

УДК [621.8:514.182.7]:004.9

*Олена Дереза, кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інженерної механіки та комп'ютерного проектування,
Галина Антонова, старший викладач
кафедри інженерної механіки та комп'ютерного проектування,
Ілля Тетервак, асистент
кафедри інженерної механіки та комп'ютерного проектування,
Іван Водяницький, асистент
кафедри інженерної механіки та комп'ютерного проектування
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного,
м. Запоріжжя, Україна*

ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ТЕХНІЧНІЙ ПІДГОТОВЦІ ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛЕЙ, ВУЗЛІВ ТА АГРЕГАТИВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ CAD/CAM-СИСТЕМИ FEATURE CAM

Анотація. В роботі розглядається можливість застосування перспективних технічних рішень при проектуванні деталей сільськогосподарської техніки, які мають складні геометричні поверхні з використанням програмного продукту Feature CAM.

Ключові слова: Комп'ютерна модель, комплексна деталь, керуюча програма, база знань FeatureCAM.

Abstract. The paper considers the possibility of applying promising technical solutions in the design of parts of agricultural machinery that have complex geometric surfaces using the Feature CAM software product.

Keywords: Computer model, complex part, control program, FeatureCAM knowledge base

Вступ. Технічна підготовка виробництва будь якої деталі вузла сільськогосподарської (і не тільки) техніки складається з:

- Створення комп'ютерної моделі проектованої деталі;
- Комп'ютерного дослідження міцнісних характеристик проектованої деталі з наступним виправленням проблемних питань;

- Розробки конструкторської документації та, після цього, і технологічної документації у вигляді технологічного процесу та керуючої програми на виготовлення певного елемента.

Розглянемо застосування сучасних технічних рішень при технічній підготовці виробництва на прикладі проектування деталі «Напівмуфта фрикційна». Деталь «Напівмуфта фрикційна» (рис. 1) належить до простих деталей з точки зору технологічності.

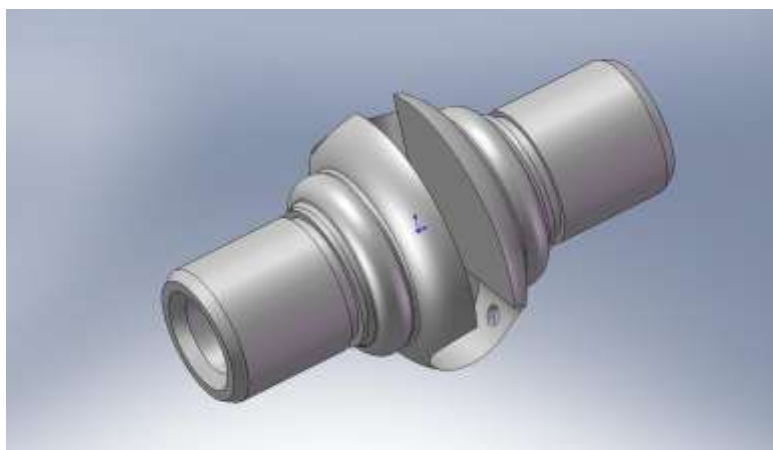


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд деталі «Напівмуфта фрикційна»

Однією з особливостей цієї деталі є внутрішній паз, що потребує високої точності та малої шорсткості. Виготовлення такого елемента ускладнюється глибиною і трудомісткістю обробки. Такі перешкоди вимагають від проектувальника використання, для проектування управляючої програми, використання більш сучасних програмних продуктів, які спроможні вирішити поставлені задачі.

У нашому випадку для вирішення виникнутих перешкод у виготовленні конкретної деталі пропонується використовувати програмний продукт FeatureCAM.

Виклад основного матеріалу. Завдяки використанню FeatureCAM була створена високоефективна технологія для обробки зазначеної деталі. Фрагмент технологічного процесу обробки деталі «Напівмуфта фрикційна»:

Заготовка: круглий пруток діаметром 110 мм.

005 Токарна з ЧПУ - верстат токарно-гвинторізний Spinner TC 400.

Вибір обладнання виправданий наявними в лабораторії верстатами.

Для обробки деталі було обрано набір ріжучого інструменту, призначеного для роботи зі сталевими матеріалами, виробництва компанії Sandvik Coromant. Режими різання були визначені згідно з рекомендаціями, наведеними у фірмовому каталозі.

У процесі розроблення технологічної карти (ТП) та створення керуючих програм (КП) для верстатів із числовим програмним керуванням на базі лабораторії кафедри «Інженерна механіка та комп'ютерне проектування» активно використовуються сучасні засоби комп'ютерного проектування – CAD/CAM-технології, зокрема:

- SolidWorks 2016 (розробник – компанія SolidWorks) – як основна складова програмного комплексу для автоматизації виробничих процесів, що підтримує управління життєвим циклом продукції відповідно до принципів CALS-технологій;
- FeatureCAM 2016 (розробник – компанія Delcam plc.) – система для автоматизованого створення програм управління для верстатів з ЧПК.

Використання зазначених програмних рішень дозволяє значно скоротити час, необхідний для розроблення технологічних процесів і керуючих програм (УП) для обладнання з числовим програмним керуванням. Це суттєво підвищує ефективність роботи інженерів-технологів і операторів ЧПК-верстатів, а також зменшує загальне навантаження на персонал. Запровадження таких систем у виробничий процес допомагає знизити витрати, пов'язані з простоем дорогого металообробного обладнання.

Однією з ключових переваг FeatureCAM є автоматичне генерування програм для стандартних геометричних елементів. Після імпорту моделі система самостійно, на основі вбудованих технологічних алгоритмів, визначає відповідні інструменти, режими обробки та стратегії. Інженеру залишається лише перевірити згенеровану траєкторію, внести необхідні коригування та передати готову

програму на верстат з ЧПК. Додатково, FeatureCAM має високу сумісність із CAD-програмами, такими як SolidWorks, AutoCAD та іншими, що забезпечує зручну інтеграцію в робочий процес.

FeatureCAM підтримує прямий імпорт моделей у широкому спектрі форматів, зокрема IGES, DWG/DXF, STEP, VDA, 3D Parasolid XMT та інших, що забезпечує її гнучкість і популярність серед CAD/CAM-рішень. Завдяки цій функціональності програмне забезпечення легко інтегрується в різні виробничі середовища.

Текст керуючої програми (УП) зберігається в цифровому форматі та відображається безпосередньо в інтерфейсі FeatureCAM, що дозволяє оперативно вносити зміни або переглядати траєкторії обробки.

Послідовність розроблення керуючої програми в **Feature CAM**:

1. Відкриття або імпорт об'ємної (твердотільної) 3D-моделі деталі (рис. 2);

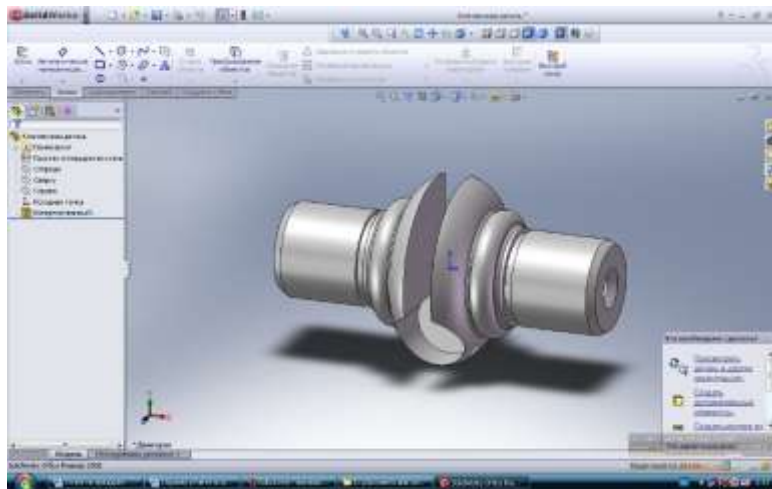


Рисунок 2 – Твердотільне зображення комплексної деталі

2. Визначення параметрів заготовки. У даному випадку використовується прокат круглого перетину діаметром 72 мм, із заздалегідь встановленими припусками по діаметру та торцях (рис. 3).

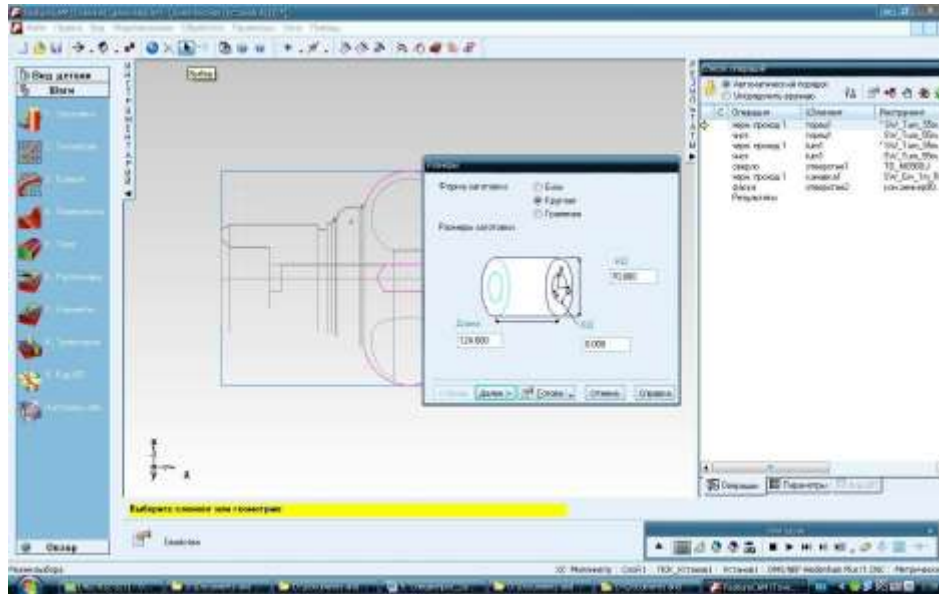


Рисунок 3 – Вікно налаштувань параметрів заготовки

3. Задаємо використовуваний інструмент (рис. 4);

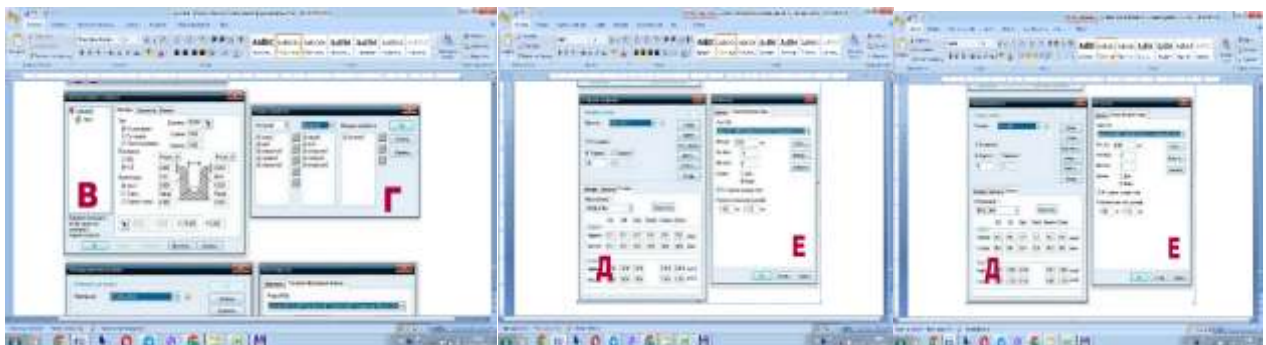


Рисунок 4 – Взаємодія з базою знань і послідовності роботи у Feature CAM

На рис. 4 зображено ключові етапи налаштування обробки у FeatureCAM:

А – встановлення параметрів обробки;

Б – вибір інструменту за допомогою менеджера;

В – налаштування параметрів для кожної операції;

Г – формування послідовності виконання технологічних етапів;

Д – визначення матеріалу заготовки та режимів різання;

Е – вибір постпроцесора і генерація керуючої програми (УП).

Далі створюється перша система координат, яка відповідає умовам обробки в початковій позиції. Вісь X при цьому орієнтується вздовж осі заготовки.

Після цього встановлюються режими різання: визначаються оптимальні значення швидкості різання, обертів шпинделя та глибини різі.

Виконується чорнова і чистова обробка. На першому етапі застосовується чорновий різець з кутом при вершині 55° , після чого використовується прохідний різець з кутом 35° для чистового проходу.

Траєкторія руху інструмента в процесі обробки представлена на рис. 5.

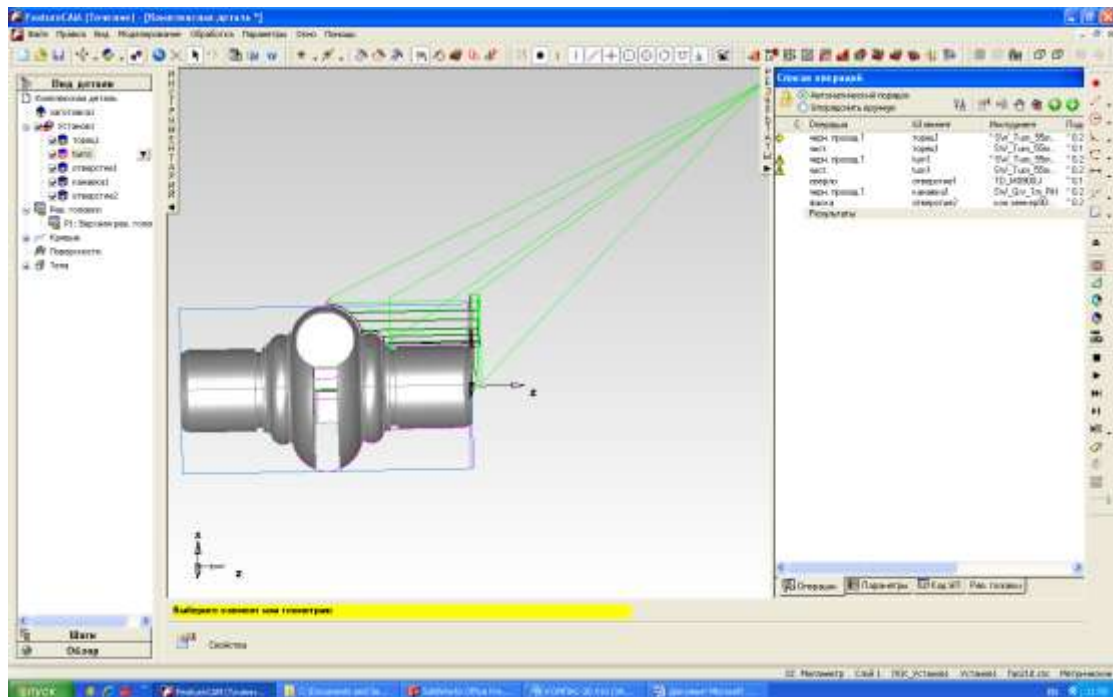
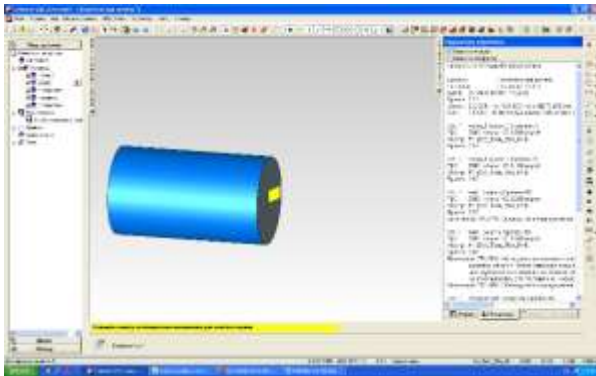


Рисунок 5 – Траєкторія чорнкової обробки деталі.

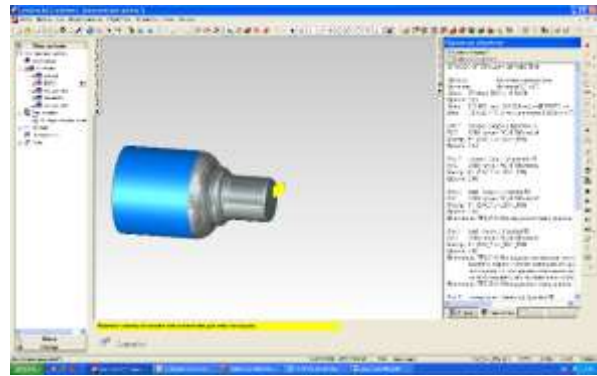
7 Наступним етапом є обробка глибокого паза за допомогою кінцевого інструмента, встановленого на приводному вузлі. В процесі роботи з FeatureCAM, використовуючи вбудовану базу знань та передбачену послідовність дій,

задаються всі необхідні параметри: тип обробки, вибір відповідного інструмента, черговість виконання операцій, а також матеріал і режими різання.

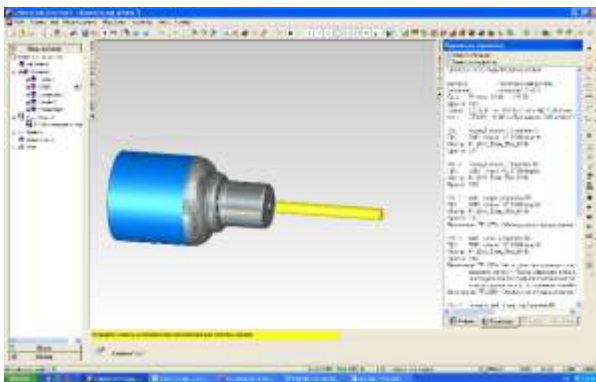
На рис. 6 демонструються окремі етапи технологічного процесу, зокрема фрагменти обробки деталі, реалізовані в САМ-середовищі FeatureCAM.



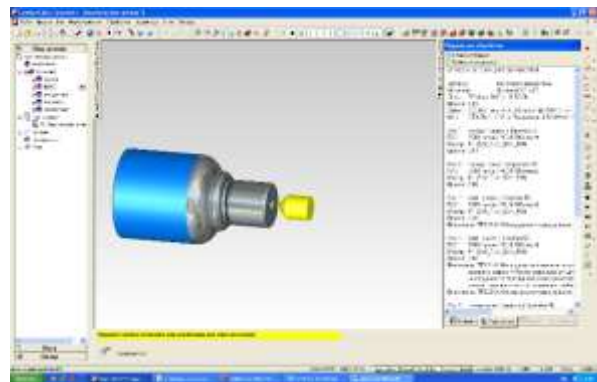
а



б



в



г

Рисунок 6 – Етапи технологічного процесу

Нижче, на рис.10, представлено фотографію деталі, після чистової обробки з обох сторін.



Рисунок 10 – Фотографія виробу після завершення токарної операції

Висновки. У результаті виконаної роботи за допомогою програмного продукту **Feature CAM 2009**, а також **SolidWorks 2009** були отримані:

- Комп'ютерна модель комплексної деталі;
- Розроблено технологію механообробки і на основі моделі створено керуючі програми (УП) для обробки на верстатах із ЧПК;
- Оформлено техдокументацію згідно з ЄСКД, ЄСТД.

Дані програми були випробувані в умовах лабораторії кафедри «Інженерна механіка та комп'ютерне проектування» Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

Завдяки створеній базі знань FeatureCAM та інтуїтивно зрозумілому інтерфейсу, працювати в цьому пакеті швидко і легко, що, своєю чергою, дає змогу інженеру-технологу й оператору з ЧПК оперативно створювати та коригувати УП.

Список використаних джерел

1. Норенков І. П. Системи автоматизованого проектування. Ка. 1-9 (Серія навчальних посібників). Київ: Вища школа, 2018р. 367 с.
2. Щербина В. М. Інженерна та комп'ютерна графіка. Частина 1: навч. посібник [В. М. Щербина, О. Є. Мацулевич, Є. А. Гавриленко, Ю. В. Холодняк, О. В. Івженко, І. В. Пихтєєва, О. О. Вершков, С. В. Галько, А. П. Чаплінський. Мелітополь, ТДАТУ, 2020. 238 с.

3. Корячко В. П., Курейчик В. М., Норенков И. П. Теоретичні основи САПР. Київ: Вища школа, 1987.
4. Системи автоматизованого проектування. Ка. 1-9. /за ред. И. П. Норенкова. Київ: Вища школа, 2007.
5. Петренко А. Й., Семенов О. Й. Основи побудови систем автоматизованого проектування. Київ: Вища школа, 2000.
6. Гребеников А. Г. та ін. Основи комп'ютерного моделювання за допомогою інтегрованої системи CAD/CAM/CAE/PLM UNIGRAPH3CS NX. Харків, ХАИ, 2004.
7. Энгельке У. Д. Як інтегрувати САПР і АСТПП. Київ: Машинобудування, 1990. 320 с.
8. Шпур Г., Краузе Ф.-Л. Автоматизоване проектування в машинобудуванні. Київ: Машинобудування, 1988. 648с.
9. Гранін В. Ю. Бази інженерних знань в автоматизованому проектуванні. Харків: ХАИ, 2005.
10. Гавриленко Є.А. Визначення положення центрів кривини дискретно представленої кривої. *Системні технології*. 2012. Вип. 5 (76). С. 145-151
11. Гавриленко Є. А. Визначення границь діапазонів положення центрів кривини плоского обводу. *Праці ТДАТУ*. Вип. 4: *Прикл. геом.та інж. графіка*. 2012. Т. 52. С. 103-106.
12. Alrefo I. F., Rawashdeh M. O., Matsulevych O., Vershkov O., Halko S., Suprun O. Designing the functional surfaces of camshaft cams of internal combustion engines. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2024. Vol. 3. P. 72–78. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-3/072>.
13. Alrefo I. F., Matsulevych O., Vershkov O., Halko S., Suprun O., Miroshnyk O. Designing the working surfaces of rotary planetary mechanisms. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2023. Vol. 4. P. 82-88. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-4/082>
14. Вершков О. О., Мацулевич О. Є., Дереза О. О. Загальні налаштування системи MASTERCAM для виконання завдань з розробки управляючих програм токарної обробки валів. *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації* : матеріали V Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (м. Запоріжжя, 29-31 травня 2024 р.). Запоріжжя : ТДАТУ, 2024. С. 100-105.