

*КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ*

УДК 519.68

DOI: 10.31388/2078-0877-2021-21-1-310-316

**ПРОЕКТ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ БАЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ З  
ВИСОКОЮ ЯКІСТЮ ПОВЕРХНІ**

Івженко О. В., к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-1559-3825

Антонова Г. В., ст. викладач

ORCID: 0000-0001-9269-6356

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Тел. (0619) 42-24-36

*Постановка проблеми.* Зараз на світовому ринку наукомістких промислових виробів чітко спостерігаються три основні тенденції: підвищення складності й ресурсоемності виробів, підвищення конкуренції на ринку й розвиток кооперації між учасниками життєвого циклу виробу. Найбільш прогресивною та перспективною умовою удосконалення процесу проектування є створення і впровадження в практику систем автоматизованого проектування (САПР), забезпечених сучасними ПЕОМ з розвиненими термінальними системами. Автоматизація підготовки виробництва дає можливість підприємствам швидко реагувати на зміну попиту, у короткий термін випускати нові види продукції, швидко модернізувати продукцію, що випускається, відслідковувати життєвий цикл виробів, ефективно підвищувати якість.

Базовою деталлю є плита. У конструкції цієї деталі є конструктивні елементи, для формоутворення яких доцільно застосувати 5-ти осьову обробку.

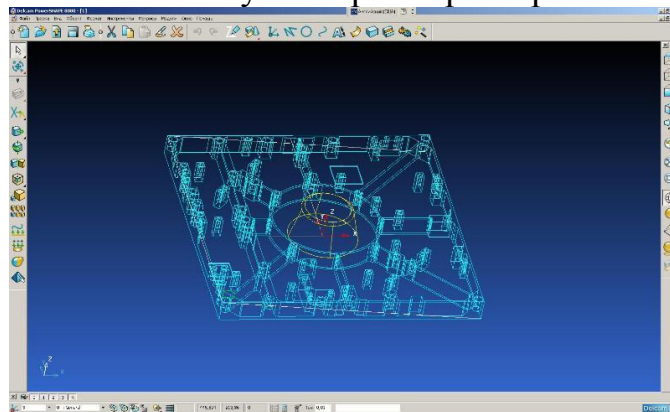
*Аналіз останніх досліджень.* Сучасний ринок програмного забезпечення автоматизації підготовки виробництва насичений найрізноманітнішими універсальними САПР, що здатні полегшити роботу проектувальника. Разом з тим, не дивлячись на величезну кількість такого виду інструментальних засобів автоматизації інженерної діяльності, універсальні системи часто недостатньо ефективні для вирішення конкретного завдання користувача, найчастіше інформаційно несумісні. Виникає необхідність в розробці узагальненої функціональної схеми процесу автоматизованого проектування.

Робота за технологією виготовлення відповідальної деталі віднесена до розряду високих технологій, характеристикою яких є: наукоємність, системність, математичне моделювання з метою структурно-параметричної оптимізації, високоефективний робочий процес розмірної обробки, комп'ютерне технологічне середовище і

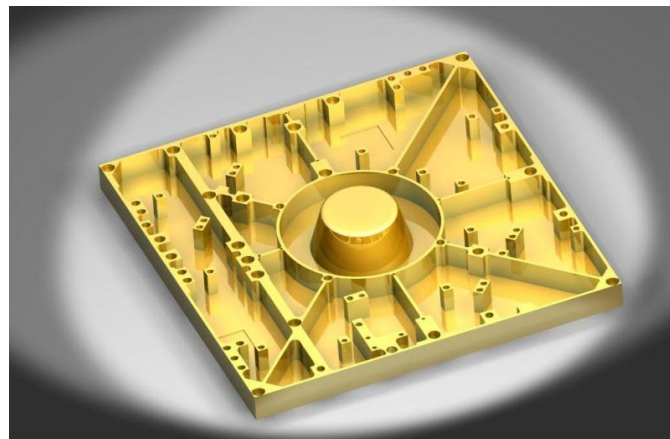
автоматизація всіх етапів проектування та реалізації на базі сучасного металообробного обладнання з використанням повного пакета прикладних програм. Характеристика деталі: деталь виконана з високоміцного легкого сплаву, має складну геометричну поверхню конструктивних елементів різного призначення.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* З метою дотримання високої точності розмірів і якості поверхні уперше для виготовлення такої деталі використано 5-ти осьова обробка при єдиній базі і однієї установи. Відмітною особливістю розробленої технології є можливість агрегування різних способів механічної обробки складних поверхонь (циліндричних, конічних, трапецієвидних), що раніше було ускладнене або неможливе при використанні традиційних способів виробництва багатофункціональних деталей. Метою статті є розробка функціональної схеми процесу автоматизованого проектування з врахуванням сучасних умов виробництва.

*Основна частина.* Розроблена CAD- модель деталі «Плита» в програмі Power Shape показана на рис.1. Деталь виконана з алюмінієво-магнієвого сплаву. Габаритні розміри 400x400 мм .



a)



б)

a) – CAD–проект деталі в програмі Power Shape;  
б) – фотореалістика деталі.

Рис. 1. CAD–проект деталі «Плита» в програмі Power Shape.

Для обробки деталі "Плита" вибраний верстат "OCUMA". Для забезпечення точності базування передбачено спеціальне пристосування, що встановлюється на поворотному столі верстата.

Обробка починається з центру деталі, тобто з конуса, розташованого по центру оброблюваної заготовки. Далі буде вестися 5-ти осьова обробка по секторам деталі і плавно переходячи до основи плити, де вона кріпиться. Вирішуючи таку задачу, в процесі обробки, різання ведеться з центру плити до її краю, при цьому ми уникаємо ймовірності поломки або зсуву опори (пристосування) у разі початкової обробки країв деталі. Також дотримання при цьому жорсткості системи в процесі різання, зберігається стійкість інструменту і точність робочих органів верстата, так як при різанні виникають вібрації, які негативно впливають на якість обробленої поверхні і на точність балансування шпинделя верстата, оснащення і застосовуваного допоміжного інструменту.

Схема обробки:

- обробка конуса по центру деталі;
- обробка секторів;
- обробка елементів підстави плити, в місцях кріплення.

На рис. 2 приведені фрагменти технологічного процесу обробки деталі «Плита».

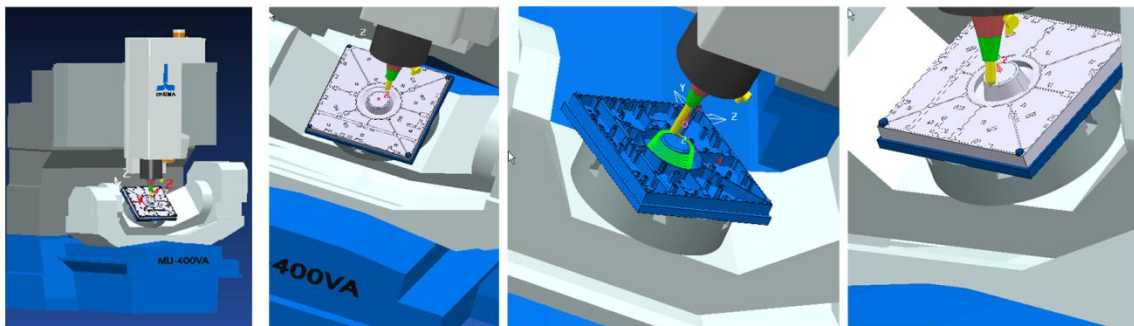


Рис. 2. Фрагменти технологічного процесу обробки деталі «Плита».

В проєкті було створено постпроцесор для 5-ти осьового верстата "OCUMA MU - 400va", для цього була використана програма PMPost (рис. 3).

З метою дотримання високої точності розмірів і якості поверхні уперше для виготовлення такої деталі використано 5-ти осьова обробка при єдиній базі і одного установа.

Відмітною особливістю розробленої технології є можливість агрегування різних способів механічної обробки складних поверхонь (циліндричних, конічних, трапецієвидних), що раніше було ускладнене або неможливе при використанні традиційних способів виробництва багатofункціональних деталей.

| Элемент           | Назначено     | Значение        |                  |   |   |   |           |           |               |             |
|-------------------|---------------|-----------------|------------------|---|---|---|-----------|-----------|---------------|-------------|
| Block Number      | Нет           |                 |                  |   |   |   |           |           |               |             |
| Вывод в программу | Зависимость   | Следующий вывод | Система вывода   |   |   |   |           |           |               |             |
| Как в формате     | Как в формате | Игнорировать    |                  |   |   |   |           |           |               |             |
| Элементы          |               |                 |                  |   |   |   |           |           |               |             |
| 1                 | Block Number  | Comment_A       |                  |   |   |   |           |           |               |             |
| 2                 | Block Number  | Comment_C       |                  |   |   |   |           |           |               |             |
| 3                 | Block Number  | Motion Mode     | Cutter Compen... | X | Y | Z | Machine A | Machine C | Spindle Speed | Spindle Dir |
| 4                 | Comment_A     |                 |                  |   |   |   |           |           |               |             |
| 5                 | Comment_C     |                 |                  |   |   |   |           |           |               |             |
| 6                 | Block Number  | Coolant Mode    |                  |   |   |   |           |           |               |             |

Рис. 3. Проведення синтаксису системи ЧПУ "OSP-P200M" в усіх підблоках.

*Висновки.* В роботі запропоновано функціональну схему процесу автоматизованого проектування (з врахуванням сучасних умов виробництва), що дозволяє підвищити продуктивність праці проектувальників, скоротити терміни проектування та витрати на розробку технічної документації, збільшити кількість річних проектів. На прикладі деталі «Плита» було перевірено дієздатність запропонованої підсистеми проектування конструкторської документації, зокрема: проведемо статичний аналіз напружено-деформованого стану за допомогою програмної системи кінцево-елементного аналізу ANSYS та розроблено спеціалізовану САПР з використання технології API КОМПАС та API AutoCAD.

Показано, що задана точність конструктивних елементів забезпечується інтеграцією класичних методів проектування обробки деталі з САМ-методами і вибору стратегії обробки.

Забезпечена прискорена підготовка виробництва базової деталі з високими функціональними характеристиками, якістю поверхні і точності розмірів, які не можуть бути забезпечені традиційними способами механічної обробки.

### Список використаних джерел

1. Аверченков В. И., Каштальян И. А., Пархутик А. П. САПР технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов: учебное пособие. Минск: Вышая школа, 2003. 288 с.

2. Учебное пособие по CAD/CAM-системе Cimatron 10. Моделирование. Конструирование. Черчение / В. В. Верещагин и др. Казань, 2006. 252 с.

3. Гулин В. В., Федоров О. В. Роль компьютерной графики в подготовке инженера. URL: <http://ea.donntu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/123456789/9213/1/2007> (дата звернення: 12.03.2021).

4. Гребеников А. Г. Основы компьютерного моделирования с помощью интегрированной системы CAD/CAM/CAE/PLM UNIGRAPHICS NX. Харьков, ХАИ, 2004. 289 с.

5. Моделирование элементов каркаса поверхностей, заданных массивом точек / Е. А. Гавриленко, Ю. В. Холодняк, В. О. Пахаренко, А. М. Подкоритов. *Сучасні проблеми моделювання* / МДПУ. – Мелітополь, 2019. Вип. 13. С. 37-41.

6. Дубик Я., Токунов В. Применение CAD/CAM/CAQ-технологий для восстановления знака выпускника. *Сотрудничество Delcam Ltd с университетами Украины: сборник отчетов учебных центров Delcam*. 2008. 10-й сборник отчетов. С. 65-82.

7. Гавриленко Є. А., Івженко О. В. Пихтєєва І. В. Методика комп'ютерного моделювання динамічних поверхонь. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-65.

8. Івженко О. В. Алгоритм глобального згущення опуклої дискретно представленої кривої за допомогою рівноланкової ДПК. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали форуму, 25-26 червня 2019 р.* / ТДАТУ. Мелітополь, 2019. Ч. 2. С. 41-43.

9. Івженко О. В., Пихтєєва І. В., Коломієць С. М. Інженерна та комп'ютерна графіка як складова загальної інженерної підготовки здобувачів вищої освіти вищих технічних навчальних закладів. *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації: матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.* (м. Мелітополь, 27-29 травня 2020 р.). Мелітополь, 2020. С. 247-251.

10. Кунву Ли. Основы САПР CAD/CAM/CAE. Санкт-Петербург: Питер, 2004. 560 с.

11. Потемкин А. Трехмерное твердотельное моделирование. Москва: КомпьютерПресс, 2008. 296 с.

12. Скворцов А. В., Схиртладзе А. Г. Основы технологии автоматизированных машиностроительных производств. Москва: Высшая школа, 2010. 589 с.

13. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення. [Чинний від 1994-07-01]. Київ: Держстандарт України, 1994. 91 с.

14. ДСТУ ISO/IEC 2382:2017. Інформаційні технології. Словник термінів (ISO/IEC 2382:2015, IDT). [Чинний від 2019-01-01]. Київ: Держстандарт України, 2019. 463 с.

## ПРОЕКТ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ БАЗОВИХ ДЕТАЛЕЙ З ВИСОКОЮ ЯКІСТЮ ПОВЕРХНІ

Івженко О. В., Антонова Г. В.

### *Анотація*

Питанням автоматизації інженерної діяльності в технологічній підготовці виробництва (ТПВ) завжди приділялася велика увага при впровадженні єдиної системи на підприємствах. При цьому об'єктами автоматизації є, як правило, процеси проектування технологічних процесів, окремих видів засобів технологічного оснащення, розробка програм для верстатів з ЧПК. Автоматизація рішення цих завдань здійснюється в рамках створення системи автоматизованого проектування. Як же взаємопов'язані між собою САПР, створювані в сфері ТПВ, і автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ)? АСТПВ – це система технологічної підготовки виробництва, основа «організації якої становить системне застосування засобів автоматизації інженерно-технічних робіт, що забезпечує оптимальну взаємодію людей, машинних програм і технічних засобів автоматизації при виконанні функцій технологічної підготовки виробництва».

В роботі розглянуто питання розробки функціональної схеми процесу автоматизованого проектування з врахуванням сучасних умов виробництва. Новизна отриманих результатів полягає в наступному : 1) створено САД- моделі деталі «Плита» в програмі Power Shape, 2) розроблено технологічний процес виготовлення деталі, розробленої керуючою програмою на устаткування з ЧПК, 3) проведено статичний аналіз напружено-деформованого стану за допомогою програмної системи кінцево-елементного аналізу ANSYS та розробка спеціалізованої САПР з використанням технології API КОМПАС та API AutoCAD, 4) розроблено API програми, що дозволяє змінювати геометричні параметри моделі, і дає можливість технологу, конструктору та інженеру-програмісту підвищити продуктивність праці 5) забезпечено прискорена підготовка виробництва базової деталі з високими функціональними характеристиками, якістю поверхні і точності розмірів, які не можуть бути забезпечені традиційними способами механічної обробки.

**Ключові слова:** системи автоматизованого проектування, технологічна система виробництва, автоматизовані системи управління, якість поверхні і точність розмірів.

## ПРОЕКТ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ С ВЫСОКИМ КАЧЕСТВОМ ПОВЕРХНОСТИ

Ивженко А. В., Антонова Г. В.

### *Аннотация*

Вопросам автоматизации инженерной деятельности в технологической подготовке производства (ТПВ) всегда уделялось большое внимание при внедрении единой системы на предприятиях. При этом объектами автоматизации являются, как правило, процессы проектирования технологических процессов, отдельных видов средств технологической оснастки, разработка программ для станков с ЧПУ. Автоматизация решения этих заданий осуществляется в рамках создания системы автоматизированного проектирования. Как же взаимосвязаны между собой САПР, создаваемые в сфере ТПВ, и автоматизированная система технологической подготовки производства (АСТПВ)? АСТПВ - это система технологической подготовки производства, основа "организации которой представляет системное применение средств автоматизации инженерно-

технических работ, которая обеспечивает оптимальное взаимодействие людей, машинных программ и технических средств автоматизации при выполнении функций технологической подготовки производства".

В работе рассмотрены вопросы разработки функциональной схемы процесса автоматизированного проектирования с учетом современных условий производства. Новизна полученных результатов заключается в следующем: 1) создании САД- модели детали «Плита» в программе Power Shape, 2) разработке технологических процессов изготовления деталей, разработанных управляющей программой на оборудование с ЧПУ, 3) проведении статического анализа напряженно-деформированного состояния с помощью программной системы конечно-элементного анализа ANSYS и разработке специализированной САПР с использованием технологии АРЕ КОМПАС и АРЕ AutoCAD, 4) разработанны АРЕ программы, позволяющие изменить геометрию модели, дающие возможность технологу, конструктору и инженеру-программисту повысить производительность труда, 5) обеспечении ускоренной подготовки производства базовой детали с высокими функциональными характеристиками, качеством поверхности и точности размеров, которые не могут быть обеспечены традиционными способами механической обработки.

**Ключевые слова:** системы автоматизированного проектирования, технологическая система производства, автоматизированные системы управления, качество поверхности и точность размеров.

## PROJECT TECHNOLOGY FOR PROCESSING BASIC PARTS WITH HIGH QUALITY SURFACE

O. Ivzhenko, G. Antonova

### *Summary*

The question of automation of engineering activity in technological preproduction (ТПВ) was always spare large attention at introduction of the single system on enterprises. Thus the objects of automation processes of planning of technological processes, separate types of facilities of the technological rigging are, as a rule,, program development for machine-tools with ЧПУ. Automation of decision of these tasks comes true within the framework of creation of computer-aided design. How associate inter se (САПР), created in the field of (ТПВ), and CAS of technological preproduction (АСТПВ): a standard interprets (АСТПВ) as a system of technological preproduction, basis of "organization of that is presented by system application of facilities of automation of technical works, that provides optimal cooperation of people, machine programs and technical equipments of automation at implementation of functions of technological preproduction".

The paper deals with the development of a functional diagram of the computer-aided design process taking into account modern production conditions. The novelty of the results obtained is as follows: creating a CAD model of the "Plate" part in the Power Shape program, developing technological processes for manufacturing parts, developed control programs for CNC equipment, conducting a static analysis of the stress-strain state using the ANSYS finite element analysis software and the development of specialized CAD systems using the АРЕ КОМПАС technology and АРЕ AutoCAD, programs developed by АРЕ that allow you to change the geometry of the model, providing the technologist, designer and software engineer with opportunities to increase labor productivity, provide accelerated preparation for the production of a base part with high functional characteristics, surface quality and dimensional accuracy that cannot be achieved with traditional machining methods.

**Key words:** computer-aided design systems, technological production system, automated control systems, surface quality and dimensional accuracy.