискаємо кнопку «D нач.» (початковий діаметр) і вкажіть точку 2 (рис. 3.7).
4. Натискаємо кнопку «D кон.» (кінцевий діаметр) і вкажіть точку 3 (рис. 3.21).
5. Вибираємо закладку «Инструмент».
6. У полі «Диаметр» вводимо значення «8».
7. Натискаємо кнопку <OK>. У рядку стану з'явиться назва нового технологічного об'єкта («ТО:1 Подрезать/Торцев»).

3.1.9 Створення «ТО Точить/Область»

1. Виберіть «Точить» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Точить».
2. Перейдіть на вкладку «Место обработки».
3. Поставте прапорець «Полуоткрытая».
4. Натисніть кнопку «Добавить» і вкажіть контур, що визначає межі області (рис. 3.8).

5. Перейдіть на закладку «Параметры».
6. Поставте прапорець «Многопроходная» і введіть у відповідне поле значення «5».
7. Виберіть закладку «Инструмент».
8. У полі «Позиция» введіть значення «2».
9. Натисніть кнопку <ОК>. У рядку стану з'явиться назва нового технологічного об'єкта («ТО:2 Точить/Область»).

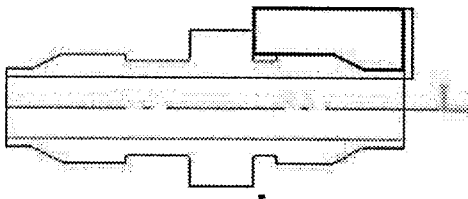


Рисунок 3.8 – Схема створення «ТО Точить/Область»

3.1.10 Створення «ТО Точить/Область»

1. Виберіть «Точить» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Точить».
2. Перейдіть на вкладку «Место обработки».
3. Поставте прапорець «Закрытая».
4. Натисніть кнопку «Добавить» і вкажіть контур, що визначає межі області (рис. 3.9).
5. Перейдіть на закладку «Параметры».
6. Із списку «Схема» виберіть «Прорезка».
7. Із списку «Направление» виберіть «Поперечное справа».
8. Поставте прапорець «Многопроходная» і введіть у відповідне поле значення «2».
9. Виберіть закладку «Инструмент».
10. У полі «Позиция» введіть значення «3».
11. У полі «Ширина» введіть значення «2».
12. Натисніть кнопку <ОК>. У рядку стану з'явиться назва нового технологічного об'єкта («ТО:3 Точить/Область»).

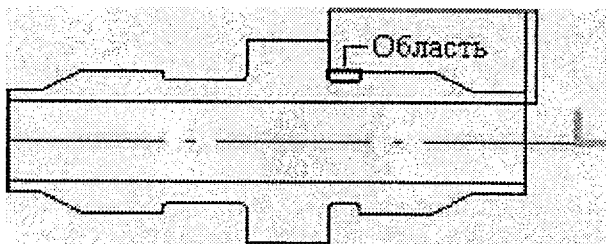


Рисунок 3.9 – Схема створення «ТО Точить/Область»

3.1.11 Створення «ТО Нарезать/Резьбу»

Останній технологічний об'єкт складається з «КЭ Резьба» і «ТП Нарезать». Для того, щоб створити «КЭ Резьба» необхідно:

1. Натиснути кнопку «Нарезать резьбу». З'явиться діалог «Нарезать».
2. У полі «Длина» ввести значення «8».
3. У полі «Шаг» ввести значення «1».
4. У полі «Глубина» ввести значення «0,5».
5. Натиснути кнопку «Добавить», «Х торца» і вказати точку 1 (рис. 3.10).
6. Натиснути кнопку «Добавить», «D нач.» і вказати точку 2 (рис. 3.10).

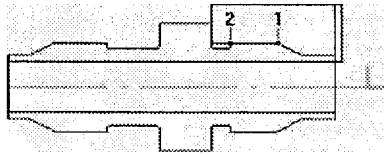


Рисунок 3.10 – Схема створення «ТО Нарезать/Резьбу»

Для того, щоб створити ТП «Нарезать» необхідно:

1. Вибрати закладку «Инструмент».
2. У полі «Позиция» ввести значення «4».
3. У полі «Ширина» ввести значення «5».
4. Натиснути кнопку <OK>. У рядку стану з'явиться назва нового технологічного об'єкта («ТО:4 Нарезать/Резьба»).

3.1.12 Розрахунок траєкторії руху інструменту і моделювання обробки

1. Натисніть кнопку «Процессор» на панелі «Процессор».
2. При виконанні команди «Процессор» буде показана траєкторія руху інструменту і з'явиться діалог «Процессор» з повідомленням «Успешное завершение». Натисніть кнопку <OK>.
3. Натисніть кнопку «Моделирование» на панелі «Моделирование 2D». У діалозі натисніть кнопку «Старт». Після закінчення моделювання з'явиться повідомлення «Успешное завершение». На екрані з'явиться зображення як на рисунку 3.11.

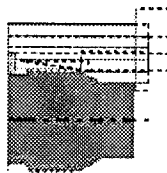


Рисунок 3.11 – Схема траєкторії руху інструменту і моделювання обробки

3.2 Опис модуля ADEM CAM

Після запуску системи на екран дисплея виводиться робочий стіл ADEM CAD. У меню "Файл" містяться команди зі створення, відкриття і збереження робочих файлів, зі збереження маршруту і програми управління (ПУ) за виведенням на друк креслення або даних з екрана дисплея, за диспетчеризацією файлів і виходом з системи.

У меню "Модуль" містяться команди виклику і активізації модулів:

- Adem CAD – графічний;
- Adem CAM – технологічний і створення ПУ;
- Adem TDM – технологічний і зі створення технологічної документації;
- Adem Verify – за об'ємним симулюванням обробки.

У висхідному меню «Модуль» вибором пункту «ADEM CAM» відкривається робочий стіл ADEM CAM (рис. 3.12).

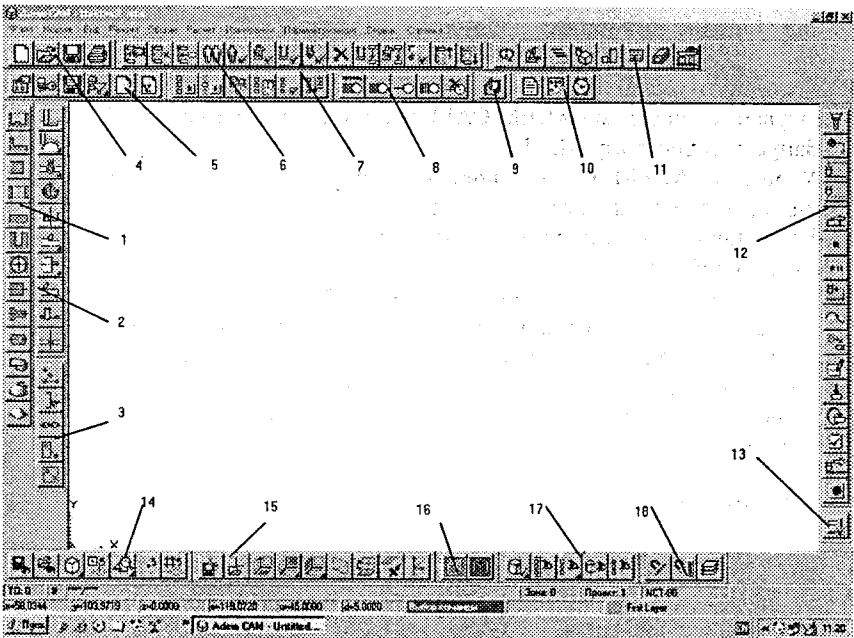


Рисунок 3.12 – Робочий стіл програмного модуля ADEM CAM

Робочий стіл модуля ADEM CAM містить:

- в першому рядку зверху – ім'я модуля системи і робочого файлу;
- в другому рядку – заголовки низхідних меню (вони такі ж, як і в модулі ADEM CAD);

- у центрі – графічне поле, в якому розміщується креслення деталі, і проводяться всі операції моделювання процесу її механообробки;
- навколо графічного поля розташовані панелі управління з кнопками, що містять піктограми команд для моделювання процесу механообробки плоских (2D) і об'ємних (3D) моделей деталі;
- у першому і другому рядку знизу – рядки стану технологічного модуля.

Розташовані навколо графічного поля панелі управління (рис. 3.12) мають таке призначення: 1 – Конструктивні елементи; 2 – Технологічні переходи; 3 – Режими CAM; 4 – Стандартна CAM; 5 – AdemVault CAM; 6 – Управління технологічним елементом; 7 – Процесор; 8 – Моделювання 2D; 9 – Моделювання 3D; 10 – Постпроцесор; 11 – CAM інформація ; 12 – Команди; 13 – Налаштування; 14 – Камера CAM; 15 – Робоча площина CAM; 16 – Режими отримання координат CAM; 17 – Режими відображення CAM; 18 – Режими CAM.

3.3 Порядок виконання роботи

1. Розглянути основні теоретичні відомості щодо розробки ПУ із застосуванням програми ADEM CAM для токарної обробки деталі.
2. Запустити програму ADEM.
3. У модулі ADEM CAD накреслити деталь по своєму варіанту без розмірів (табл. 3.1), додати до контуру деталі контур заготовки (достатньо однієї половини – верхньої), задати початок відліку (вісь обертання – торець готової деталі).
4. Перейти в програмний модуль ADEM CAM.
5. На основі отриманого контуру деталі і заготовки сформувати маршрут обробки (підрізання торця, обробка області, різьба різцем, відрізання).
6. Згенерувати програму управління і записати її в файл.
7. Змоделювати обробку деталі і отримати схему траєкторії руху інструменту.

3.4 Зміст звіту

1. Звіт з лабораторної роботи повинен бути виконаний на листах формату А4.
2. Звіт повинен містити: назву лабораторної роботи, її мету і короткі теоретичні відомості.
3. В розділі «Результати виконання лабораторної роботи» студент повинен додати роздрукований на принтері текст програми управління, а також схему траєкторії руху інструменту.
4. Написати висновки виконання даної лабораторної роботи.

Таблиця 3.1 - Варіанти завдань

Варіанти	Креслення деталі
1	
2	
3	

Варіанти	Креслення деталі
4	
5	
6	

Продовження таблиці 3.1

Варіанти	Креслення деталі
7	
8	
9	

Продовження таблиці 3.1

Варіанти	Креслення деталі
10	
11	
12	

Контрольні запитання

1. Чому для моделювання токарної обробки достатньо тільки однієї частини контуру?
2. Які типи різьб ви знаєте?
3. Чи можна на станку робити операцію свердління?
4. Що таке зенкерування?

Лабораторна робота № 4

Технологія проектування технологічного процесу фрезерної обробки деталі в модулі ADEM CAM

Мета роботи: змодельовати процес фрезерної обробки деталі, розрахувати траєкторію руху інструменту, розробити програму управління (ПУ) для станків із ЧПК в модулі ADEM CAM.

4.1 Основні теоретичні відомості

На рисунку 4.1 показана деталь, на прикладі якої ми розглянемо основні особливості роботи в модулі ADEM CAM, при проектуванні технологічного процесу фрезерної обробки деталі.

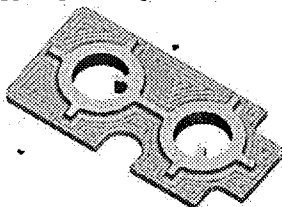


Рисунок 4.1 – Модель оброблюваної деталі


Виберіть файл «Sample_2.adm» із директорії .../Help/Tutorial. ADEM відкриє цей файл. На екрані з'явиться ескіз деталі для обробки.

4.1.1 Створення маршруту обробки

Маршрут обробки цієї деталі складається з таких технологічних об'єктів: а) «начало цикла»; б) «плоскість холостих ходов»; в) «фрезерувать/стенка»; г) «фрезерувать/плоскость»; д) «фрезерувать/окно».

Положення початку циклу задається командою «Начало цикла». Положення початку циклу – точка в просторі, що характеризує положення налагоджувальної точки інструменту перед початком обробки.

Для задання положення початку циклу, необхідно:

1. Натиснути кнопку  «Начало цикла» на панелі «Команды». З'явиться діалог «Начало цикла».
2. У полі «Координата Z», ввести значення «25».
3. Натиснути кнопку «ОК». Буде створений технологічний об'єкт «Начало цикла». Назва ТО з'явиться в рядку стану («ТО:1 Начало цикла»), який показано на рисунку 4.2.

ТО:1 Начало цикла Зона:0 Проект:1


Рисунок 4.2 – Панель технологічного об'єкта «Начало цикла»

Положення площини холостих ходів задається командою «Плоскість холостих ходів».

Площина холостих ходів – площина, по якій виконуються холості переміщення інструменту при переході від одного конструктивного елемента до іншого. Траєкторія руху інструменту розраховується за правилом:

- інструмент переміщається з початкової точки в площину холостих ходів по найкоротшій відстані;
- в межах площини холостих ходів в нову точку;
- по найкоротшій відстані в нову точку.


Для задання положення площини холостих ходів, необхідно:

1. Натиснути кнопку  «Плоскость холостых ходов» на панелі «Команды». З'явиться діалог «Плоскость холостых ходов».
2. Поставити прапорець «Вкл/выкл».
3. Ввести в поле «Координата Z» значення «10».
4. Натиснути кнопку «ОК». Буде створений технологічний об'єкт «Плоскость холостых ходов». Назва ТО з'явиться в рядку стану («ТО:2 Плоскость холостых ходов»).

Третій технологічний об'єкт складатиметься з «КЭ Стенка» і технологічного переходу (ТП) «Фрезерование».

«Стенка» – конструктивний елемент, що має замкнутий або незамкнутий контур. Обробка проводиться із зовнішнього боку.

Для створення КЕ «Стенка», необхідно:

1. Натиснути кнопку  «Стенка» на панелі «Конструктивные элементы» в панелі «ТП Фрезерование». З'явиться діалог «Стенка» (рис. 4.3).
2. У групі «Плоскость привязки» вибрати «Плоскость КЭ», ввести в поле «Глубина» значення «27» і натиснути кнопку «ОК».

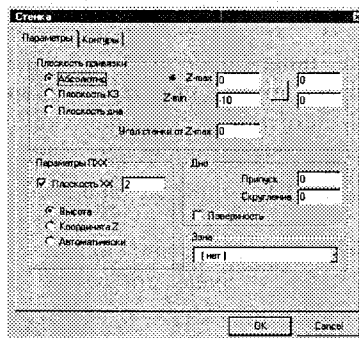


Рисунок 4.3 – Вікно діалогу «Стенка»

3. Вказати контур стінки (рис. 4.4). Буде визначена межа стінки.

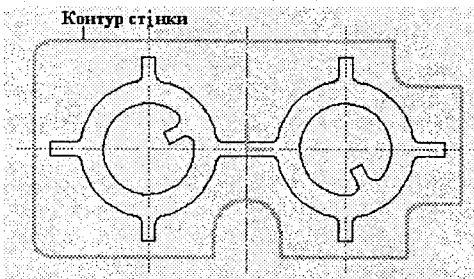



Рисунок 4.4 – Контур «КЭ Стенка»

4. Клацнути середньою кнопкою миші або натиснути клавішу <Esc> для завершення створення «КЭ Стенка». Назва конструктивного елемента з'явиться в рядку стану: («ТО:3 ***/Стенка»).

4.1.2 Створення технологічного переходу «Фрезеровать 2.5X»

Натисніть кнопку  «Фрезеровать 2.5X» на панелі «Переходи». З'явиться діалог «Фрезеровать 2.5X».

1. Введіть в поле «Недобег» значення «29».
2. Виберіть закладку «Инструмент» діалогу «Фрезеровать 2.5X».
3. Введіть в поле «Диаметр» значення «10».
4. Натисніть «ОК». Буде створений третій технологічний об'єкт. Назва ТО з'явиться в рядку стану («ТО:3 Фрезеровать/стенка») (рис. 4.5).




Рисунок 4.5 – Панель технологічного об'єкта «Фрезеровать/стенка»

Наступний технологічний об'єкт складається з «КЭ Плоскость» і технологічного переходу «Фрезеровать 2.5X».

«КЭ Плоскость» – конструктивний елемент, що не має глибини. Обмежувальний контур повинен бути замкнутим. На площині можуть розташовуватися острови, які описуються замкнутими контурами.

Для створення КЕ «Плоскость», необхідно:

1. Натиснути кнопку  «Плоскость» на панелі «Конструктивные элементы». З'явиться діалог «Плоскость».
2. У групі «Плоскость привязки» вибрати «Плоскость КЭ», ввести в поле «Глубина» значення «10» і натиснути кнопку «ОК» (рис. 4.6).

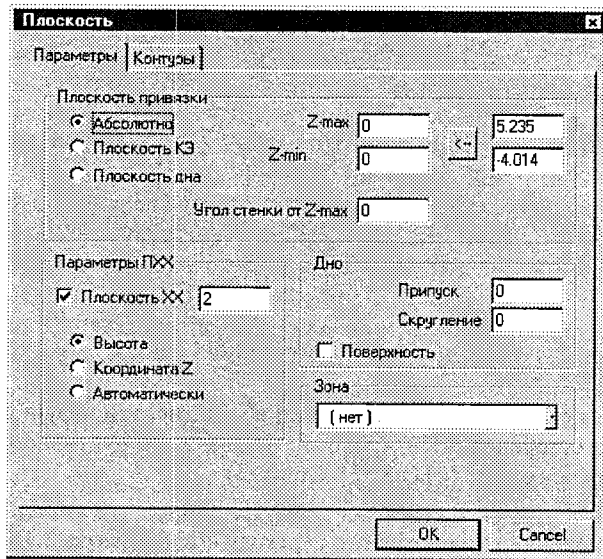


Рисунок 4.6 – Вікно діалогу «Плоскость»

3. Вкажіть контур 1 (рис. 4.7). Буде визначена межа площини.
4. Вкажіть контур 2 (рис. 4.7). Буде визначена бобишка усередині площини.

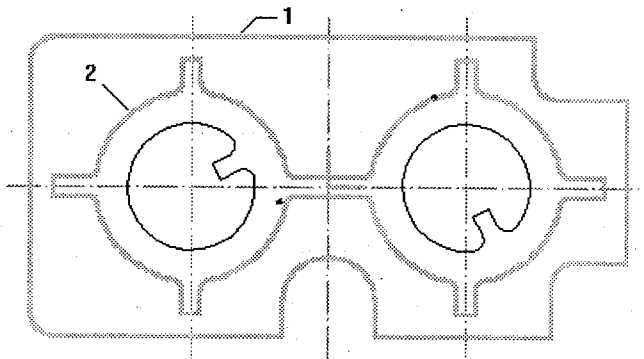



Рисунок 4.7 – Контур «КЭ Стенка»

5. Клацніть середньою кнопкою миші або натисніть клавішу «Esc» для завершення створення КЕ «Плоскость». Назва конструктивного елемента з'явиться в рядку стану: («ТО:4 ***/Плоскость»).


4.1.3 Створення технологічного переходу «Фрезеровать»

1. Натисніть кнопку  «Фрезеровать 2.5X» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Фрезеровать 2.5X».
2. Введіть в поле «Недобег» значення «12».
3. Виберіть команду «Обратная эквидистанта» зі списку «Тип обработки».
4. Натисніть «ОК». Буде створений четвертий технологічний об'єкт. Назва ТО з'явиться в рядку стану («ТО:4 Фрезеровать/плоскость»).

Наступний технологічний об'єкт складається з КЕ «Окно» і технологічного переходу «Фрезеровать».

КЕ «Окно» – конструктивний елемент, який задається одним або декількома замкнутими контурами. Обробка проводиться усередині кожного контуру.

Для створення КЕ «Окно», необхідно:

1. Натиснути кнопку  «Окно» на панелі «Конструктивные элементы». З'явиться діалог «Окно».
2. У групі «Плоскость привязки» вибрати «Плоскость КЭ», ввести в поле «Глубина» значення «27» і натиснути кнопку «ОК» (рис. 4.8).

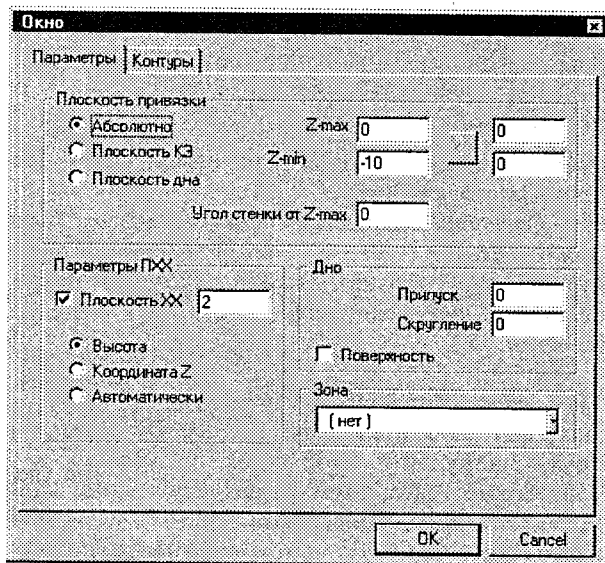


Рисунок 4.8 – Вікно діалогу «Окно»

3. Вказати контури 1 і 2 (рис. 4.9). Ці контури визначають межі вікон.

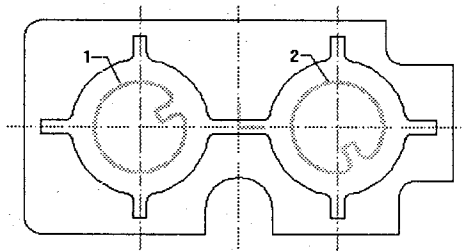




Рисунок 4.9 – Контур «КЭ Стенка»

4. Клацнути середньою кнопкою миші або натиснути клавішу «Esc» для завершення створення КЕ «Окно». Назва конструктивного елемента з'явиться в рядку стану: («ТО:5 ***/Окно»).

4.1.4 Створення технологічного переходу «Фрезеровать»

1. Натисніть кнопку  «Фрезеровать 2.5X» на панелі «Переходи». З'явиться діалог «Фрезеровать 2.5X».
2. Введіть в поле «Недобег» значення «29».
3. Натисніть «ОК». Буде створений п'ятий технологічний об'єкт. Назва ТО з'явиться в рядку стану («ТО:5 Фрезеровать/Окно»).


4.1.5 Створення заготовки

1. Натисніть кнопку  «Заготовка» на панелі «САМ Інформація». З'явиться діалог «Заготовка».
2. Зі списку «Способы задания» виберіть «Контур». Введіть в поле «Z min» значення «-26».
3. Натисніть кнопку «С екрана». Вкажіть контур заготовки. Натисніть кнопку <Esc> або середню кнопку миші.
4. Натисніть «ОК».

4.1.6 Розрахунок траєкторії руху інструменту

Всі технологічні об'єкти створені і тепер Ви можете розрахувати траєкторію руху інструменту. Розрахунок проводиться за допомогою команди «Процессор». Результатом розрахунку є файл CLDATA, який містить послідовність команд для верстата з ЧПК.


Для розрахунку траєкторії руху інструменту, необхідно:

1. Натиснути кнопку  «Процессор» на панелі «Процессор».
2. При виконанні команди «Процессор» буде показана траєкторія руху інструментів і з'явиться діалог «Процессор» з повідомленням «Успешное выполнение». Натиснути кнопку «ОК».





4.1.7 Моделювання обробки

Після розрахунку траєкторії руху інструменту Ви можете змоделювати процес обробки на площині (у модулі ADEM CAM) або в тривимірному просторі (у модулі ADEM Verify).

Для моделювання обробки на площині, необхідно:

1. Натиснути кнопку  «Моделирование» на панелі «Моделирование 2D». У діалозі «Моделирование» натисніть кнопку «Старт».
2. Після закінчення моделювання з'явиться повідомлення «Успешное завершение». Натиснути кнопку «ОК».

Для об'ємного моделювання обробки, необхідно:

1. Натиснути кнопку  «Объемное моделирование» на панелі «Моделирование 3D». З'явиться вікно модуля ADEM Verify.
2. Натиснути кнопку   «Simulate mode» на панелі «Simulate».
3. Натиснути кнопку  «Start» на панелі «Simulate».

Після об'ємного моделювання на екрані з'явиться таке зображення (рис. 4.10):

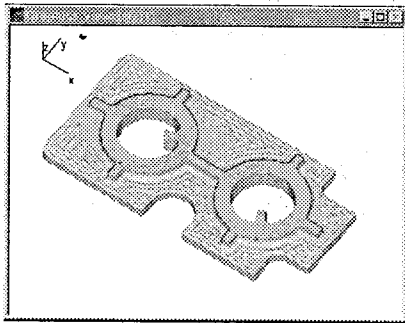



Рисунок 4.10 – Результат об'ємного моделювання обробки деталі


4.1.8 Розрахунок програми управління

Після закінчення об'ємного моделювання активізуєте вікно модуля ADEM CAM. Згенеруємо програму управління (ПУ). Для цього виберемо тип устаткування.

Для вибору типу верстата, необхідно:


1. Натиснути кнопку  «Станок» на панелі «CAM Информация». З'явиться діалог «Оборудование».
2. Вибрати пункт «НІТАСНІ» і натисніть кнопку «ОК».

Для створення програми управління, необхідно:

1. Натиснути кнопку  «Адаптер» на панелі «Процессор». З'явиться запит «Сменить станок в CLDATA?».

2. Натиснути кнопку «Yes». Після трансляції CLDATA в ПУ з'явиться діалог «Параметры» з параметрами: час обробки і довжина програми управління в метрах перфострічки.

Для проглядання програми управління, необхідно:

1. Натиснути кнопку  «Просмотр управляющей программы» на панелі «Постпроцессор». З'явиться вікно з текстом програми управління.
2. Після перегляду ПУ закрити вікно.

4.2 Опис модуля ADEM CAM

Конструктивний елемент — це геометричний елемент деталі, що обробляється за один технологічний перехід. Модуль ADEM CAM працює з тринадцятьма типами конструктивних елементів, за допомогою яких можна описати будь-яку оброблювану деталь. Команди створення конструктивних елементів розташовані на панелі «Конструктивные элементы». Панель «Конструктивные элементы» в модулі ADEM CAM показана на рисунку 4.11. Де показані такі їх типи: 1 – колодязь; 2 – уступ; 3 – стінка; 4 – вікно; 5 – площина; 6 – паз; 7 – отвір; 8 – торець; 9 – область; 10 – різьба; 11 – скіс; 12 – плече; 13 – поверхня.

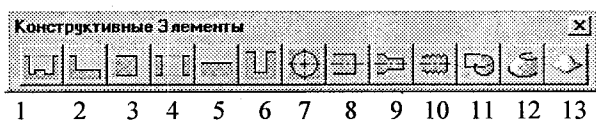


Рисунок 4.11 – Панель «Конструктивные элементы»

Для створення конструктивного елемента будь-якого типу необхідно: вибрати тип створюваного конструктивного елемента, задати параметри, вказати контури, які визначають межі конструктивного елемента або його перетину, і, при необхідності, вказати поверхні, що визначають межі конструктивного елемента.

Для створення програм управління на фрезерні верстати з ЧПК в ADEM використовуються фрезерні переходи. У ADEM реалізоване плоске (2.5X), об'ємне, три- і п'ятикоординатне фрезерування, а також фрезерування з постійним рівнем Z.

Для створення програми управління на свердильні верстати з ЧПК в ADEM використовуються свердильні і розточувальні переходи і переходи для нарізання різьби.

Для створення програм управління на токарні верстати з ЧПК в ADEM використовуються токарні і розточувальні переходи і переходи для нарізання різьби.

Команди задання технологічних переходів розташовані на панелі «Переходи» (рис. 4.12), де подані такі їх типи: 1 – фрезерувати 2.5X; 2 – фрезерувати 3X; 3 – свердлити; 4 – нарізати різьбу; 5 – розточити; 6 – точити; 7 – підрізати; 8 – нарізати різьбу (токарний); 9 – пробити; 10 – різати.

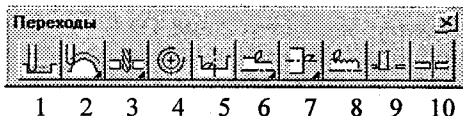


Рисунок 4.12 – Панель «Переходы»

На панелі «Режимы САМ» (рис. 4.13) подані різні типи режимів роботи: 1 – оптимізація (оптимізація обробки групи отворів); 2 – параметри контуру (задання типу стінки КЕ, зміна положення початкової точки контуру і задання глибини контуру); 3 – ланцюжок (автоматична збірка контурів, складених з окремих елементів); 4 – вибір елементів (включення елементів в групу захопленням одного вузла); 5 – вибір елементів (включення елементів в групу виділенням (вибором) всіх вузлів).

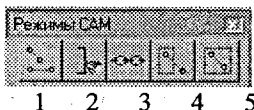


Рисунок 4.13 – Панель «Режимы САМ»

На панелі «Стандартная САМ» (рис. 4.14) подані різні види роботи з файлами: 1 – відкрити новий документ; 2 – відкрити документ (раніше створений); 3 – запис документа (поточного); 4 – друк креслення (поточного).

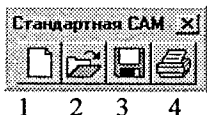


Рисунок 4.14 – Панель «Стандартная САМ»

В процесі задання маршруту обробки потрібно змінити параметри створеного технологічного об'єкта, вставити новий технологічний об'єкт в маршрут, видалити створений технологічний об'єкт і т. д.

Управління технологічними об'єктами здійснюється за допомогою команд, розташованих на панелі інструментів «Управление Технологическими Объектами» і в діалозі «Управление маршрутом» (рис. 4.15): 1 – маршрут (управління ТЕ); 2 – виключити (тимчасове

виключення або відновлення ТЕ з маршруту обробки); 3 – вставити; 4 – дублювати; 5 – змінити (змiна частини ТЕ або його параметричних зв'язків); 6 – редагування переходу (редагування параметрів переходу); 7 – редагування КЕ (редагування параметрів конструктивних елементів із збереженням параметричних зв'язків); 8 – редагування інструменту; 9 – видалення ТЕ; 10 – копіювання в поточний ТО КЕ з раніше створеного ТЕ зі встановленням параметричних зв'язків по КЕ; 11 – перехід з маршруту (копіювання в поточний ТЕ переходу з раніше створеного зі встановленням параметричних зв'язків з переходу); 12 – настройка (настройка параметрів КЕ і технологічного переходу за замовчуванням); 13 – попередній (перехід до попереднього ТЕ в маршруті); 14 – наступний (перехід до наступного ТЕ в маршруті).

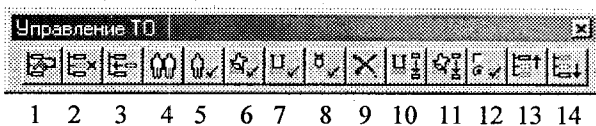


Рисунок 4.15 – Панель «Управление ТО»

4.3 Порядок виконання роботи

1. Розглянути основні теоретичні відомості щодо розробки ПУ із застосуванням програми ADEM CAM для фрезерної обробки деталі.
2. Запустити програму ADEM.
3. У модулі ADEM CAD спроектувати деталь в тривимірній формі за своїм варіантом (табл. 4.1).
4. Перейти в програмний модуль ADEM CAM.
5. На основі отриманого контуру деталі визначити КЕ (паз, колодязь, площину, стінку і т. д.) і сформувавши маршрут фрезерної обробки деталі.
6. Згенерувати програму управління і записати її в файл.
7. Змодельовати обробку деталі * і отримати схему траєкторії руху інструменту.

4.4 Зміст звіту

1. Звіт з лабораторної роботи повинен бути виконаний на листах формату А4.
2. Звіт повинен містити: назву лабораторної роботи, її мету і короткі теоретичні відомості.
3. В розділі «Результати виконання лабораторної роботи» студент повинен додати роздрукований на принтері текст програми управління, а також схему траєкторії руху інструменту.
4. Написати висновки із виконання даної лабораторної роботи.

Таблиця 4.1 - Варіанти завдань

Варіанти	Завдання	Варіанти	Завдання
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	

Лабораторна робота № 5

Технологія проектування технологічного процесу фрезерної обробки поверхні деталі складної форми в модулі ADEM CAM

Мета роботи: овоїти технологію фрезерної обробки поверхні деталі, що задана за допомогою функції, розрахувати траєкторію руху інструменту, розробити програму управління (ПУ) для станків із ЧПК в модулі ADEM CAM.

5.1 Основні теоретичні відомості

На рисунку 5.1 показана деталь, на прикладі якої ми розглянемо основні особливості при проектуванні технологічного процесу фрезерної обробки деталі в модулі ADEM CAM 3X.

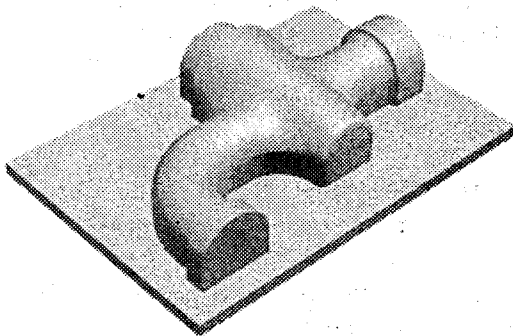


Рисунок 5.1 – Модель оброблюваної деталі

Виберіть файл Sample_3.adm з директорії \ADEM\Help\Tutorial. На екрані з'явиться модель деталі для обробки.

5.1.1 Управління зображенням 3D моделі


ADEM надає широкі можливості управління зображенням. Команди управління зображенням розташовані на панелі «Стандартные Видь», а також можуть бути викликані натисненням деяких клавіш на клавіатурі. Нижче наведено декілька прикладів застосування команд управління зображенням.

Щоб змінити положення моделі одночасно натисніть клавішу <Ctrl> на клавіатурі і ліву кнопку миші і переміщайте курсор, поки не буде відображено потрібне положення моделі на екрані. Для того, щоб змінити вигляд, необхідно одночасно натиснути клавішу <Shift> на клавіатурі і ліву кнопку миші і переміщати курсор, поки не буде відображений потрібний вигляд моделі.


5.1.2 Зміна масштабу зображення

Одночасно натисніть клавішу <Ctrl> на клавіатурі і середню кнопку миші і переміщуйте курсор, поки не буде відображено потрібне положення моделі на екрані. Для зміни масштабу зображення також використовуйте команди на панелі «3D Вид».




5.1.3 Відображення каркасної моделі

1. Натисніть кнопку  «Режимы отображения» на панелі «Режимы отображения». Відкриється діалог «Изображение».
2. Поставте прапорець «Каркас».
3. Виберіть команду «Выключено» зі списку «Тонирование».
4. Натисніть кнопку «ОК».

5.1.4 Відображення тонованої моделі

1. Натисніть кнопку  «Режимы отображения» на панелі «Режимы отображения». Відкриється діалог «Изображение».
2. Виберіть команду «Тонированное» зі списку «Тонирование».
3. Поставте прапорець «Двухстороннее».
4. Натисніть кнопку «ОК».


5.1.5 Відображення стандартних виглядів


1. Натисніть кнопку  «Вид сверху» на панелі «Стандартные виды» для відображення вигляду зверху.
2. Натисніть кнопку  «Вид спереди» на панелі «Стандартные виды» для відображення вигляду спереду.
3. Натисніть кнопку  «Изометрический вид» на панелі «Стандартные виды» для відображення ізометричного вигляду. .

5.1.6 Установлення робочої площини

Робоча площина – елемент, який показує положення і орієнтацію 3D моделі в просторі. У модулі АDEM САМ робоча площина визначає положення шпинделя щодо деталі. Шпиндель завжди перпендикулярний до робочої площини. Перед створенням маршруту обробки, ви повинні встановити робочу площину за допомогою команди «Установка рабочей плоскости».

Для відображення робочої площини:

1. Натисніть кнопку  «Режимы отображения» на панелі «Режимы отображения». Відкриється діалог «Изображение».
2. Поставте прапорець «Рабочая плоскость» і натисніть кнопку «ОК». З'явиться робоча площина.

Для установлення робочої площини натисніть кнопку  «Вид на робочую плоскість» на панелі «Режимы».

5.1.7 Створення контуру заготовки

Заготовка визначає положення і величину матеріалу, який буде знятий при чорновій обробці. Задамо контур заготовки (рис. 5.2).

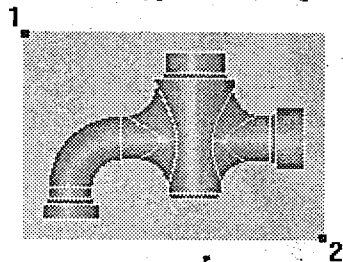




Рисунок 5.2 – Контур заготовки

Для створення контуру заготовки:

1. Натисніть кнопку  «Прямоугольник» на панелі «2D Объекты».
2. Підведіть курсор до точки 1 і натисніть клавішу <З> на клавіатурі.
3. Натисніть клавішу <Пробел>.
4. Підведіть курсор до точки 2 і натисніть клавішу <З> на клавіатурі.
5. Натисніть клавішу <Пробел>.

5.1.8 Чорнова обробка


Перейдіть в модуль ADEM CAM. Положення початку циклу задамо командою «Начало цикла». Положення початку циклу – точка в просторі, що характеризує положення точки настроювання інструменту перед початком обробки. Для задання положення початку циклу:

1. Натисніть кнопку  «Начало цикла» на панелі «Команды». З'явиться діалог «Начало цикла».
2. У полі «Координата Z», введіть значення «40».
3. Натисніть кнопку «ОК». Буде створений технологічний об'єкт «Начало цикла». Назва ТО з'явиться в рядку стану («ТО:1 Начало цикла»).

Положення площини холостих ходів задається командою «Плоскость холостых ходов». Площина холостих ходів – площина, по якій виконуються холості переміщення інструменту при переході від одного конструктивного елемента до іншого. Траєкторія руху інструменту розраховується за правилом:

- інструмент переміщається з початкової точки в площину холостих ходів по найкоротшій відстані;
- в межах площини холостих ходів в нову точку;
- по найкоротшій відстані в нову точку.

Для задання положення площини холостих ходів:

1. Натисніть кнопку  «Плоскость холостых ходов» на панелі «Команды». З'явиться діалог «Плоскость холостых ходов».
2. Поставте прапорець «Вкл/выкл».
3. Введіть в поле «Координата Z» значення «30».

Натисніть кнопку «ОК». Буде створений технологічний об'єкт «Плоскость холостых ходов». Назва ТО з'явиться в рядку стану («ТО:2 Плоскость холостых ходов»).

На наступному етапі підготовки ПУ створимо заготовку. В даному прикладі заготовка задається прямокутником, що лежить в площині ХУ з максимальною і мінімальною координатою Z (рис. 5.3).

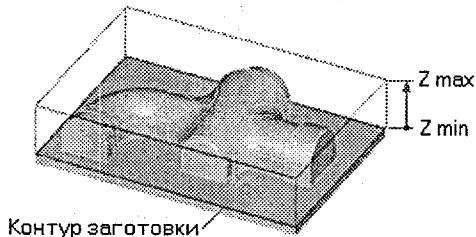



Рисунок 5.3 – Схема задання параметрів заготовки


Якщо параметр «Поверхность» включений, конструктивний елемент визначається вказаним 2D контуром і 3D поверхнею, що є дном конструктивного елемента.

Для створення заготовки:

1. Натисніть кнопку  «Колодец» на панелі «Конструктивные элементы». З'явиться діалог «Колодец».
2. Виберіть «Плоскость привязки», «Абсолютно».
3. Введіть в поле «Z max» значення «20».
4. Введіть в поле «Z min» значення «-10». Де: «Z max» – максимальна Z координата, «Z min» – мінімальна Z координата заготовки.
5. У розділі «Параметры ПХХ» виберіть «Плоскость ПХХ», «Координата Z» і введіть значення «25» в полі справа.
6. Поставте прапорець «Поверхность». Натисніть кнопку «ОК». З'явиться запит «Контур».
7. Вкажіть контур заготовки.
8. Натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі. З'явиться запит «Ф. Пврх». Натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі.
9. З'явиться запит «К. Пврх». Натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі.

Вся 3D модель буде вибрана і підсвічуватися зеленим кольором. Назва конструктивного елементу з'явиться в рядку стану («ТО:3 ***/Колодець»).

Створимо технологічний перехід «Фрезеровать» для КЕ «Колодець».

1. Натисніть кнопку  «Фрезеровать 2.5X» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Фрезеровать».
2. Введіть в поле «Недобег» значення «0».
3. Виберіть закладку «Дополнительные» і введіть в поле «Остаточный припуск», «Внешний» значення «-8».
4. Введіть в поле «Остаточный припуск», «Внутренний» значення «1».

Поставте прапорець «Многопроходная», виберіть «Глубина» і введіть в поле значення «5,8». Цей параметр визначає відстань між Z рівнями (рис. 5.4).

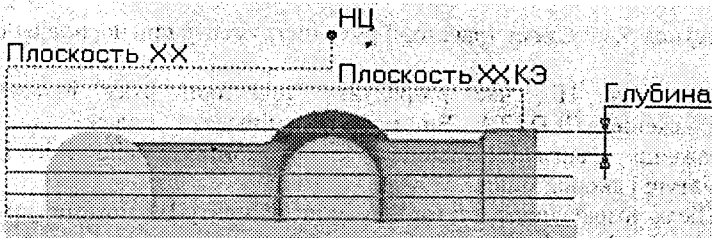



Рисунок 5.4 – Схема позначення глибини різання, відстань між Z рівнями

5. Задамо стратегію обробки. Виберіть закладку «Параметры» і в полі «Тип обработки» виберіть «Зигзаг» і введіть в поле «Угол» значення – «90».
6. Задамо параметри підходу. Виберіть закладку «Подход/Отход» і в полі «Подход» виберіть «Выключено».
7. Задамо параметри відходу. У полі «Отход» виберіть «Выключено».
8. Виберіть закладку «Инструмент». Виберіть в полі «Тип» значення «Фреза концевая скругленная».
9. Введіть в поле «Диаметр» значення «16».
10. Введіть в поле «Радиус скругления» значення «1».
11. Натисніть кнопку «ОК». Буде створений третій технологічний об'єкт. Назва ТО з'явиться в рядку стану («ТО:3 Фрезеровать/колодець»).

Створено три технологічні об'єкти, і тепер Ви можете розрахувати траєкторію руху інструменту. Розрахунок проводиться за допомогою команди «Процессор»: Результатом розрахунку є файл CLDATA, який містить послідовність команд для верстата із ЧПК.

Для розрахунку траєкторії руху інструменту:

1. Натисніть кнопку  «Процессор» на панелі «Процессор».

2. При виконанні команди «Процессор» буде показана траєкторія руху інструментів (рис. 5.5) і з'явиться діалог «Процессор» з повідомленням «Успешное выполнение». Натисніть кнопку «ОК».

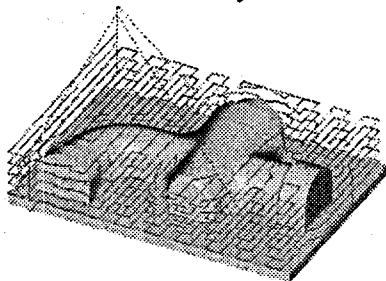



Рисунок 5.5 – Схема траєкторії руху інструменту при чорновій обробці

Примітка. Під час розрахунку траєкторії руху інструменту і відображення CLDATA Ви можете змінювати положення, масштаб зображення і вигляд 3D моделі за допомогою клавіш Shift і Ctrl на клавіатурі і кнопок миші.

Після розрахунку траєкторії руху інструменту Ви можете моделювати процес обробки.

Для об'ємного моделювання обробки:

1. Натисніть кнопку  «Объемное моделирование» на панелі «Моделирование». З'явиться вікно модуля ADEM Verify.
2. Зчитайте дані для моделювання обробки з файлу `c:\tmp\plent.tap` за допомогою команди File, Open.
3. Виберіть команду Stock, Box з меню Model. З'явиться діалог створення заготівки.
4. Введіть такі параметри:
 - a. «Corner 1: X=-85; Y=-51; Z=-15»;
 - b. «Corner 2: X=64; Y=53; Z=20».
5. Натисніть кнопку «Modify».
6. Натисніть кнопку «Simulate mode» на панелі «Simulate».
7. Натисніть кнопку «Start» на панелі «Simulate».
8. Після об'ємного моделювання на екрані з'явиться таке зображення (рис. 5.6).

На цьому етапі ми збережемо файл під іменем `roughing.wip`, що є результатом чорнової обробки, який буде використаний в моделюванні чистової обробки. Збереження цього файлу виконується командою «Write WIP File».

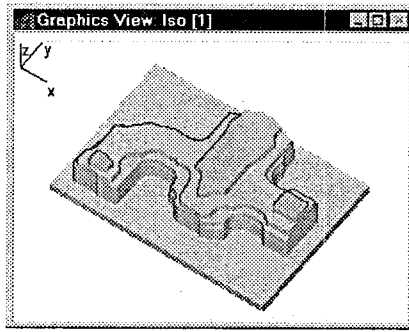



Рисунок 5.6 – Результат об'ємного моделювання обробки деталі



5.1.9 Чистова обробка

Натисніть кнопку  «Погасить траекторию» на панелі «Моделирование 2D» для відключення відображення розрахованої траєкторії руху інструменту.

5.1.10 Дублювання технологічного об'єкта «Плоскость холостых ходов»


У наступному технологічному переході ви використовуватимете фрезу іншого діаметра. При зміні інструменту, в системі відбувається автоматичне відключення технологічної команди «Плоскость холостых ходов». Тому дублюємо раніше створений ТО «Плоскость холостых ходов».

Для дублювання ТО:


1. Натисніть кнопку  «Предварительный» на панелі «Управление технологическими объектами». У рядку стану з'явиться «ТО:2 Плоскость холостых ходов».
2. Натисніть кнопку  «Дублировать» на панелі «Управление технологическими объектами». З'явиться новий технологічний об'єкт «Плоскость холостых ходов», який буде розташований останнім в маршруті обробки. У рядку стану з'явиться «ТО:4 Плоскость холостых ходов».

Дублюємо KE «Колодец». Команда «Конструктивный элемент с маршрута» дублює вибраний конструктивний елемент і поміщає новий ТО останнім в маршруті обробки. Обидва KE – оригінальний і дубльований є параметрично пов'язаними. Будь-яка зміна параметрів в одному з KE відображається на інших конструктивних елементах, пов'язаних з ним параметрично.



Для дублювання KE «Колодец»:

1. Натисніть кнопку  «Конструктивный элемент с маршрута» на панелі «Управление технологическими объектами». З'явиться діалог «Управление маршрутом».
2. Виберіть технологічний об'єкт «Фрезеровать/колодец». Натисніть кнопку «ОК». Дубльований конструктивний елемент з'явиться в кінці списку «ТО:5 ***/Колодец».


Створимо технологічний перехід «Фрезеровать» для видалення матеріалу колодязя, що залишився на дні, після чорнової обробки:

1. Натисніть кнопку  «Фрезеровать 2.5X» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Фрезеровать».
2. Введіть в поле «Недобег» значення «3».
3. Виберіть закладку «Дополнительные» і введіть в поле «Остаточный припуск», «Внешний» значення «-3».
4. Поставте прапорець «Многопроходная», виберіть «Проходов» і введіть в поле значення «1».
5. Виберіть закладку «Инструмент». Введіть в поле «Позиция» значення «2».
6. Введіть в поле «Диаметр» значення «6».
7. Натисніть «ОК». Буде створений п'ятий технологічний об'єкт. Назва ТЕ з'явиться в рядку стану («ТО:5 Фрезеровать /колодец»).

Дублюємо ТО «Плоскость холостых ходов». Для дублювання ТО:

1. Натисніть кнопку  «Предварительный» на панелі «Управление технологическими объектами» три рази. У рядку стану з'явиться «ТО:2 Плоскость холостых ходов».
2. Натисніть кнопку  «Дублировать» на панелі «Управление технологическими объектами». З'явиться новий технологічний об'єкт «Плоскость холостых ходов», який буде в своєму розпорядженні останнім в маршруті обробки. У рядку стану з'явиться «ТО:6 Плоскость холостых ходов».

Для створення KE «Поверхность»:

1. Натисніть кнопку  «Поверхность» на панелі «Конструктивные элементы». З'явиться діалог «Поверхность».
2. Виберіть «Плоскость привязки», «Абсолютно».
3. У полі «Z-max» введіть значення «20». У полі «Z-min» введіть значення «0»;
4. У полі «Параметры ПХХ» виберіть «Плоскость ПХХ», «Координата Z» і введіть значення «25» в полі справа.
5. Натисніть кнопку «ОК». У рядку стану з'явиться запит «Ф. Пврх».
6. Вкажіть поверхні, виділені на рисунку 5.7. Вибрані поверхні підсвічуватимуться зеленим кольором. В процесі вибору поверхонь Ви

можете змінювати положення, масштаб зображення і вигляд моделі за допомогою клавіш <Shift> і <Ctrl> на клавіатурі і кнопок миші.

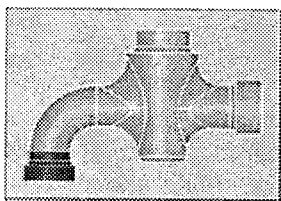



Рисунок 5.7 – Схема вибору поверхонь фрезерування

7. Натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі. У рядку стану з'явиться запит «К. Пврх».

8. Натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі.

Створимо технологічний перехід «Фрезеровать 3X», для цього:

1. Натисніть кнопку  «Фрезеровать 3X» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Фрезеровать».

2. Введіть в поле «Глубина резания» виберіть із списку «мм» і введіть значення «1».

3. Введіть в поле «Недобег» значення «7».

4. Задамо стратегію обробки. У полі «Тип обработки» виберіть «Зигзаг» і введіть в поле «Угол» значення «0».

5. Виберіть закладку «Инструмент». Виберіть в полі «Тип» значення «Фреза концевая сферическая».


6. Введіть в поле «Позиция» значення «3».

7. У полі «Диаметр» введіть значення «6».

8. Натисніть «ОК». Буде створений сьомий технологічний об'єкт. Назва ТО з'явиться в рядку стану («ТО:7 Фрезеровать /поверхность»).

До розрахунку траєкторії руху інструменту тимчасово виключимо з маршруту третій технологічний об'єкт. Це потрібно для швидшого розрахунку і моделювання обробки. Для моделювання обробки ми використовуватимемо раніше збережений файл WIP. Команда «Виключить/обновить» тимчасово видаляє і відновлює технологічні об'єкти. Виключений з маршруту технологічний об'єкт відмічається символом «*» перед назвою об'єкта в діалозі «Управление маршрутом» і в рядку стану. Виключений з маршруту об'єкт не враховується при розрахунку траєкторії переміщень інструменту і моделюванні обробки.


Для виключення ТО з маршруту обробки:

1. Натисніть кнопку  «Маршрут» на панелі «Управление технологическими объектами». З'явиться діалог «Управление маршрутом».

2. Виберіть третій технологічний об'єкт «Фрезеровать /колодец».

3. Натисніть кнопку «Выключить». З'явиться символ «*» перед назвою технологічного об'єкта.
4. Натисніть кнопку «ОК». З'явиться запит «Маршрут изменен. Перестроить?».
5. Натисніть кнопку «Да».

Для розрахунку траєкторії руху інструменту:

1. Натисніть кнопку  «Процессор» на панелі «Процессор».
2. При виконанні команди «Процессор» буде показана траєкторія руху інструментів (рис. 5.8) і з'явиться діалог «Процессор» з повідомленням «Успешное выполнение». Натисніть кнопку «ОК».

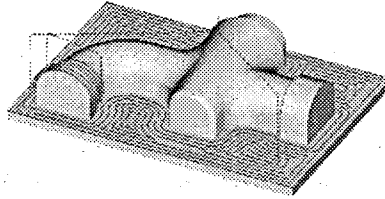



Рисунок 5.8 – Схема траєкторії руху інструменту при чорновій обробці

Для об'ємного моделювання обробки:

1. Натисніть кнопку  «Объемное моделирование» на панелі «Моделирование». З'явиться вікно модуля ADEM Verify.
2. Зчитайте дані для моделювання обробки з файлу c:\tmp\plent.tap за допомогою команди «File», «Open».
3. Виберіть команду «Read WIP fil» з меню «File». З'явиться діалог «Read WIP file».
4. Виберіть файл roughing.wip. Натисніть кнопку «ОК»;
5. Натисніть кнопку «Star» на панелі «Simulate».
6. Після об'ємного моделювання на екрані з'явиться таке зображення (рис. 5.9).

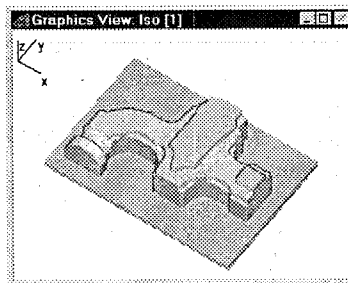



Рисунок 5.9 – Результат об'ємного моделювання обробки деталі

Для створення KE «Поверхность»:

1. Натисніть кнопку  «Поверхность» на панелі «Конструктивные элементы». З'явиться діалог «Поверхность».
2. Виберіть «Плоскость привязки», «Абсолютно».
3. У полі «Z-max» введіть значення «20». У полі «Z-min» введіть значення «0».
4. У групі «Параметры ПХХ» виберіть «Плоскость ПХХ», «Координата Z» і введіть значення «25» в полі справа.
5. Натисніть кнопку «ОК». У рядку стану з'явиться запит «Ф. Пврх».
6. Вкажіть поверхню, виділену на рисунку. Вибрана поверхня підсвічуватиметься зеленим кольором (рис. 5.10).

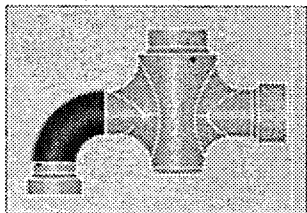



Рисунок 5.10 – Схема вибору поверхонь фрезерування

7. Натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі. У рядку стану з'явиться запит «К. Пврх».

8. Натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі.

Створимо технологічний перехід «Фрезеровать», для цього:

1. Натисніть кнопку  «Фрезеровать 3Х» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Фрезеровать».

2. Введіть в поле «Глубина резания» виберіть із списку «мм» і введіть значення «1».

3. Введіть в поле «Недобег» значення «7».

4. Задамо стратегію обробки. У полі «Тип обработки» виберіть «Зигзаг UV» і введіть в поле «Угол» значення «0».


5. Виберіть закладку «Инструмент». Виберіть в полі «Тип» значення «Фреза концевая сферическая».

6. Введіть в поле «Позиция» значення «3».

7. У полі «Диаметр» введіть значення «6».

8. Натисніть «ОК». Буде створений восьмий технологічний об'єкт. Назва ТО з'явиться в рядку стану «(ТО:8 Фрезеровать/поверхность)».

Для створення KE «Поверхность».

1. Натисніть кнопку  «Поверхность» на панелі «Конструктивные элементы». З'явиться діалог «Поверхность».

2. Виберіть «Плоскость привязки», «Абсолютно».

3. У полі «Z-max» введіть значення «20». У полі «Z-min» введіть значення «0».
4. У полі «Параметры ПХХ» виберіть «Плоскость ПХХ», «Координата Z» і введіть значення «25» в полі справа.
5. Натисніть кнопку «ОК». У рядку стану з'явиться запит «Ф. Пврх».
6. Вкажіть поверхні, виділені на рисунку 5.11. Вибрані поверхні підсвічуватимуться зеленим кольором.

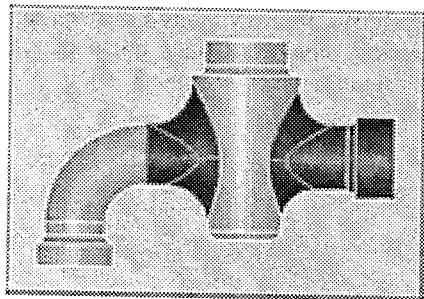



Рисунок 5.11 – Схема вибору поверхонь фрезерування

7. Натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі. У рядку стану з'явиться запит «К. Пврх».

8. Натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі.

Створення технологічного переходу «Фрезеровать»:

1. Натисніть кнопку  «Фрезеровать 3X» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Фрезеровать».

2. Введіть в поле «Глубина резания» виберіть зі списку «мм» і введіть значення «1».

3. Введіть в поле «Недобег» значення «7».

4. Задамо стратегію обробки. У полі «Тип обработки» виберіть «Зигзаг» і введіть в поле «Угол» значення «-90».


5. Виберіть закладку «Инструмент». Виберіть в полі «Тип» значення «Фреза концевая сферическая».

6. Введіть в поле «Позиция» значення «3».

7. У полі «Диаметр» введіть значення «6».

8. Натисніть «ОК». Буде створений дев'ятий технологічний об'єкт. Назва ТО з'явиться в рядку стану («ТО:9 Фрезеровать/поверхность»).

Щоб створити KE «Поверхность»:

1. Натисніть кнопку  «Поверхность» на панелі «Конструктивные элементы». З'явиться діалог «Поверхность».

2. Виберіть «Плоскость привязки», «Абсолютно».

3. У полі «Z-max» введіть значення «20». У полі «Z-min» введіть значення «0».
4. У групі «Параметри ПХХ» виберіть «Плоскість ПХХ», «Координата Z» і введіть значення «25» в полі справа.
5. Натисніть кнопку «ОК». У рядку стану з'явиться запит «Ф. Пврх».
6. Вкажіть поверхні, виділені на рисунку 5.12. Вибрані поверхні підсвічуватимуться зеленим кольором.

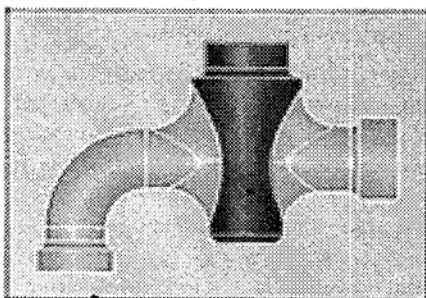




Рисунок 5.12 – Схема вибору поверхонь фрезерування

7. Натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі. У рядку стану з'явиться запит «К. Пврх».
8. Натисніть середню кнопку миші або клавішу <Esc> на клавіатурі.
Для створення технологічного переходу «Фрезеровать»:


 1. Натисніть кнопку  «Фрезеровать 3Х» на панелі «Переходы». З'явиться діалог «Фрезеровать».
 2. Введіть в поле «Глубина резания» виберіть із списку «мм» і введіть значення «1».
 3. Введіть в поле «Недобег» значення «7».
 4. Задамо стратегію обробки. У полі «Тип обработки» виберіть «Зигзаг» і введіть в поле «Угол» значення «0».
 5. Виберіть закладку «Инструмент». Виберіть в полі «Тип» значення «Фреза концевая сферическая».
 6. Введіть в поле «Позиция» значення «3».
 7. У полі «Диаметр» введіть значення «6».
 8. Натисніть «ОК». Буде створений десятий технологічний об'єкт. Назва ТО з'явиться в рядку стану («ТО:10 Фрезеровать/поверхность»).

До розрахунку траєкторії руху інструменту для всього маршруту обробки відновимо третій технологічний об'єкт, який був тимчасово виключений з маршруту.

Для відновлення ТО:

1. Натисніть кнопку  «Маршрут» на панелі «Управление технологическими объектами». З'явиться діалог управління маршрутом.
2. Виберіть технологічний об'єкт «Фрезеровать/колодец».
3. Натисніть кнопку «Обновить».
4. Натисніть кнопку «ОК». З'явиться запит «Маршрут изменен. Перестроить?».
5. Натисніть кнопку «Да».

Для розрахунку траєкторії руху інструменту:

Натисніть кнопку  «Процессор» на панелі «Процессор». При виконанні команди «Процессор» буде показана траєкторія руху інструментів (рис. 5.13) і з'явиться діалог «Процессор» з повідомленням «Успешное выполнение». Натисніть кнопку «ОК».

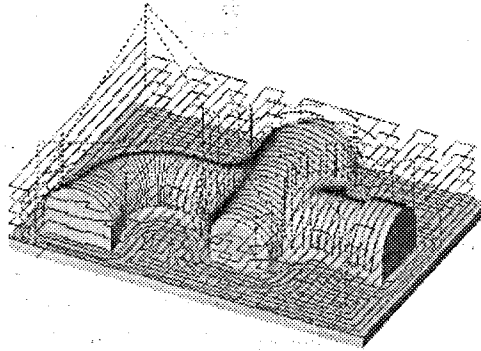



Рисунок 5.13 – Схема траєкторії руху інструменту при чорновій обробці

Після розрахунку траєкторії руху інструменту Ви можете змоделювати процес обробки.

Для об'ємного моделювання обробки:

1. Натисніть кнопку  «Объемное моделирование» на панелі «Моделирование». З'явиться вікно модуля ADEM Verify.
2. Порахуйте дані для моделювання обробки з файлу c:\tmp\plent.tap за допомогою команди «File, Open».
3. Виберіть команду «Stock, Vox» з меню «Model». З'явиться діалог створення заготовки.
4. Натисніть кнопку «Modify».
5. Натисніть кнопку «Simulate mode» на панелі «Simulate».
6. Натисніть кнопку «Start» на панелі «Simulate».

Після об'ємного моделювання на екрані з'явиться наступне зображення (рис. 5.14).

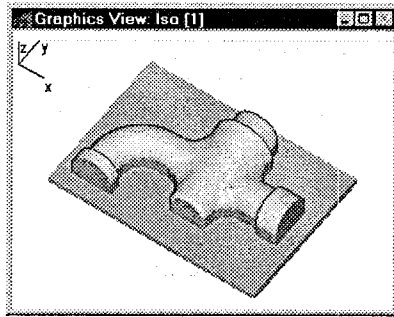


Рисунок 5.14 – Результат об'ємного моделювання обробки деталі

5.2 Опис модуля ADEM CAM

Команда «Полное моделирование» використовується для моделювання обробки з відображенням в рядку стану координат поточного положення інструменту і параметрів інструменту (подача, швидкість обертання шпинделя, ЗОР).

Команда «Моделирование» використовується для моделювання обробки з відображенням в рядку стану координат інструменту в кінцевій точці поточного елемента CLDATA і параметрів інструменту.

Команда «Пошаговое моделирование» (панель «Моделирование 2D») використовується для моделювання обробки з відображенням в рядку стану координат поточного положення інструменту і параметрів інструменту (подача, швидкість обертання шпинделя, ЗОР). При цьому інструмент зупиняється в кожній кінцевій точці поточного елемента CLDATA. До команд «Моделирования 2D» входять такі (рис. 5.15): 1 – повне моделювання обробки з виведенням координат поточного положення інструменту; 2 – моделювання обробки з виведенням в інформаційному рядку координат інструменту в кінцевій точці поточного елемента; 3 – показати траєкторію (відображення траєкторії руху настроювальної точки інструменту); 4 – покрокове моделювання обробки з виведенням в інформаційному рядку координат поточного положення інструменту; 5 – не відображати траєкторію руху настроювальної точки інструменту.

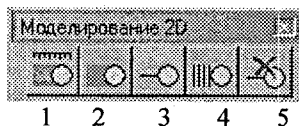


Рисунок 5.15 – Панель «Моделирование 2D»

Для об'ємного відображення траєкторії руху інструменту і моделювання обробки Ви можете використовувати модуль ADEM Verify, який включається панеллю "Объемное моделирование" (рис. 5.16). Кінцевим результатом моделювання обробки буде твердотільна тонована модель.

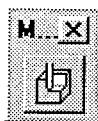


Рисунок 5.16 – Панель «Моделирование 2D»

Після перетворення файлу CLDATA в програму управління, можна проглянути текст ПУ за допомогою команд, розташованих на панелі «Постпроцессор» (рис. 5.17), де: 1 – «Просмотр CLDATA»; 2 – «Просмотр управляющей программы»; 3 – «Время обработки и длина перфорированной ленты».

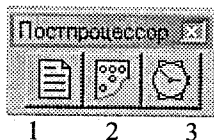


Рисунок 5.17 – Панель «Постпроцессор»

Технологічні команди розташовані на панелі "Команды" (рис. 5.18), де: 1 – інструмент (призначення і коректування інструменту); 2 – початок циклу; 3 – безпечна позиція (задання безпечної позиції); 4 – площина холостих ходів; 5 – пере захоплення (задання пере захоплення для пресів з ЧПК); 6 – стоп (здійснення програмного останову верстата і ПУ з виключенням шпинделя); 7 – останов (здійснення програмного останову верстата і ПУ без виключення шпинделя); 8 – відведення (переміщення інструменту з поточного положення в безпечну позицію); 9 – апроксимация (задання максимального значення погрішності при апроксиматії кривої); 10 – поворот (поворот осі шпинделя навколо 1, 2, 3-х осей обертання поточної системи координат); 11 – коментар (створення коментаря); 12 – виклик програми (виконання програми); 13 – виклик циклу (виконання циклу в заданій точці); 14 – команда користувача (довільна технологічна команда, параметри якої визначаються користувачем); 15 – ручне введення (ручне введення CLDATA); 16 – контрольна точка.

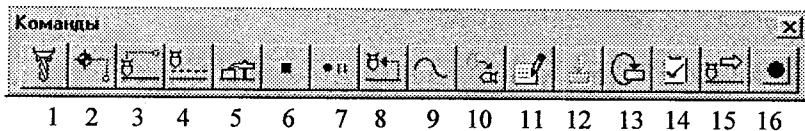




Рисунок 5.18 – Панель «Команды»

Технологічна команда може бути задана у будь-який момент проектування обробки.

5.3. Порядок виконання роботи

1. Розглянути основні теоретичні відомості щодо розробки ПУ із застосуванням програми ADEM CAM для фрезерної обробки деталі зі складною формою поверхні.
2. Запустити програму ADEM.
3. Перейти в програмний модуль ADEM CAM.
4. В модулі ADEM - CAD створіть контур, за допомогою «Функциональной кривой» , яка задана функцією (студент вибирає за своїм варіантом в таблиці 5.1).
5. Через крайні точки утвореної функціональної кривої проведіть вертикальні прямі (відстань між вертикальними прямими повинна дорівнювати 100 мм). На відстані 20 мм від нижньої крайньої точки функціональної кривої, на крайній лівій прямій проведіть горизонтальну пряму до перетину з крайньою вертикальною прямою, що проведена через верхню крайню точку функціональної кривої.
6. На основі отриманої криволінійної трапеції створіть об'ємну деталь довжиною 100 мм за допомогою функції видавлювання .
7. Сформувати маршрут обробки даної криволінійної поверхні деталі.
8. Згенерувати програму управління і записати її в файл.
9. Змоделювати обробку деталі і отримати схему траєкторії руху інструменту.

5.4 Зміст звіту

1. Звіт з лабораторної роботи повинен бути виконаний на листах формату А4.
2. Звіт повинен містити: назву лабораторної роботи, її мету і короткі теоретичні відомості.
3. В розділі «Результати виконання лабораторної роботи» студент повинен додати роздрукований на принтері текст програми управління, а також схему траєкторії руху інструменту.
4. Написати висновки із виконаної даної лабораторної роботи.

Таблиця 5.1 - Варіанти завдань

Варіант	Завдання	Варіант	Завдання
1	$y = 10 \cdot \sin\left(\frac{x}{10}\right) + x;$	11	$y = \sin\left(\frac{x}{10}\right) + \frac{x}{2};$
2	$y = 20 \cdot \sin^2\left(\frac{x}{10}\right) + x;$	12	$y = 20 \cdot \sin^2\left(\frac{x}{20}\right) + \frac{x}{3};$
3	$y = 40 \cdot \sin\left(\frac{x}{40}\right)^2;$	13	$y = 50 \cdot \sin\left(\frac{x}{45}\right)^3;$
4	$y = 20 \cdot \cos\left(\frac{x}{20}\right) + x;$	14	$y = 50 \cdot \cos^3\left(\frac{x}{40}\right);$
5	$y = 15 \cdot \cos^2\left(\frac{x}{30}\right) + x;$	15	$y = 40 \cdot \cos^3\left(\frac{x}{40}\right) + x;$
6	$y = 30 \cdot \cos^2\left(\frac{x}{30}\right);$	16	$y = 20 \cdot \cos^2\left(\frac{x}{20}\right);$
7	$y = 30 \cdot \cos\left(\frac{x}{40}\right) + \cos\left(\frac{x}{20}\right) + x;$	17	$y = 30 \cdot \cos\left(\frac{x}{40}\right) + \cos\left(\frac{x}{20}\right) + x;$
8	$y = 50 \cdot \sin\left(\frac{x}{40}\right) + \sin\left(\frac{x}{20}\right) + x;$	18	$y = 40 \cdot \sin\left(\frac{x}{35}\right) + \sin\left(\frac{x}{25}\right) + x;$
9	$y = 10 \cdot \sin\left(\frac{x}{10}\right) + 20 \cdot \sin\left(\frac{x}{20}\right) +$ $+ 30 \cdot \cos\left(\frac{x}{30}\right);$	19	$y = 20 \cdot \sin\left(\frac{x}{20}\right) + 20 \cdot \sin\left(\frac{x}{20}\right) +$ $+ 40 \cdot \cos\left(\frac{x}{40}\right);$
10	$y = 10 \cdot \sin\left(\frac{x}{10}\right) + 20 \cdot \cos\left(\frac{x}{50}\right) +$ $+ \sin\left(\frac{x}{10}\right);$	20	$y = 20 \cdot \sin\left(\frac{x}{30}\right) + 40 \cdot \cos\left(\frac{x}{40}\right) +$ $+ \sin\left(\frac{x}{40}\right);$

Контрольні запитання

1. Що таке конструктивний елемент «Поверхня», «Уступ», «Колодязь»?
2. Що таке «Фрезерування 2,5Х»?
3. Що таке «Фрезерування 3Х»?
4. Що таке «Фрезерування 4Х»?
5. Що таке «Фрезерування 5Х»?

1. Капустин Н. М. Системы автоматизированного проектирования. В 9-ти кн. Кн. 6. Учебное пособие для вузов. Автоматизация конструкторского и технологического проектирования/ Н. М. Капустин, Г. Н. Капустин, – М. : Высшая школа, 1986 – 172 с.
2. ADEM 7.0. Руководство пользователя. САМ документация 70.
3. ADEM 7.0. Руководство пользователя. Учебные курсы. ADEM САМ: практический курс.
4. ADEM 7.0. Руководство пользователя. Учебные курсы. ADEM САМ: упражнения.
5. ADEM 7.0. Руководство пользователя. Учебные курсы. ADEM САМ: 3X обработка.
6. Пятунин А. И. САПР подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. Курс лекций. Электронный формат/ Пятунин А. И. – М. : Высшая школа, 2006 – 182 с.
7. Пятунин А. И. САПР управляющих программ (Часть I); Автоматизированная подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ в САПР ТП “АДЕМ”: лаб. практикум/ Пятунин А. И., Смирнов К. А., Савина З. С. – М. : ЭПИ МИСиС, 2008 – 85 с.
8. Пятунин А. И. САПР управляющих программ (Часть II); Автоматизированная подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ в САПР ТП “АДЕМ”: лаб. практикум/ Пятунин А. И., Смирнов К. А., Савина З. С. – М. : ЭПИ МИСиС, 2008.
9. Пятунин А. И. САПР управляющих программ (Часть III); Автоматизированная подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ в САПР ТП “АДЕМ”: лаб. практикум/ Пятунин А. И., Смирнов К. А., Савина З. С. – М. : ЭПИ МИСиС, 2008 – 78 с.
10. ADEM 7.0. Руководство пользователя. TDM документация 70.
11. ADEM 7.0. Руководство пользователя. GPP WIN документация 70. Руководство по созданию управляющих программ для ЧПУ (постпроцессоры)
12. Алферов А. А. Техтран - система программирования оборудования с ЧПУ/ Алферов А. А., Батунер О. Ю., Блюдзе М. Ю. и др. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд., 1987 – 202 с.
13. Моисеева И. С. Применение отечественных и программных продуктов в учебном процессе/ Моисеева И. С., Гольдина Н. Н., Белозерцев А. С.// САПР и графика.- № 9, 2000 – С. 56-60.
14. Э. Берлинер. Актуальность применения САПР в машиностроении// САПР и графика – 2007. – № 9 – с. 85-90.
15. Зазерский Е. Н. Технология обработки деталей на станках с ЧПУ/ Зазерский Е. Н., Жолнерчик С. Н. – Л. : Машиностроение, 1975. – 208 с.

Навчальне видання

Іскович-Лотоцький Ростислав Дмитрович
Булига Юрій Володимирович
Іванчук Ярослав Володимирович

**СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ
УСТАТКУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО
ВИРОБНИЦТВА
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ**

Лабораторний практикум

Редактор В. Дружиніна
Коректор З. Поліщук

Оригінал-макет підготовлено Я. Іванчуком

Підписано до друку 21.02.2014 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 5,1.
Наклад 75 прим. Зам. № 2014-006.

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.