

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-15-2-3>

УДК 514.18

О. О. Дереза, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0002-9358-7968

О. Є. Мацулевич, канд. техн. наук

ORCID: 0000-0001-5553-709X

О. О. Вершков, канд. техн. наук

ORCID: 0009-0009-0616-8983

А. П. Чаплінський, ст. викладач

ORCID: 0000-0001-9213-5452

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

e-mail: olena.dereza@tsatu.edu.ua

## АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗЬБОНАРИЗНОГО ІНСТРУМЕНТУ НА ПРИКЛАДІ ПЛАШКИ

*Анотація.* У роботі на прикладі плашок розкрито завдання, з якими стикається інженер під час проектування різьбонарізного інструменту. Робота дає можливість отримати теоретичні знання про способи та методи виготовлення плашок, види плашок і застосування плашок під час нарізання зовнішньої різьби. Розглянуто процес створення тривимірної моделі матриці методами поверхневого та твердотільного моделювання. Виконано порівняльний аналіз цих методів і наведено практичні рекомендації щодо оптимізації створення моделі матриці засобами PowerShape. Встановлено, що використання систем автоматизованого проектування під час створення моделей і креслеників різьбонарізного інструменту та складання технологічних процесів їх виготовлення дає змогу істотно спростити, прискорити й автоматизувати роботу інженерно-технічного персоналу підприємства.

*Ключові слова:* зовнішня різьба, кругла матриця, універсальний тримач матриці, 3D-модель, оптимальна стратегія, моделювання поверхні, твердотільне моделювання.

*Постановка проблеми.* Вимоги до точності та якості різьби залежать від призначення різьбової деталі в машині й забезпечуються вибором раціонального способу її виготовлення. Існує два основні способи обробки різьби: зі зняттям стружки (різання) і без зняття стружки (накопчування, видавлювання).

Більшість сучасних високопродуктивних способів обробки різьби зі зняттям стружки належать до вдосконаленого або видозміненого способу нарізання різьби різцем на токарно-гвинторізному верстаті. Розвиток цих способів відбувався шляхом використання багатопрофільного та багатолезового інструменту; збільшення кількості одночасно працюючих ріжучих лез; застосування обертового інструменту; використання твердих сплавів і значного збільшення швидкостей різання; зменшення кількості проходів під час нарізання різьби; автоматизації процесів нарізання.

До таких способів належать нарізання різьби різьбонарізними головками, різьбофрезерування, вихрове нарізання різьби, точіння різьби методом обкатування.

Методи накатування різьби ґрунтуються на використанні пластичних властивостей металу заготовки й полягають в одночасному або послідовному перенесенні профілю накатувального інструменту на виріб (рис. 1).

Вибір способу отримання різьби залежить від таких факторів:

- типу різьби (форми профілю);
- розмірів профілю різьби;
- вимог, що висуваються до точності елементів різьби;

- механічних властивостей матеріалу деталі;
- конструктивних особливостей оброблюваної деталі;
- обсягу партії деталей з різьбленням;
- наявності в цеху необхідного обладнання.

В індивідуальних і дрібносерійних машинобудівних виробництвах, а також в інструментальних і ремонтних цехах великих підприємств найпоширенішим способом отримання зовнішнього різьблення є його нарізання круглими плашками (рис. 2).

Найбільш раціональним для нарізання різьби є використання спеціальних плашкотримачів, які встановлюються в конус задньої бабки токарного верстата. На рис. 3 показано конструкцію універсального плашкотримача.

Після нарізання різьби потрібно виконати згвинчування плашки. Воно відбувається шляхом реверсування шпинделя верстата. Час згвинчування в 3...5 разів менше за час нарізання різьби.

За призначенням плашка – це різьбонарізний інструмент для нарізання або калібрування зовнішньої різьби за один прохід вручну або машинним способом. За конструкцією плашка – загартована гайка з осьовими отворами, які утворюють ріжучі кромки. Зазвичай на плашках роблять від 3 до 6 осьових отворів для відведення стружки. Товщина плашки становить від 8 до 10 витків різьби. Ріжучу частину плашки виготовляють у вигляді внутрішнього конуса.

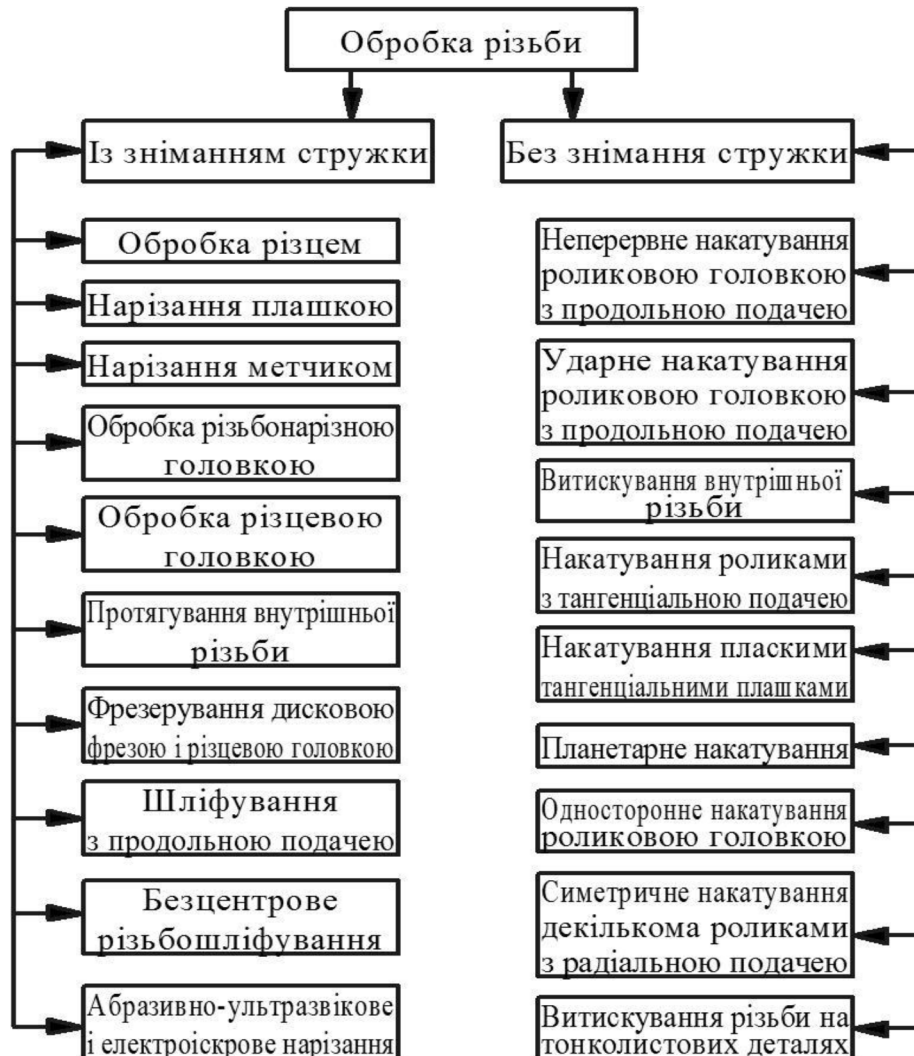


Рис. 1. Класифікація способів отримання різьби

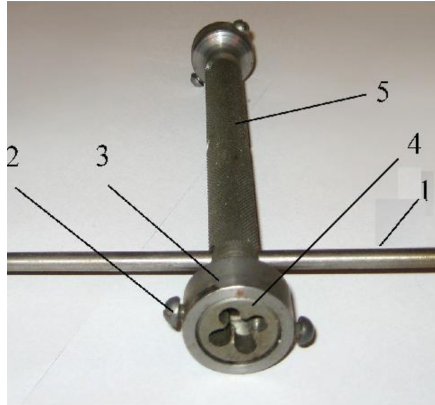


Рис. 2. Плашкодержатель для нарізання різьби вручну:

1 – важіль, 2 – гвинт-затискач, 3 – корпус, 4 – плашка кругла, 5 – рукоятка

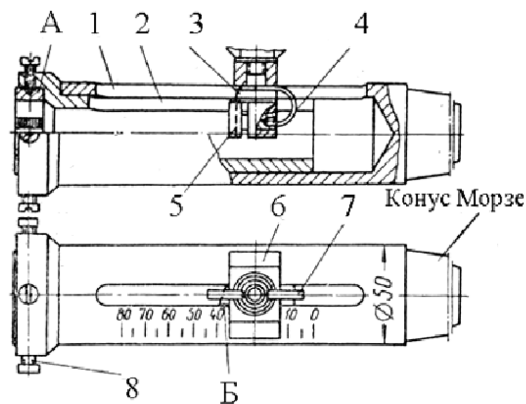


Рис. 3. Конструкція універсального плашкодержателя:

А – плашка; Б – скіс; 1 – корпус; 2 – рукоятка; 3 – сухарик; 4 – пружина; 5 – засувка; 6 – прокладка; 7 – гвинт-баранець

Довжина забірної частини становить 2...3 витки. Найпоширенішими є плашки для нарізання різьби діаметром до 52 мм.

Виготовляють плашки з легованих сталей 9ХС, ХВСГФ, швидкорізальних сталей Р18, Р6М5, Р6М5К5, Р6М5К8, іноді – з твердих сплавів. На торцевій поверхні матриці маркують позначення і ступінь точності різьби, яку можна отримати, використовуючи цю матрицю; марку сталі, крім 9ХС. Матриці класифікуються залежно від конструкції і форми зовнішньої поверхні (рис. 4).

Цільними плашками завдяки їх високій жорсткості можна отримати точну і якісну різьбу. Недоліком цих плашок є незначна зносостійкість. Розсувні плашки складаються з двох частин, які встановлюють в напрямні клупів і кріплять сухарем і гвинтом. Гвинт дозволяє регулювати діаметр різьби, що нарізається. Клупи комплектують наборами плашок для нарізання різьб різних діаметрів. Змінювати діаметр різьби на 0,1...0,3 мм завдяки своїм пружним властивостям дають можливість розрізні плашки. Їх недолік у тому, що виходить різьба менш точна порівняно з нарізаною суцільною плашкою.

*Аналіз попередніх досліджень.* Для побудови 3D-моделі плашки засобами САПР і складання технологічного процесу її виготовлення потрібно знати, з яких конструктивно-технологічних елементів вона складається.

*Основна частина.* Конструктивно-технологічні елементи цільної круглої плашки показані на рис. 5.



Рис. 4. Класифікація плашок

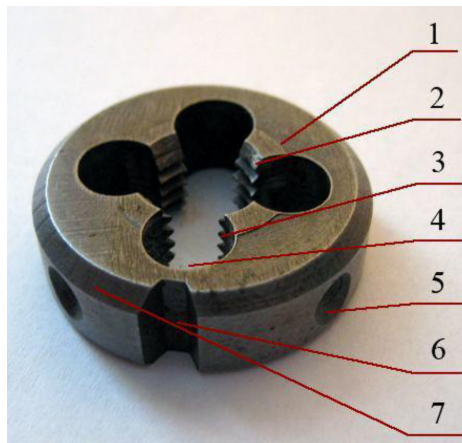


Рис. 5. Конструктивно-технологічні елементи цільної круглої плашки:

1 – корпус, 2 – ріжуча частина; 3 – калібрувальна частина; 4 – отвір для відведення стружки, 5 – бокові гнізда; 6 – кутовий паз; 7 – фаска

До конструктивно-технологічних елементів плашок належить корпус 1, який використовується для базування й закріплення плашки під час роботи. Корпус може бути суцільним; складеним із декількох частин за допомогою зварювання або припаювання; збірним, у якому окремі частини з'єднані механічно.

Ріжуча частина 2 матриці знімає основну частину припуску, формує стружку, впливає на її розподіл і навантаження вздовж ріжучої кромки матриці, створює зусилля, яке переміщує матрицю вздовж осі заготовки за допомогою самозатягування.

Калібрувальна частина 3 здійснює калібрування різьби й виконує функцію напрямної під час поздовжнього переміщення матриці в процесі різання різьби та викручування. Калібрувальну частину виконують із повним профілем різьби, виконавчі розміри якого забезпечують отримання виробу необхідної точності.

У корпусі зроблено кілька круглих отворів 4, які призначені для відведення стружки.

Бічні гнізда 5 і кутовий паз 6 на зовнішній поверхні плашки призначені для її закріплення в плашкотримачах або різьбонарізних патронах. Кутовий паз також дає змогу розрізати плашку шліфувальним кругом по перемичці й регулювати діаметр різьби завдяки спеціальному коловороту з п'ятьма гвинтами.

*Формулювання цілей статті.* Серед різьбонарізних інструментів круглі плашки належать до найбільш вживаних і найпростіших у використанні. Вони масово випускаються інструментальними підприємствами України. Тому як об'єкт дослідження доцільно вибрати круглу нероз'ємну плашку, як предмет дослідження – технологічні процеси проектування й виготовлення плашок. Побудову 3D-моделі та складання технологічного процесу виконуватимемо для круглої нероз'ємної плашки, призначеної для нарізання метричної різьби M12-6g.

Метою дослідження є розробка оптимальної стратегії побудови 3D-моделі будь-якої плашки для забезпечення мінімізації витрат часу і праці; надання рекомендацій щодо автоматизації проектування технологічних процесів виготовлення плашок.

*Основна частина.* Для вибору оптимальної стратегії побудови 3D-модель штампа M12-6g в Power Shape створювалась у двох варіантах:

- 1) поверхневим моделюванням;
- 2) твердотільним моделюванням.

Були виділені загальні для обох варіантів етапи побудови моделі матриці (табл. 1).

Таблиця 1

План побудови моделі плашки

| №  | Назва етапу                               |
|----|---|
| 1. | Створення каркасної геометрії             |
| 2. | Побудова корпусу плашки                   |
| 3. | Формування бокових гнізд                  |
| 4. | Формування кутового паза                  |
| 5. | Формування отворів для відведення стружки |
| 6. | Формування різьбової частини плашки       |

Реалізація плану побудови моделі плашки для твердотільного та поверхневого моделювання виконувалася по-різному з використанням відповідного інструментарію Power Shape. Інформацію про операції на кожному з етапів моделювання й використані інструменти наведено в табл. 2.

На першому етапі в Power Shape була намальована каркасна геометрія, яка складається із чотирьох загальних для двох варіантів моделювання контурів (рис. 6) і трьох контурів для створення різьблення поверхневим моделюванням: профілю 1 метричної різьби M12 для формування калібрувальної частини матриці, гвинтової напрямної 2, контуру для формування ріжучої частини плашки 3 (рис. 7).

Корпус плашки будувався як тіло або поверхня обертання з використанням контуру 1. Бічні гнізда в обох стратегіях побудови були створені за три операції. Кутовий паз під час застосування стратегії твердотільного моделювання вдалося сформувати за одну операцію завдяки інструменту «Створити виріз», тоді як для поверхневого моделювання були потрібні дві операції. Формування отворів для відведення стружки відбувалося за допомогою операцій витягування і створення масивів елементів. Результат виконання етапів 1–5 показано на рис. 8.

Найскладнішим етапом моделювання в стратегії поверхневого моделювання є формування різьбової частини матриці. Для її побудови були створені додаткові елементи каркасної геометрії (рис. 7). Обертанням контуру 1 по гвинтовій напрямній за допомогою функції «Автоповерхня» було отримано калібрувальну частину матриці (рис. 9); обертанням контуру 3 навколо осі OX – ріжучу частину матриці. За допомогою операції «Обмежити об'єктом» виступаючі елементи калібрувальної та ріжучої частин матриці були обмежені поверхнями корпусу й отворів для відведення стружки.

Таблиця 2

Стратегії побудови моделі плашки

| №  | Назва етапу                              | Вхідна інформація   | Операції моделювання й інструменти, які використовувалися  |  |
|----|--|---|--|--|
|    |  |   | Поверхнєве моделювання   | Твердотільне моделювання   |
| 1. | Створення каркасної геометрії            | Кресленик плашки  | Інструменти меню: ЛСК, лінія, дуга, крива  |  |
| 2. | Побудова корпусу плашки                  | Контур 1 (рис. 2.1)   | Поверхня / Поверхня обертання  | Тіло / Створити тіло обертання   |
| 3. | Формування бокових гнізд                 | Контур 2 (рис. 2.1)<br>Корпус плашки                        | 1. Поверхня / Поверхня обертання<br>2. Редагування / Створити масив<br>3. Редагування / Обмежити об'єктом  | 1. Тіло / Створити тіло обертання<br>2. Редагування / Створити масив<br>3. Елемент / Відняти обране тіло   |
| 4. | Формування бокових гнізд                 | Контур 4 (рис. 2.1)<br>Корпус плашки                        | 1. Поверхня / Поверхня витягування<br>2. Редагування / Обмежити об'єктом   | 1. Елемент / Створити виріз  |
| 5. | Формування отворів для виведення стружки | Контур 3 (рис. 2.1)<br>Корпус плашки                        | 1. Поверхня / Поверхня витягування<br>2. Редагування / Створити масив<br>3. Редагування / Обмежити об'єктом  | 1. Тіло / Створити тіло витягування<br>2. Редагування / Створити масив<br>3. Елемент / Відняти обране тіло |
| 6. | Формування різбової частини              | Контур 1 (рис. 2.2)<br>Контур 2 (рис. 2.2)<br>Корпус плашки | 1. Поверхня / Поверхня обертання (для формування калібрувальної частини)<br>2. Поверхня / Поверхня обертання (для формування ріжучої частини)<br>3. Редагування / Обмежити об'єктом<br>.....<br>6. Редагування / Обмежити об'єктом | 1. Елемент / Отвір   |

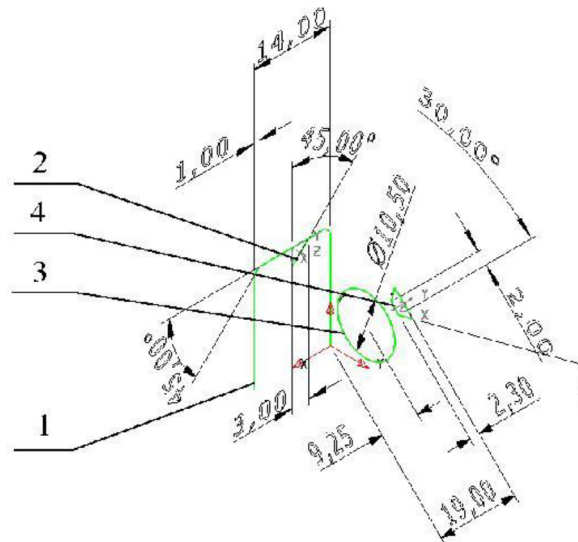


Рис. 6. Каркасна геометрія, призначена для побудови 3D-моделі плашки:

1 – контур для побудови корпусу плашки, 2 – контур для формування бокових гнізд, 3 – контур для формування отворів відведення стружки, 4 – контур для формування конічного паза

У твердотільній моделі отвір створювався операцією «Отвір». У меню операції «Отвір» у розділі «Клас і призначення отворів» були вибрані пункти випадного меню «Точна обробка (ISO)», «Різбове»; у розділі «Розміри» вказано діаметр 12 мм для формування калібрувальної частини плашки. Ріжучу частину плашки було створено за допомогою підменю «Фаска». Готові моделі плашок показані на рис. 10.

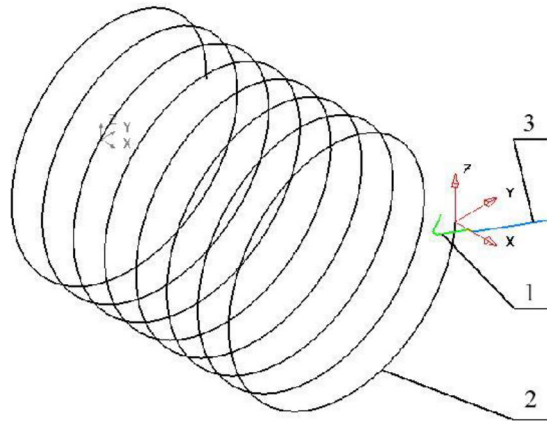


Рис. 7. Каркасна геометрія, призначена для побудови профілю різьби:  
1 – профіль метричної різьби; 2 – винтова напрямна; 3 – контур для формування ріжучої частини

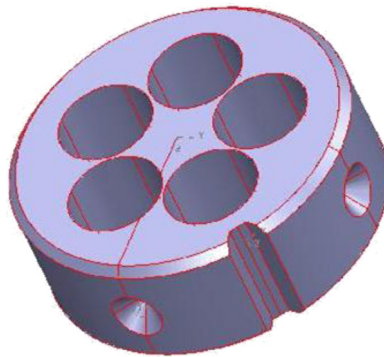


Рис. 8. Модель плашки після виконання етапів 1–5 моделювання

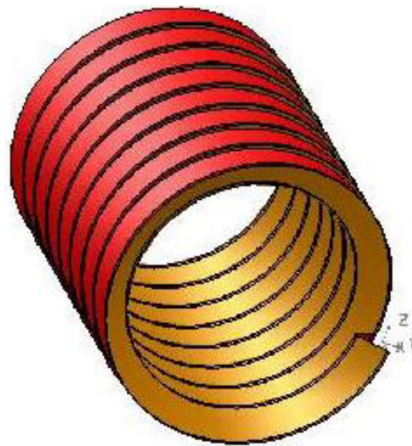


Рис. 9. Модель калібрувальної частини плашки, яка отримується поверхневим моделюванням

САПР Power Shape дає можливість побачити, який вигляд матиме виготовлена з металу плашка. Для цього за допомогою пункту меню «Формат / Матеріал» як матеріал плашки задавався метал, потім використовувалася опція «Фотореалістика». Результат роботи Power Shape показано на рис. 11.

*Висновки.* Перевагою стратегії твердотільного моделювання порівняно з поверхневим є менша кількість операцій, необхідних для створення матриці. Скорочення тривалості моделювання в цій стратегії досягається шляхом використання операції «Створити виріз» для формування кутового паза й операції «Отвір» для створення різьбової частини матриці, а також

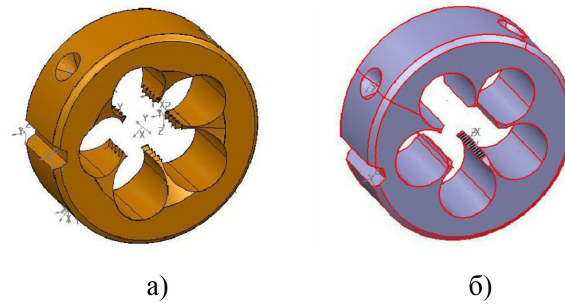


Рис. 10. 3D-моделі плашки, які створені інструментами САПР Power Shape:  
а) поверхневе моделювання; б) твердотільне моделювання

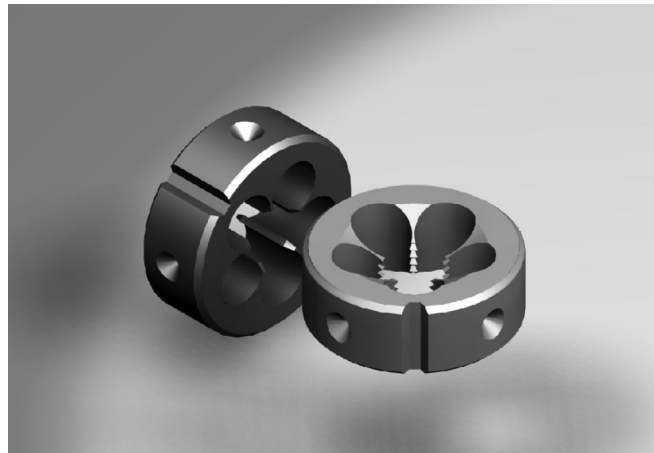


Рис. 11. Фотореалістичне зображення плашок

відсутності потреби у використанні великої кількості локальних систем координат (рис. 10). Недоліком цього способу є те, що різьбова частина матриці під час виконання операції «Отвір» моделюється набором світлих і темних смуг на внутрішній циліндричній поверхні. Це чітко видно на твердотільній моделі (рис. 10, б) і на фотореалістичному зображенні, під час переходу до якого різьблення не було промальоване (рис. 11). Якщо потреби в промальовуванні профілю різьблення не виникає, то рекомендується використовувати твердотільну стратегію моделювання плашки.

Якщо потрібно отримати 3D-профіль різьблення, доцільно поєднувати твердотільне моделювання (етапи 1–5) з поверхневим (етап 6). У цьому випадку після виконання етапів 1–5 проводиться конвертація твердого тіла в поверхні, а етап 6 виконується інструментами для поверхневого моделювання.

#### Список використаних джерел

1. Вершков О. О., Мацулевич О. Є., Тетервак І. Р., Супрун М. В. Моделювання кулачків зубозаточувальних верстатів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2025. Вип. 25, т. 2. С. 106–110.
2. Мацулевич О. Є., Вершков О. О., Чаплінський А. П., Супрун М. В. Моделювання зубного мосту в пакеті програм DENTCAD. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Запоріжжя : ТДАТУ, 2025. Вип. 25, т. 2. С. 134–140.
3. 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. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-3/072>



4. 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. DOI: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2023-4/082>
5. Мацулевич О. С., Щербина В. М., Залевський С. В. Автоматизація процесу геометричного моделювання робочих поверхонь насадок для фонтанів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 8, т. 1. С. 55–68.
6. Холодняк Ю. В., Гавриленко Е. А. Моделирование каркаса динамических поверхностей. *Інноваційні технології в агропромисловому комплексі : матеріали II Всеукраїн. наук.-практ. інтернет-конференції*. Мелітополь : ТДАТУ, 2021. С. 21–24.
7. Холодняк Ю. В., Гавриленко Е. А. Моделирование кривих ліній з заданою точністю. *Інноваційні технології в агропромисловому комплексі: матеріали II Всеукраїн. наук.-практ. інтернет-конференції*. Мелітополь : ТДАТУ, 2021. С. 28–31.
8. Гавриленко Е. А., Холодняк Ю. В. Забезпечення заданих характеристик уздовж лінійних елементів каркасу поверхні. *Інноваційні технології в агропромисловому комплексі: матеріали II Всеукраїн. наук.-практ. інтернет-конференції*. Мелітополь : ТДАТУ, 2021. С. 58–41.
9. Івженко О. В., Антонова Г. В. Проект технології обробки базових деталей з високою якістю поверхні. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2021. Вип. 21, т. 1. С. 310–316.
10. Козина К. В., Дуков В. О., Вершков О. О. Виготовлення прес-форми для масового виробництва. *Збірник наукових праць магістрантів та студентів*. 2021. С. 30–31.
11. Гавриленко Е. А., Холодняк Ю. В., Гоєнко Д. С., Чернобильський Д. Ю. Розробка бібліотеки функцій та САПР на основі CAD-системи POWERSHAPE. *Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології: матер. Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції (Мелітополь, 7–25 грудня 2020 р.)*. Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 93–97.
12. Гавриленко Е. А., Холодняк Ю. В., Гоєнко Д. С., Чернобильський Д. Ю. Використання бібліотеки функцій CAD-системи POWERSHAPE для побудови складальної одиниці. *Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології: матер. Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції (Мелітополь, 7–25 грудня 2020 р.)*. Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 98–102.
13. Bondarenko L., Halko, S., Matsulevych O., Tetervak I, Vershkov O., Miroshnyk O., Nitsenko V., Havrysh V. Experimental Research on Unit Operation for Fruit Crops' Bones Calibration. *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13 (1). P. 21.
14. Холодняк Ю. В., Гавриленко Е. А., Зінов'єва О. Г. Розробка алгоритму моделювання кривих з заданими властивостями. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2023. Вип. 13, т. 1. № 41.
15. Михайленко О. Ю., Антонова Г. В. Технологія формоутворення елементів каркасу динамічної поверхні. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2022. Вип. 12, том 2. № 26.
16. Холодняк Ю. В., Гавриленко Е. А. Розв'язання позиційних задач при моделюванні монотонних кривих ліній. *Сучасні проблеми моделювання*. 2022. Вип. 24. С. 173–181.
17. Вершков О. О., Бондаренко Л. Ю., Антонова Г. В., Тетервак І. Р. Аналіз дослідної експлуатації програмного модулю розрахунку норм часу обробки деталей сільськогосподарської техніки. *Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології: матеріали III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (Запоріжжя, 12–19 грудня 2022 р.)* Запоріжжя : ТДАТУ, 2022. С. 94–100.
18. Івженко О. В., Антонова Г. В., Чаплінський А. П., Михайленко О. Ю. Спеціалізований програмний модуль розрахунку операційних норм часу обробки деталей сільськогосподарської техніки за умов індивідуальної організації праці. *Сучасні комп'ютерні та інформаційні системи і технології: матеріали III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (Запоріжжя, 12–19 грудня 2022 р.)* Запоріжжя : ТДАТУ, 2022. С. 361–368.

Стаття надійшла до редакції 15.10.2025

Стаття прийнята 08.11.2025

Статтю опубліковано 22.12.2025





**O. Dereza, O. Matsulevych, O. Vershkov, A. Chaplinskyi**  
**Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University**

**AUTOMATION OF THE DESIGN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES  
FOR THE MANUFACTURE OF THREAD CUTTING TOOLS  
USING THE EXAMPLE OF A DIE**

*Summary*

Threaded parts are among the most common in the technological equipment of food and processing enterprises. Thread processing on such parts is a labor-intensive operation among those performed in the mechanical workshops of machine-building enterprises, as well as in the specialized production of screws, bolts, nuts, and pins.

CAD allows engineers to significantly reduce the time required to create a model or drawing of a product. In addition, they help to identify errors at the product design stage, rather than during or even after its manufacture. The use of CAD avoids additional material and time costs associated with defects and the need to retool production equipment.

The paper uses the example of dies to reveal the tasks that an engineer faces when designing thread cutting tools.

The paper provides theoretical knowledge about the methods and techniques of die manufacturing, types of dies, and the use of dies when cutting external threads.

The process of creating a three-dimensional model of a die using surface and solid modeling methods is considered. A comparative analysis of these methods is performed and practical recommendations for optimizing the creation of a die model using PowerShape are given.

The practical result of the work is the improvement of the technological process of die manufacturing and the creation of a package of technological and design documentation using the means of the automated design system.

It was concluded that the use of computer-aided design systems during the creation of models and drawings of thread cutting tools and the compilation of technological processes for their manufacture significantly simplifies, accelerates, and automates the work of the enterprise's engineering and technical personnel.

Power Shape (Delcam) CAD was used to create three-dimensional models of the matrix.

**Keywords:** external thread, round die, universal die holder, 3D-model, optimal strategy, surface modeling, solid modeling.