

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи: “Розроблення технології виготовлення корпусу 737140.050 з дослідженням процесу фрезерування різьбових поверхонь”.

У кваліфікаційній роботі проведено дослідження кінематичних параметрів процесу фрезерування різьби на внутрішній циліндричній поверхні. Розглянуто три види траєкторії врізання різьбової фрези у заготовку: пряме врізання, під час якого фреза підводиться по нормалі до поверхні із прямолінійною траєкторією, при цьому не відбувається зміщення фрези ввєрх відповідно до кроку різьби; врізання фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів по гвинтовій траєкторії із переміщенням ввєрх на половину кроку різьби; врізання фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 90 градусів по гвинтовій траєкторії із переміщенням ввєрх на четверту частину кроку різьби.

Розроблено розрахункову схему для визначення параметричного рівняння траєкторії руху вершини зуба фрези відносно поверхні отвору заготовки. Виведено чотири параметричних рівняння траєкторії руху вершини зуба фрези відносно поверхні отвору, що описують три різні способи врізання фрези у заготовку та нарізання різьби на поверхні отвору.

Побудовано траєкторії руху вершини зуба фрези відносно нерухої системи координат із врізанням фрези з поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів та на 90 градусів по гвинтовій лінії. Одержані параметричні рівняння при застосуванні прикладного програмного забезпечення дозволяють прогнозувати загальний вигляд траєкторії переміщення зубів фрези, одержаної різьбової поверхні, а при внесенні геометричних і кінематичних відхилень процесу фрезерування визначати похибки геометричних параметрів різьби.

Визначено час на врізання фрези та побудовано графіки залежності часу врізання фрези від частоти обертання фрези для різних номінальних діаметрів різьби.

Вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу 737140.050.

ЗМІСТ

Вступ	
1 Аналітична частина	
1.1. Аналіз стану питання.....	
1.2. Висновки та постановка завдань.....	
2 Науково-дослідна частина	
2.1. Дослідження кінематичних параметрів процесу фрезерування різьби.....	
2.2. Висновки.....	
3 Технологічно-конструкторська частина	
3.1. Службове призначення деталі.....	
3.2. Вибір способу одержання заготовки.....	
3.3. Формування технологічного процесу	
3.4. Визначення припусків на оброблення.....	
3.5. Визначення режимів різання.....	
3.6. Розрахунок пристосування.....	
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

ВСТУП

Зростання використання технологій на основі верстатів з ЧПК створило передумови для створення прогресивних процесів формування внутрішньої та зовнішньої різьби. У багатьох випадках фрезерування різьби є корисною альтернативою нарізання мітчиками чи використання методів пластичного деформування. Фрезерування різьби має такі переваги: формування різьби не залежить від її розмірів та допусків; один інструмент можна використовувати для лівої та правої різьби; не виникають проблеми при формуванні стружки, тому що формується тільки дрібна стружка; відсутнє осьове зміщення, неповне чи надлишкове нарізання різьби; значне зменшення тривалості циклу через високі швидкості та подачі різання; виникнення малих сил різання, що важливо при обробці тонкостінних заготовок; при використанні спеціальних різьбових фрез, декілька операцій механічної обробки можна виконувати тільки одним інструментом.

Багато виробників застосовують експериментальні методи спроб та помилок для вибору оптимальних параметрів обробки гвинтових поверхонь, зокрема різьбових. Геометрія різьбової поверхні залежить не тільки від геометрії інструменту, але також від режимів різання.

При застосуванні різьбових фрез а також при формуванні нестандартних різьбових поверхонь виникає необхідність у комп'ютерному проектуванні та моделюванні таких інструментів із можливістю перевірки їх функціональних параметрів.

Тому подальші дослідження процесу фрезерування різьбових поверхонь є актуальними.

Актуальним є також розроблення технологічного процесу виготовлення корпусу 737140.050.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз стану питання

Деталі із різьбовими поверхнями широко використовуються у різних галузях економіки як для з'єднання окремих елементів, так і для перетворення обертового руху у лінійний. Різьби класифікують за багатьма характеристиками, зокрема на зовнішні та внутрішні, формою витків (квадратні, трикутні, трапецеїдальні, круглі та інші), направлені вліво та вправо. Різьба характеризується номінальним діаметром, кроком витків, кількістю заходів та іншими параметрами. Різьбові поверхні стандартизовані на початку дев'ятнадцятого століття з метою полегшити співпрацю між різними виробниками та користувачами. До методів формування різьби відносяться нарізання мітчиком, накатування, шліфування, точіння, фрезерування та інші методи. Більша кількість зовнішніх різьб формуються накатуванням, а внутрішніх різьб – нарізанням мітчиком. Проте із розвитком сучасних технологій машинобудування, зокрема верстатів з ЧПК різьбу можна нарізати фрезеруванням. Для цього використовуються спеціальні фрези для нарізання різьби. Такі фрези характеризуються широкою універсальністю, оскільки один інструмент можна застосовувати для фрезерування різьб різноманітних діаметрів при однаковому кроці різьби. Різьба може фрезеруватись у глухих та наскрізних отворах, на зовнішніх поверхнях у заготовках із матеріалів, що утворюють довгу чи коротку стружку.

Порівняно із нарізанням різьби мітчиком при фрезеруванні різьби легше усунути зруйнований інструмент із заготовки, не пошкоджуючи її. Це є важливою перевагою при виготовленні високовартісних деталей, що часто використовуються в аерокосмічній промисловості. Недоліками процесу фрезерування є те, що цей процес повільніший за нарізання мітчиком і є необхідність використання верстатів з ЧПК із трьома керованими осями.

Процес нарізання різьби фрезою (рис. 1.1) не так широко використовується

як нарізання різьби при токарній операції, проте цей процес має високу продуктивність при окремих варіантах одержання різьби.

Процес нарізання різьби фрезою завжди необхідно застосовувати у таких випадках:

- при механічній обробці асиметричних деталей, які не доцільно обертати під час обробки;
- при механічній обробці заготовок із матеріалів з виникненням проблем подрібнення та відведення стружки;
- при механічній обробці міцних матеріалів із великими силами різання;
- при механічній обробці поверхонь близьких до вершини глибокого отвору;
- при обробці тонкостінних деталей;
- при нестабільній установці деталі;
- при забезпеченні мінімальної кількості типорозмірів інструментів;
- при необхідності уникнення руйнування інструменту під час обробки високовартісних деталей.



Рисунок 1.1 - Процес нарізання різьби на внутрішній циліндричній поверхні фрезою [12]

Багато виробників застосовують експериментальні методи спроб та помилок для вибору оптимальних параметрів обробки гвинтових поверхонь, зокрема різьбових. Геометрія різьбової поверхні залежить не тільки від

геометрії інструменту, але також від режимів різання. Ідентичні поверхні можуть бути сформованими при радикально різних режимах обробки відносно налагодження обладнання та геометрії інструменту, що використовується у процесі.

При застосуванні різьбових фрез а також при формуванні нестандартних різьбових поверхонь виникає необхідність у комп'ютерному проектуванні та моделюванні таких інструментів із можливістю перевірки їх функціональних параметрів. Нарізання різьби у великих отворах за допомогою фрези дозволяє значно підвищити продуктивність процесу порівняно із токарною обробкою, або розточуванням.

При нарізанні різьби фрезою необхідне використання верстатів з ЧПК, що дозволяють виконувати гвинтову інтерполяцію. При проектуванні різьбових фрез профіль зубів дещо відрізняється від профілю різьби через наявність гвинтової траєкторії переміщення інструменту.

У роботі [15] проведено моделювання профілю різьбової фрези як результат накладання обертання інструменту із рухом по гвинтовій траєкторії. Для підтвердження адекватності запропонованого методу як приклад використано метричну різьбу за стандартом ISO.

На рис. 1.2 представлено січення метричної різьби за стандартом ISO у площині що проходить через вісь поверхні, на якій сформовано різьбу, основними геометричними параметрами якої є крок різьби P , номінальний діаметр D , висота профілю H , середній діаметр різьби D_2 , та мінімальний діаметр D_1 зовнішньої різьби.

Базовий профіль є теоретичним профілем різьби. Основним принципом при формуванні дійсного профілю зовнішньої та внутрішньої різьби є те, що дійсний профіль не повинен перетинати теоретичний профіль. Тому розміри зовнішньої різьби будуть меншими ніж розміри теоретичного профілю, а розміри зовнішньої різьби будуть більшими ніж розміри теоретичного профілю.

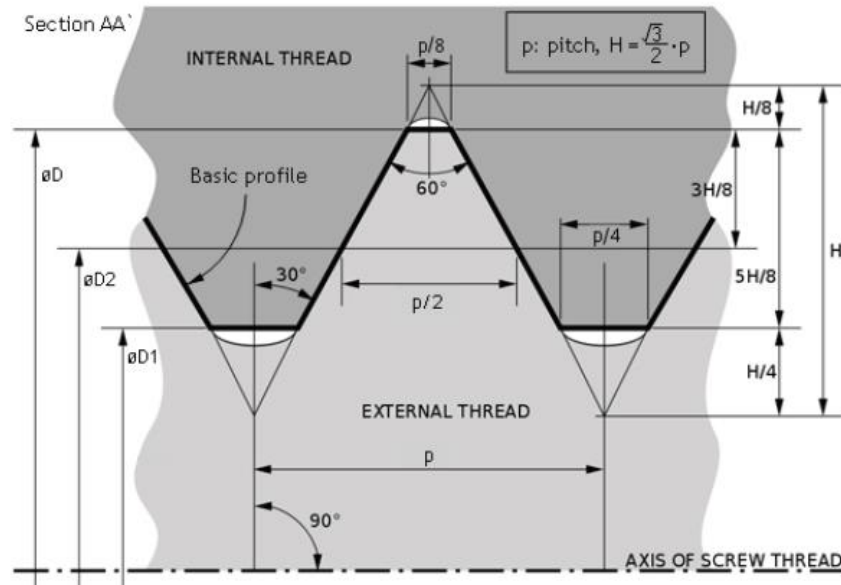


Рисунок 1.2 – Геометричні параметри метричної різьби за стандартом ISO [18]

Профіль огортання це лінія контакту, вздовж якої різьбова фреза дотикається до сформованої поверхні різьби. Цей профіль визначає контур заготовки і залежить від геометричних та кінематичних параметрів інструменту. Тому при розрахунку профілю ріжучої частини фрези необхідно враховувати кінематику переміщення такого інструменту. Профіль огортання визначається на основі аналізу розподілу швидкостей на інструменті. При фрезеруванні різьби фреза переміщується по гвинтовій траєкторії навколо циліндричної поверхні. На рис. 1.3 показано відносне розміщення різьбової фрези та заготовки при нарізанні різьби. Крок гвинтової траєкторії повинен відповідати кроку різьби.

На рисунку 1.4 представлено послідовність методу для формування дійсного профілю робочої поверхні різьбової фрези. Оскільки зуби фрези жорстко пов'язані між собою, у схемі розглянуто проектування тільки одного зуба. Проектування інших зубів здійснюється аналогічно.

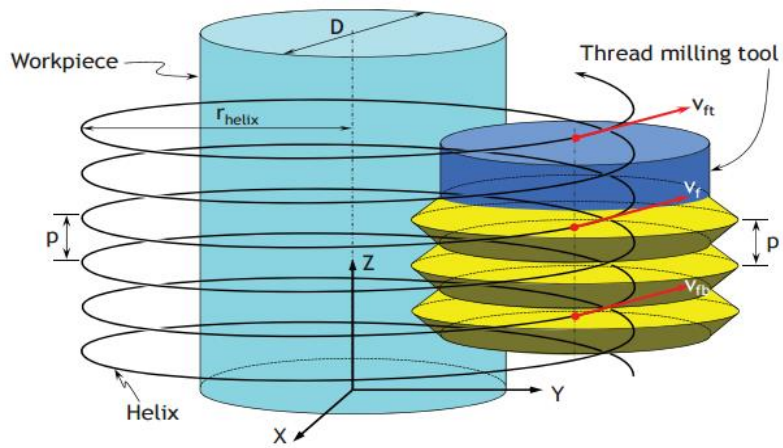


Рисунок 1.3 – Відносне розміщення різьбової фрези та заготовки при нарізанні різьби [15]

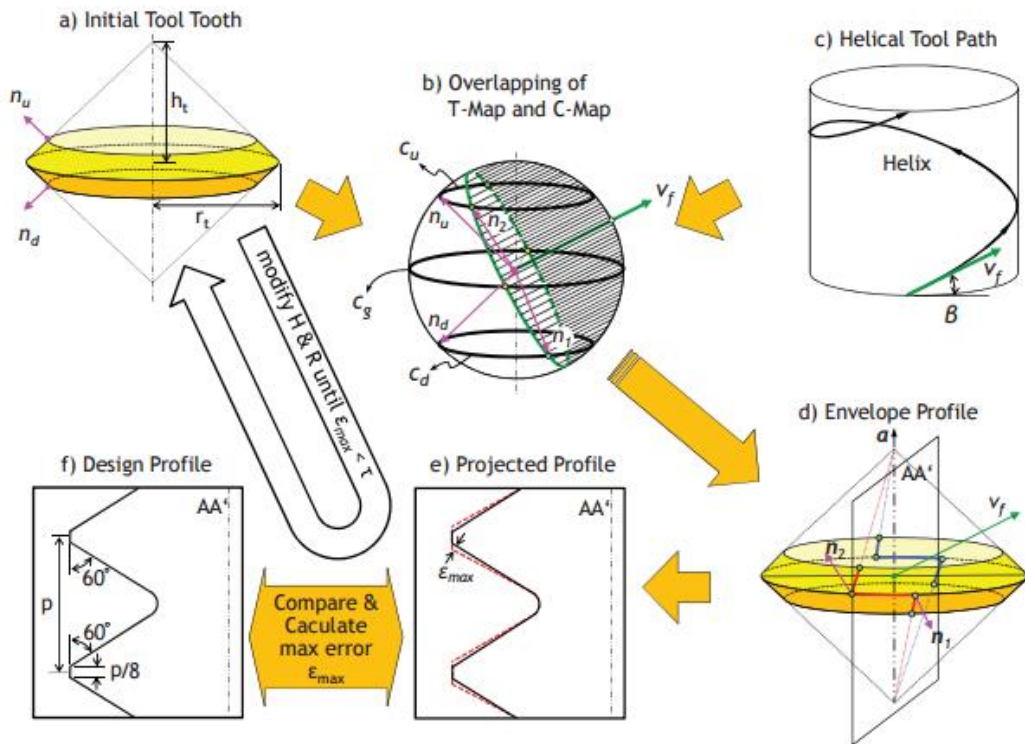


Рисунок 1.4 – Схема послідовності методу формування дійсного профілю робочої поверхні різьбової фрези [15]

Компанією EMUGE розроблено декілька напрямків проектування фрез для нарізання різьби (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Фрези компанії EMUGE для нарізання різьби [19]

Зростання використання технологій на основі верстатів з ЧПК створило передумови для створення прогресивних процесів формування внутрішньої та зовнішньої різьби. У багатьох випадках фрезерування різьби є корисною альтернативою нарізання мітчиками чи використанню методів пластичного деформування. Фрезерування різьби має такі переваги:

- формування різьби не залежить від її розмірів та допусків;
- один інструмент можна використовувати для лівої та правої різьби;
- не виникають проблеми при формуванні стружки, тому що формується тільки дрібна стружка;
- відсутнє осьове зміщення, неповне чи надлишкове нарізання різьби;
- значне зменшення тривалості циклу через високі швидкості та подачі різання;
- виникнення малих сил різання, що важливо при обробці тонкостінних заготовок;
- при використанні різьбових фрез серії BGF, декілька операцій механічної обробки можна виконувати тільки одним інструментом.

Компанією EMUGE спроектовано та виготовлено різьбові фрези із твердих

сплавів та швидкорізальних сталей, з внутрішніми каналами для подачі мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ (рис. 1.6), з високо ефективним твердим покриттям ріжучої частини інструментів.

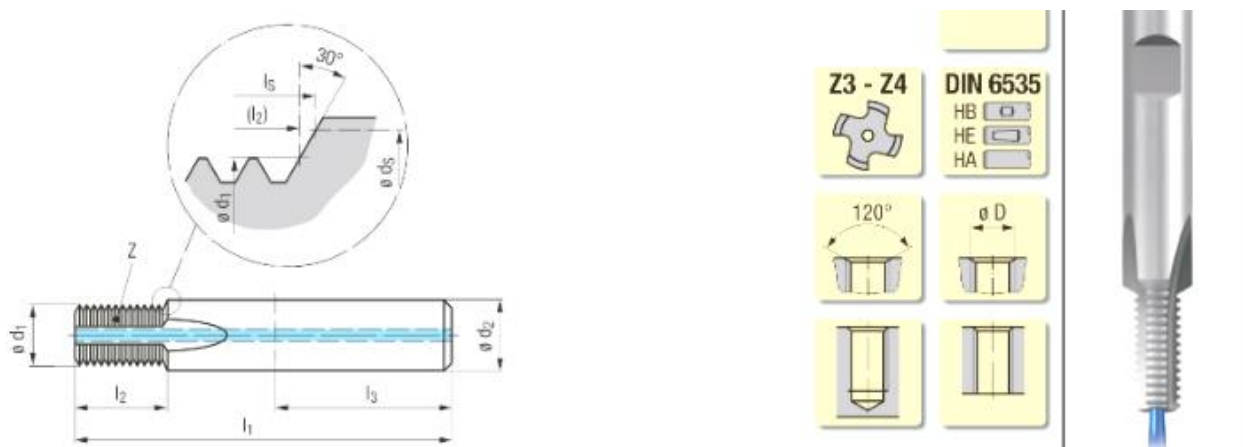


Рисунок 1.6 – Різьбова фреза з внутрішніми каналами для подачі мастильно-охолоджуючих технологічних середовищ компанії EMUGE [21]

Різьбові фрези серії Gigant із змінними різбовими пластинами дозволяють економічно ефективно нарізати різьбу на великих та глибоких зовнішніх і внутрішніх поверхнях, використовуючи сучасні верстати з ЧПК.

Під час нарізання різьби фрезою необхідно забезпечувати послідовне врізання зубів фрези у заготовку (рис. 1.7).

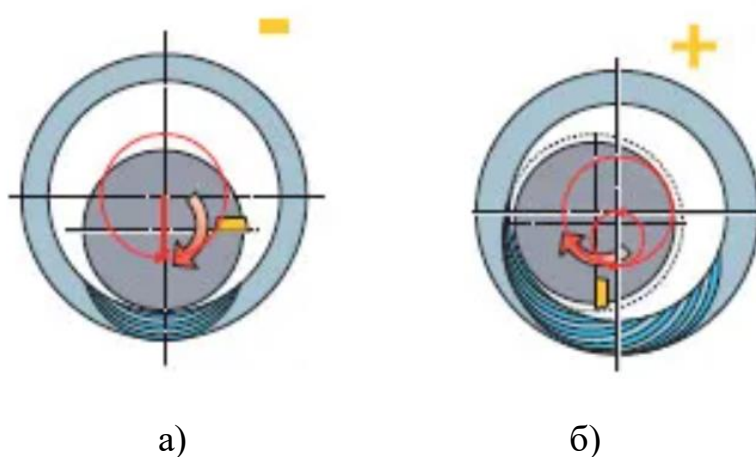


Рисунок 1.7 – Схеми врізання фрези у заготовку а) при прямому врізанні; б) із переміщенням фрези по додатковому колу в процесі врізання [12]

Це можна виконати переміщенням фрези по додатковому колу в процесі

врізання у матеріал заготовки. Для кожного повороту по колу на 90 градусів відбувається зміщення фрези на одну четверту кроку різьби. Послідовне врізання фрези є важливим для уникнення вібрацій та підвищення стійкості інструмента.

Різні схеми врізання різьбової фрези у заготовку, що пропонує компанія EMUGE представлено на рис. 1.8 та 1.9.

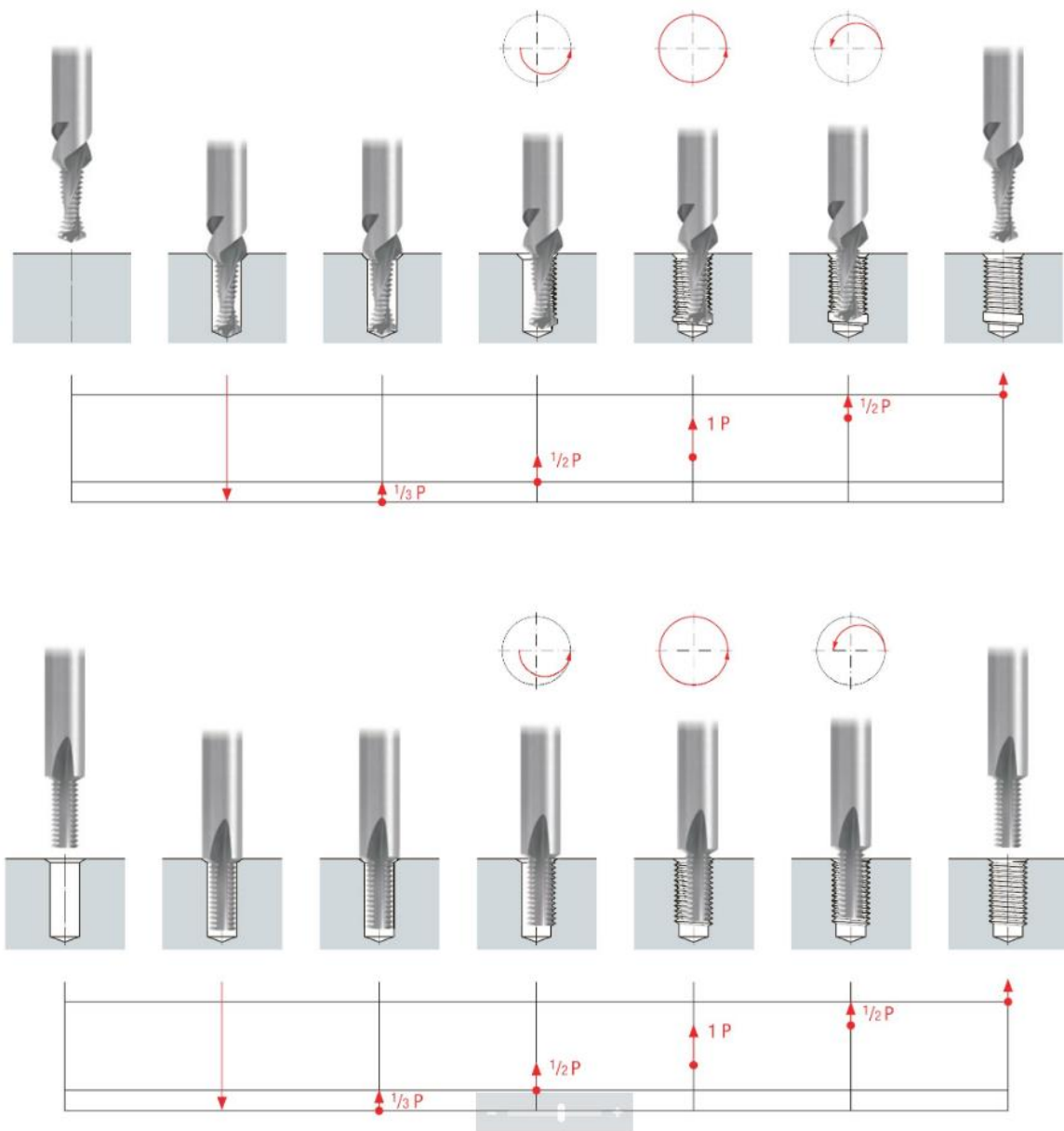


Рисунок 1.8 – Схеми врізання різьбової фрези у заготовку [22]

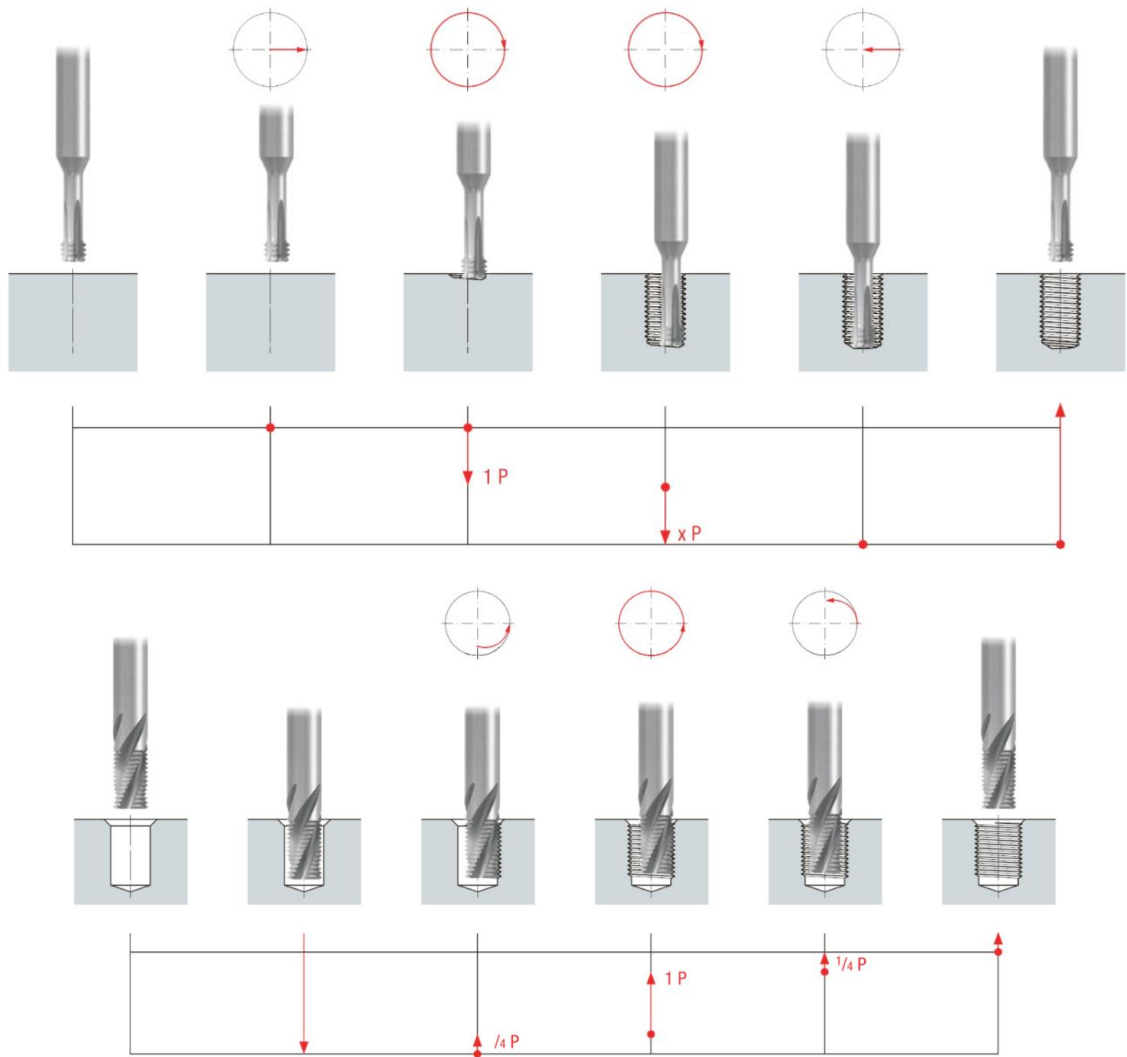


Рисунок 1.9 – Схеми врізання різьбової фрези у заготовку [22]

1.2. Висновки та постановка завдань

Зростання використання технологій на основі верстатів з ЧПК створило передумови для створення прогресивних процесів формування внутрішньої та зовнішньої різьби. У багатьох випадках фрезерування різьби є корисною альтернативою нарізання мітчиками чи використання методів пластичного деформування. Фрезерування різьби має такі переваги: формування різьби не залежить від її розмірів та допусків; один інструмент можна використовувувати для лівої та правої різьби; не виникають проблеми при формуванні стружки, тому що формується тільки дрібна стружка; відсутнє осьове зміщення, неповне чи надлишкове нарізання різьби; значне зменшення тривалості циклу через

високі швидкості та подачі різання; виникнення малих сил різання, що важливо при обробці тонкостінних заготовок; при використанні спеціальних різьбових фрез, декілька операцій механічної обробки можна виконувати тільки одним інструментом.

Під час нарізання різьби фрезою необхідно забезпечувати послідовне врізання зубів фрези у заготовку.

У кваліфікаційній роботі вирішуються такі завдання:

1. Провести дослідження кінематичних параметрів процесу фрезерування різьби на внутрішній циліндричній поверхні.

2. Визначити кінематичні параметри трьох видів траєкторії врізання різьбової фрези у заготовку.

3. Вивести чотири параметричних рівняння траєкторії руху вершини зуба фрези відносно поверхні отвору, що описують три різні способи врізання фрези у заготовку та нарізання різьби на поверхні отвору.

4. Вдосконалити відомий технологічний процес виготовлення корпусу 737140.050.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Дослідження кінематичних параметрів процесу фрезерування різьби

Фрезерування різьби – це процес нарізання різьби поєднанням рухів обертання різьбової фрези на її синхронізованого переміщення вздовж трьох основних осей верстата. При формуванні різьби можна виділити шість основних етапів. На першому етапі фрезера переміщується до співвісності із отвором, в якому нарізається різьба. На другому етапі фреза переміщується у глибину отвору на встановлену довжину різьби. Третій етап – це етап вривання, при якому фреза радіально вривається у поверхню отвору. При цьому траєкторія переміщення фрези може бути різною. Також на цьому етапі можливе одночасне переміщення фрези вгору відповідно до кроку різьби. На четвертому етапі відбувається нарізання різьби, при якому фреза із обертаним рухом навколо власної осі повертається також навколо осі отвору та переміщується вгору по гвинтовій траєкторії із кроком, що дорівнює кроку різьби. На п'ятому етапі після нарізання різьби фреза відводиться від поверхні заготовки за тією ж траєкторією як і на третьому етапі вривання. На шостому етапі фреза відводиться від деталі.

Існують різні способи вривання та траєкторії вривання різьбової фрези у заготовку:

- пряме вривання, під час якого фреза підводиться по нормалі до поверхні із прямолінійною траєкторією. При цьому не відбувається зміщення фрези вгору відповідно до кроку різьби;

- вривання фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів по гвинтовій траєкторії із переміщенням вгору на половину кроку різьби P ;

- вривання фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 90 градусів по гвинтовій траєкторії із переміщенням вгору на четверту частину кроку різьби P .

У промисловості найчастіше використовується врізання фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів або 90 градусів.

В процесі фрезерування різьби як і для інших процесів можуть виникати геометричні відхилення сформованої поверхні, що пов'язані із надлишковим зрізанням матеріалу або недостатнім зрізанням матеріалу заготовки. Це впливає на точність одержаної різьби а також на силові параметри при фрезеруванні. Такі відхилення можуть коректуватись зміною позиції інструменту під час різання а також адаптацією профілю інструмента.

На рис. 2.1 представлено траєкторії рухів при фрезеруванні внутрішньої різьби для етапу нарізання різьби а також траєкторії врізання різьбової фрези у заготовку: пряме врізання; врізання фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів по гвинтовій траєкторії; врізання фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 90 градусів по гвинтовій траєкторії.

Алгоритм розрахунку процесу фрезерування різьби полягає у введенні вхідних параметрів різьби: номінальний діаметр різьби, крок різьби, діаметр різьбової фрези. Після цього проходить розрахунок мінімального діаметра та середнього діаметра різьба, номінального профілю різьби, номінального розміру поверхні для формування різьби. Також розраховується профіль та середній діаметр різьбової частини фрези. Після цього проходить розрахунок траєкторії переміщення центра фрези, що залежить від способу врізання фрези у поверхню заготовки. Проводиться моделювання процесу фрезерування та одержаної різьби та розрахунок похибок фрезерування.

В процесі фрезерування різьби на внутрішній циліндричній поверхні вершинами зубів різьбової фрези виникає складний рух ріжучих частин відносно отвору, в результаті чого формується гвинтова поверхня різьби визначеного профілю.

Для визначення параметричного рівняння траєкторії руху вершини зуба фрези відносно поверхні отвору заготовки розроблено розрахункову схему, що зображена на рисунку 2.1.

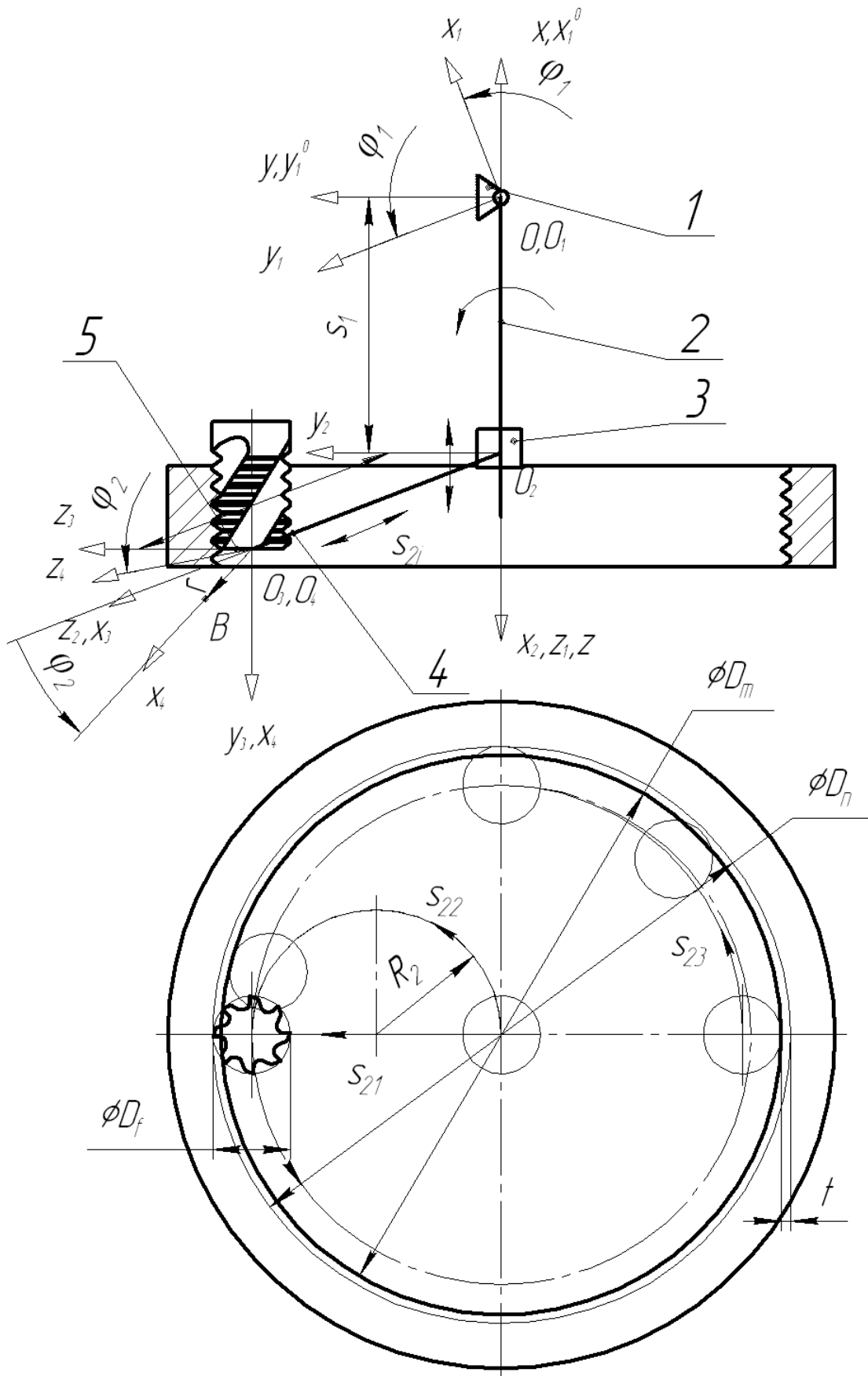


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема для визначення параметричного рівняння траєкторії руху вершини зуба фрези відносно поверхні отвору заготовки

Траєкторія руху вершини зуба фрези відносно поверхні отвору заготовки відповідно до рис. 2.1 формується накладанням чотирьох рухів п'яти елементів приведеної системи.

На рис. 2.1 елементи приведеної системи виконують такі рухи:

1. Обертання елемента 2 відносно нерухомого елемента 1, що описує обертання вісі фрези відносно вісі отвору при фрезеруванні різьби по кругу.

2. Вертикальний прямолінійний рух елемента 3 відносно елемента 2, що описує переміщення фрези на крок різьби P при одному повному повороті вісі фрези відносно вісі отвору.

3. Радіальний рух елемента 4 перпендикулярно до елемента 3, що описує траєкторію врізання різьбової фрези у заготовку.

4. Обертання елемента 5, що описує обертання фрези відносно власної осі.

На рисунку 2.1 позначено такі системи координат: $Oxyz$ – система координат нерухомого елемента 1, $O_1x_1y_1z_1$ – система координат елемента 2. На початку циклу нарізання різьби система координат $O_1x_1y_1z_1$ співпадає із системою координат $Oxyz$ ($Ox_1^0y_1^0z_1^0$). $O_2x_2y_2z_2$ – система координат елемента 3, $O_3x_3y_3z_3$ – система координат елемента 4, $O_4x_4y_4z_4$ – система координат елемента 5. Для визначення параметричного рівняння траєкторії руху вершини зуба фрези відносно поверхні отвору використано такі позначення: φ_1 - кут повороту вісі фрези відносно вісі отвору при фрезеруванні різьби по кругу (елемента 2), $s_1 = O_1O_2$ - переміщення фрези на крок різьби P при одному повному повороті вісі фрези відносно вісі отвору (елемента 3), $s_{2i} = O_2O_3$ - радіальний рух із траєкторією врізання різьбової фрези у заготовку (елемента 4) залежить від вибраного способу врізання, де i – порядковий номер способу врізання; φ_2 - кут обертання фрези відносно власної осі (елемента 5). Координата вершини зуба фрези B у системі координат $O_4x_4y_4z_4$ задається чотирикоординатним вектором:

$$\vec{r}_{B4} = (x_{B4}; y_{B4}; z_{B4}; 1)^T. \quad (2.1)$$

Координати вершини зуба фрези B відносно нерухомої системи координат $Oxyz$ задаються залежністю:

$$\vec{r}_B = \vec{C} \cdot \vec{r}_{B4}, \quad (2.2)$$

де \vec{C} - матриця 4×4 переходу від системи координат $Oxyz$ до системи координат $O_4x_4y_4z_4$.

$$\vec{C} = \vec{D}_1 \cdot \vec{D}_2 \cdot \vec{D}_3 \cdot \vec{D}_4, \quad (2.3)$$

де $\vec{D}_1, \vec{D}_2, \vec{D}_3, \vec{D}_4$ - матриці, що визначають перехід між суміжними системами координат.

Матриці, що визначають перехід між суміжними системами координат відповідно до розрахункової схеми рис. 2.1 записано такими матрицями:

$$\vec{D}_1 = \begin{pmatrix} \cos \varphi_1 & -\sin \varphi_1 & 0 & 0 \\ \sin \varphi_1 & \cos \varphi_1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad \vec{D}_2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & s_1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad (2.4)$$

$$\vec{D}_3 = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & s_{2iy} \\ 1 & 0 & 0 & s_{2iz} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad \vec{D}_4 = \begin{pmatrix} \cos \varphi_2 & 0 & \sin \varphi_2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin \varphi_2 & 0 & \cos \varphi_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Підставляючи координата вершини зуба фрези B у системі координат $O_4x_4y_4z_4$ (2.1) та матриці, що визначають перехід між суміжними системами координат (2.4) у рівняння (2.2), одержано координати вершини зуба фрези B відносно нерухомої системи координат $Oxyz$:

$$\vec{r}_B = \begin{pmatrix} (-\sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 - \cos \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2)r + \cos \varphi_1 s_{2iy} - \sin \varphi_1 s_{2iz} \\ (-\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2)r + \sin \varphi_1 s_{2iy} + \cos \varphi_1 s_{2iz} \\ s_1 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (2.5)$$

Розглянемо координати вершини зуба фрези B відносно нерухомої системи координат $Oxyz$: для різних способів врізання та траєкторії врізання різьбової фрези у заготовку.

При прямому врізання, під час якого фреза підводиться по нормалі до поверхні із прямолінійною траєкторією не відбувається зміщення фрези вгору відповідно до кроку різьби, тому для такого способу $\varphi_1 = 0$, $s_{2iy} = 0$, $s_1 = 0$, а координати вершини зуба фрези B відносно нерухомої системи координат $Oxyz$ описуються вектором:

$$\vec{r}_B = \begin{pmatrix} -r \sin \varphi_2 \\ r \cos \varphi_2 + s_{2iz} \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (2.6)$$

При врізанні фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів по гвинтовій траєкторії із переміщенням вгору на половину кроку різьби P горизонтальна проекція повороту фрези описується колом із радіусом R_2 параметричним рівнянням:

$$s_{22y} = R_2 (\cos \varphi_3 - 1); \quad (2.7)$$

$$s_{22z} = R_2 \sin \varphi_3,$$

де φ_3 - кут повороту осі фрези відносно деталі при врізанні.

Горизонтальна проекція траєкторії переміщення осі фрези при врізанні фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів представлена

кривою 1 на рис. 2.2.

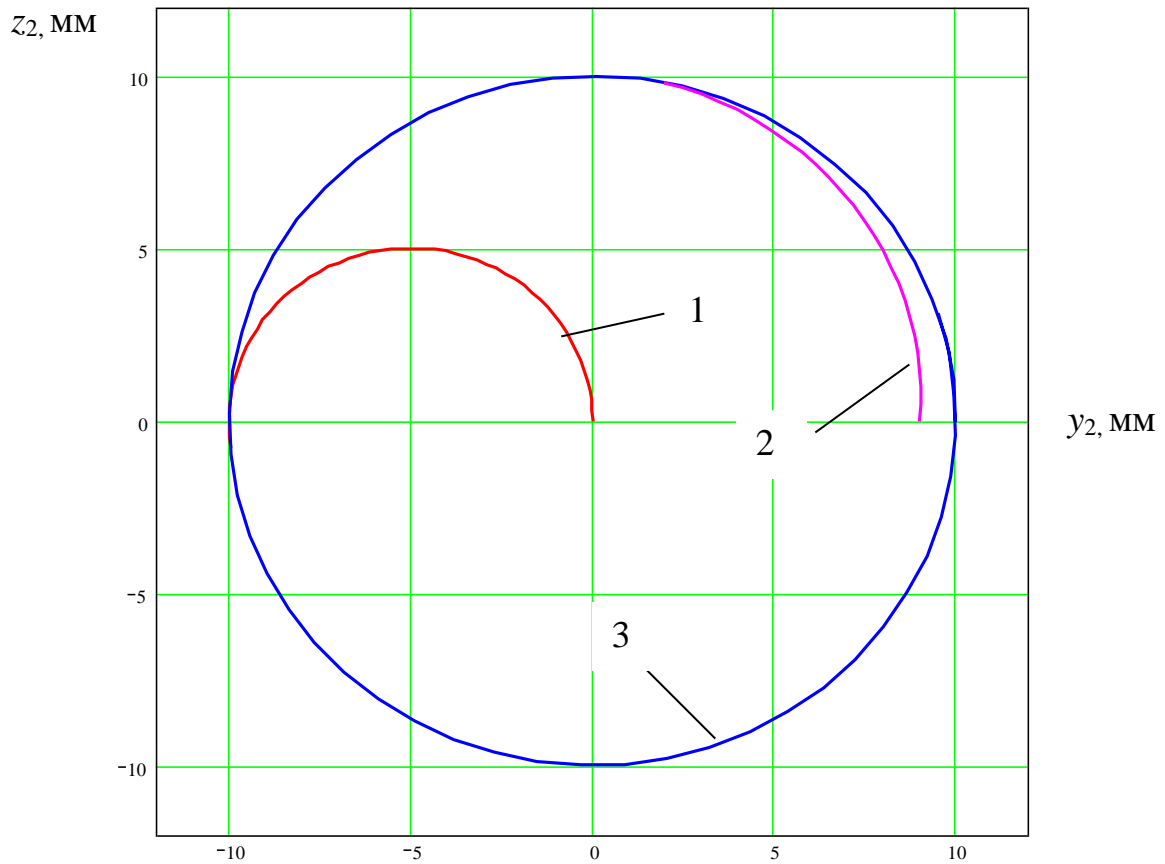


Рисунок 2.2 - Горизонтальні проекції траєкторій переміщення осі фрези відносно заготовки: 1 – траєкторія переміщення осі фрези при врізанні фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів; 2 – траєкторія переміщення осі фрези при врізанні фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 90 градусів; 3 - траєкторія переміщення осі фрези при нарізанні різьби

Оскільки на цьому етапі відсутнє нарізання різьби, то $\varphi_1 = 0$, а координати вершини зуба фрези B відносно нерухомої системи координат $Oxyz$ описуються вектором:

$$\vec{r}_B = \begin{pmatrix} -r \sin \varphi_2 + R_2 (\cos \varphi_3 - 1) \\ r \cos \varphi_2 + R_2 \sin \varphi_3 \\ s_1 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (2.8)$$

При врізанні фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 90 градусів по гвинтовій траєкторії із переміщенням вверх на четверть кроку різьби P горизонтальна проекція повороту фрези описується спіраллю Архімеда, що поєднує одночасно лінійне та кругове переміщення вісі фрези параметричним рівнянням:

$$s_{23y} = \left(V_3 \tau + \frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2} - t \right) \cos(\omega_4 \tau); \quad (2.9)$$

$$s_{23z} = \left(V_3 \tau + \frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2} - t \right) \sin(\omega_4 \tau),$$

де V_3 - швидкість лінійного переміщення фрези;

τ - час;

D_n - номінальний діаметр різьби;

D_f - зовнішній діаметр фрези;

t - висота профілю різьби;

ω_4 - кутова швидкість кругового руху осі фрези відносно заготовки при врізанні із поворотом осі фрези відносно деталі на 90 градусів.

Час врізання фрези:

$$\tau_v = \frac{\pi}{2\omega_4}. \quad (2.10)$$

Швидкість лінійного переміщення фрези:

$$V_3 = \frac{2t\omega_4}{\pi}. \quad (2.11)$$

Підставляючи рівняння (2.11) у рівняння (2.9), одержано:

$$s_{23y} = \left(\frac{2t\omega_4 \tau}{\pi} + \frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2} - t \right) \cos(\omega_4 \tau); \quad (2.12)$$

$$s_{23z} = \left(\frac{2t\omega_4\tau}{\pi} + \frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2} - t \right) \sin(\omega_4\tau).$$

Горизонтальна проекція траєкторії переміщення осі фрези при врізанні фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 90 градусів представлена кривою 2 на рис. 2.2.

Оскільки на цьому етапі відсутнє нарізання різьби, то $\varphi_1 = 0$, а координати вершини зуба фрези B відносно нерухомої системи координат $Oxyz$ описуються вектором:

$$\vec{r}_B = \begin{pmatrix} -r \sin \varphi_2 + \left(\frac{2t\omega_4\tau}{\pi} + \frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2} - t \right) \cos(\omega_4\tau) \\ r \cos \varphi_2 + \left(\frac{2t\omega_4\tau}{\pi} + \frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2} - t \right) \sin(\omega_4\tau) \\ s_1 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (2.13)$$

Під час виконання етапу нарізання фрезою різьби після завершення етапу врізання $s_{2iy} = 0$, $s_{2iz} = \frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2}$, а координати вершини зуба фрези B відносно нерухомої системи координат $Oxyz$ описуються вектором:

$$\vec{r}_B = \begin{pmatrix} \left(-\sin \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 - \cos \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 \right) \frac{D_f}{2} - \sin \varphi_1 \left(\frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2} \right) \\ \left(-\sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \right) \frac{D_f}{2} + \cos \varphi_1 \left(\frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2} \right) \\ s_1 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (2.14)$$

Кути повороту фрези відносно власної осі та осі фрези відносно отвору визначаються за формулами:

$$\varphi_1 = \omega_1 \cdot \tau; \quad (2.15)$$

$$\varphi_2 = \omega_2 \cdot \tau,$$

де ω_1 – кутова швидкість обертання осі фрези відносно отвору;

ω_2 - кутова швидкість обертання фрези відносно власної осі.

Переміщення елемента 3, тобто фрези вздовж осі отвору визначаємо за формулою:

$$s_1 = V_1 \tau, \quad (2.16)$$

де V_1 - швидкість пересування елемента 3.

Швидкість пересування елемента 3, тобто фрези вздовж осі отвору:

$$V_1 = \frac{\omega_1 P}{2\pi}, \quad (2.17)$$

де P - крок різьби.

Підставляємо формулу (2.17) у (2.16) та одержуємо:

$$s_1 = \frac{\omega_1 P \tau}{2\pi}. \quad (2.18)$$

Крім того, потрібно врахувати, що $r = \frac{D_f}{2}$; $R_2 = \frac{D_n - D_f}{4}$.

Тому при прямому врізанні, під час якого фреза підводиться по нормалі до поверхні із прямолінійною траєкторією координати вершини зуба фрези B відносно нерухомої системи координат $Oxyz$ описуються вектором:

$$\vec{r}_B = \begin{pmatrix} -\frac{D_f}{2} \sin(\omega_2 \tau) \\ \frac{D_f}{2} \cos(\omega_2 \tau) + V_v \tau \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (2.19)$$

де V_v - швидкість врізання фрези.

Швидкість врізання фрези:

$$V_v = S_z z \frac{30\omega_2}{\pi}, \quad (2.20)$$

де S_z - подача на один зуб фрези;

z – кількість зубів фрези на одному витку.

Відповідно рівняння (2.19) прийме вигляд:

$$\vec{r}_B = \begin{pmatrix} -\frac{D_f}{2} \sin(\omega_2 \tau) \\ \frac{D_f}{2} \cos(\omega_2 \tau) + S_z z \frac{30\omega_2}{\pi} \tau \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (2.21)$$

При врізанні фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів по гвинтовій траєкторії рівняння (2.8) прийме вигляд:

$$\vec{r}_B = \begin{pmatrix} -\frac{D_f}{2} \sin(\omega_2 \tau) + \frac{D_n - D_f}{4} (\cos(\omega_3 \tau) - 1) \\ \frac{D_f}{2} \cos(\omega_2 \tau) + \frac{D_n - D_f}{4} \sin(\omega_3 \tau) \\ \frac{\omega_3 P \tau}{2\pi} \\ 1 \end{pmatrix}, \quad (2.22)$$

де ω_3 - кутова швидкість кругового руху вісі фрези відносно заготовки при врізанні із поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів.

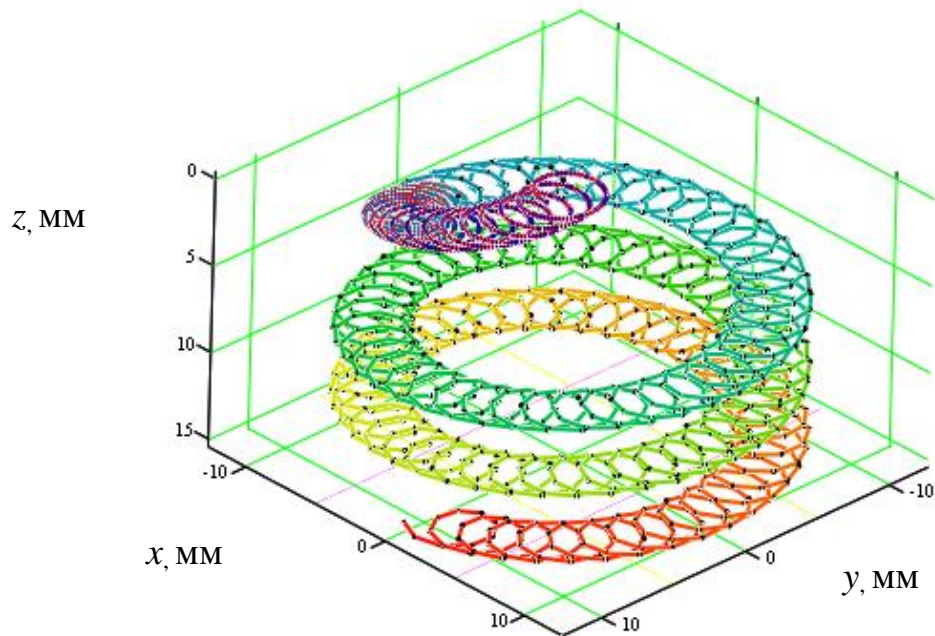
При врізанні фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 90 градусів по гвинтовій траєкторії рівняння (2.13) прийме вигляд:

$$\vec{r}_B = \begin{pmatrix} -\frac{D_f}{2} \sin(\omega_2 \tau) + \left(\frac{2t\omega_4 \tau}{\pi} + \frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2} - t \right) \cos(\omega_4 \tau) \\ \frac{D_f}{2} \cos(\omega_2 \tau) + \left(\frac{2t\omega_4 \tau}{\pi} + \frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2} - t \right) \sin(\omega_4 \tau) \\ \frac{\omega_4 P \tau}{2\pi} \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (2.23)$$

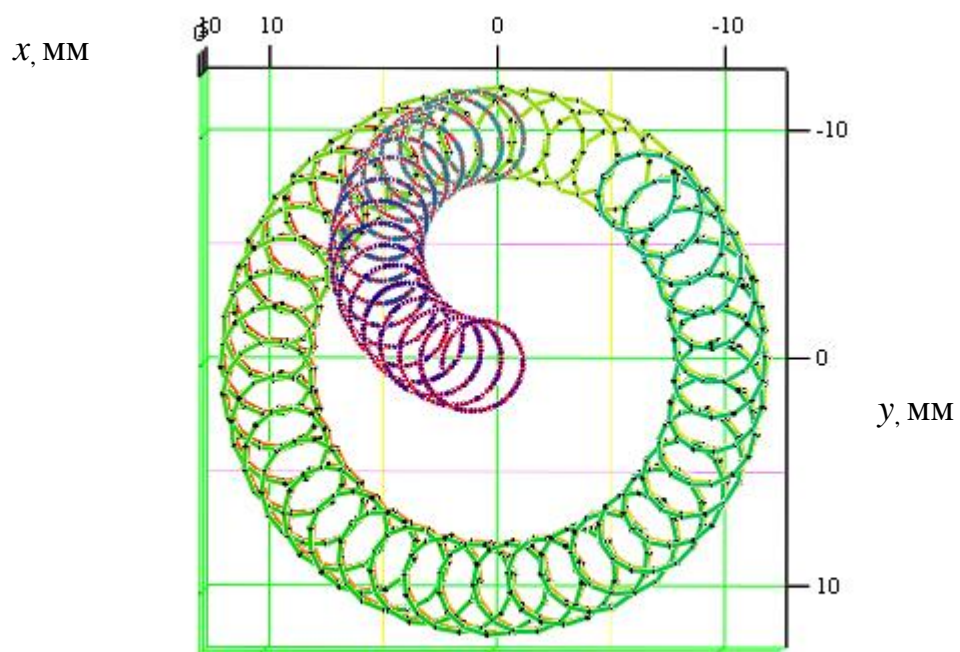
Під час виконання етапу нарізання фрезою різьби рівняння (2.14) прийме вигляд:

$$\vec{r}_B = \begin{pmatrix} \left(-\sin(\omega_1 \tau) \cdot \cos(\omega_2 \tau) - \cos(\omega_1 \tau) \cdot \sin(\omega_2 \tau) \right) \frac{D_f}{2} - \sin(\omega_1 \tau) \left(\frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2} \right) \\ \left(-\sin(\omega_1 \tau) \cdot \sin(\omega_2 \tau) + \cos(\omega_1 \tau) \cdot \cos(\omega_2 \tau) \right) \frac{D_f}{2} + \cos(\omega_1 \tau) \left(\frac{D_n}{2} - \frac{D_f}{2} \right) \\ \frac{\omega_1 P \tau}{2\pi} \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (2.24)$$

На основі параметричних рівнянь (2.22) та (2.24) побудовано траєкторію руху вершини зуба фрези відносно нерухомої системи координат $Oxyz$ із врізанням фрези з поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів по гвинтовій лінії (рис. 2.3).



а)

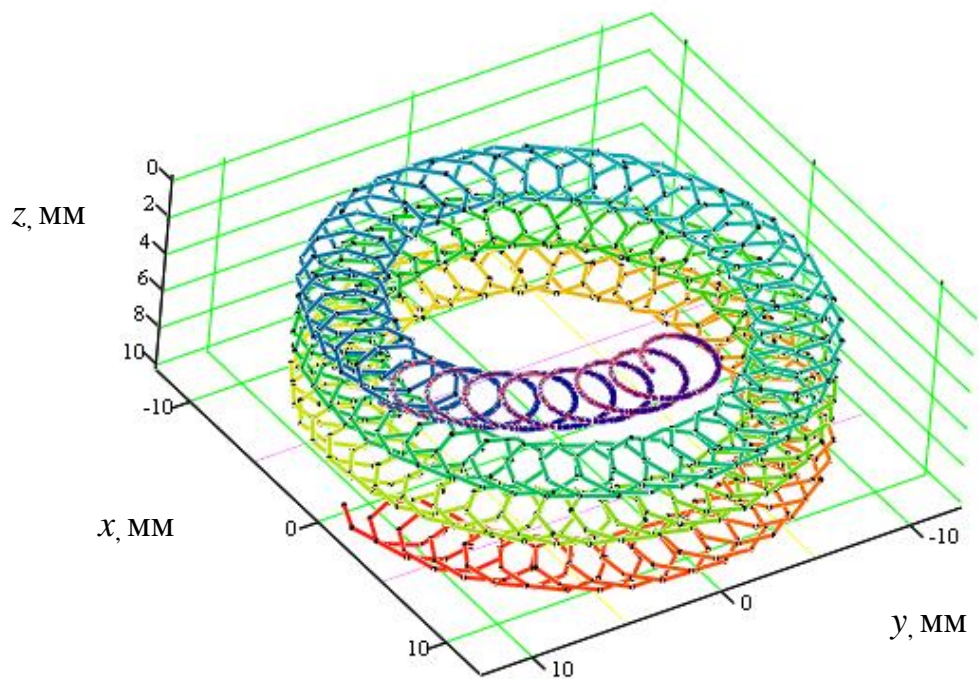


б)

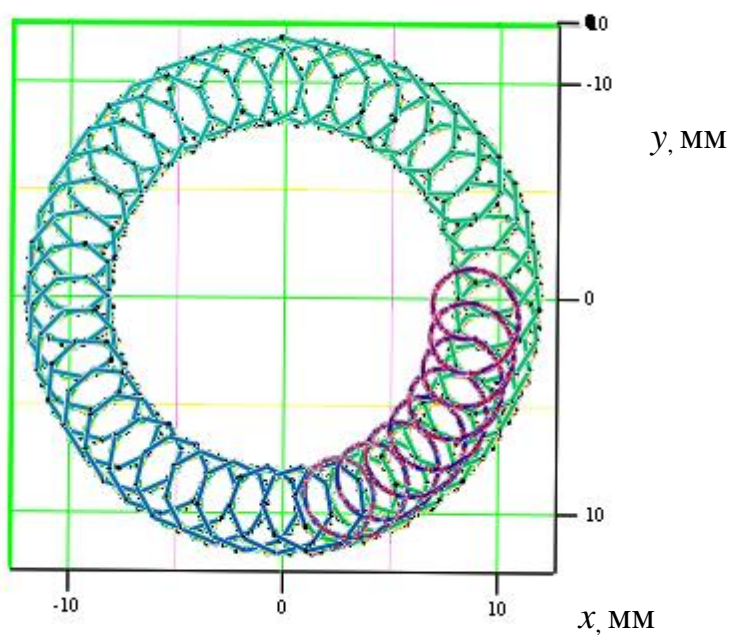
Рисунок 2.3 - Траєкторія руху вершини зуба фрези відносно нерухомої системи координат $Oxyz$ із врізанням фрези з поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів по гвинтовій лінії: а) трьохмірне зображення б) вигляд зверху

На основі параметричних рівнянь (2.23) та (2.24) побудовано траєкторію руху вершини зуба фрези відносно нерухомої системи координат $Oxyz$ із

врізанням фрези з поворотом осі фрези відносно деталі на 90 градусів по гвинтовій лінії (рис. 2.4).



а)



б)

Рисунок 2.4 - Траєкторія руху вершини зуба фрези відносно нерухомої системи координат $Oxyz$ із врізанням фрези з поворотом осі фрези відносно деталі на 90 градусів по гвинтовій лінії: а) трьохмірне зображення б) вигляд зверху

Одержані параметричні рівняння 2.21 - 2.24 при застосуванні прикладного програмного забезпечення дозволяють прогнозувати загальний вигляд траєкторії переміщення зубів фрези, одержаної різбової поверхні, а при внесенні геометричних і кінематичних відхилень процесу фрезерування визначати похибки геометричних параметрів різьби.

Кутову швидкість обертання фрези відносно власної осі визначаємо за формулою:

$$\omega_1 = S_z z \frac{60\omega_2}{(D_n - D_f)\pi}. \quad (2.25)$$

При цьому $\omega_4 = \omega_1$.

Кутову швидкість кругового руху вісі фрези відносно заготовки при врізанні із поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів визначаємо за формулою:

$$\omega_3 = S_z z \frac{120\omega_2}{(D_n - D_f)\pi}. \quad (2.26)$$

Час на врізання фрези визначається за формулою:

$$\tau_v = \frac{\pi}{2\omega_3}; \quad (2.27)$$

$$\tau_v = \frac{\pi^2(D_n - D_f)}{240S_z z \omega_2}; \quad (2.28)$$

$$\tau_v = \frac{\pi(D_n - D_f)}{8S_z z n_2}. \quad (2.29)$$

де n_2 - частота обертання фрези, об/хв.

На основі рівняння (2.29) побудовано графіки залежності часу врізання фрези від частоти n_2 обертання фрези для різних номінальних діаметрів різьби (рис. 2.5).

Із графіків на рис. 2.5 бачимо, що при збільшенні частоти n_2 обертання фрези час скорочується, а при збільшенні номінального діаметра фрези D_n час на врізання фрези зростає. При збільшенні частоти n_2 обертання фрези від 200 об/хв до 400 об/хв час на врізання фрези зменшується в 1,9 рази. При збільшенні номінального діаметра різьби D_n від 60 мм до 100 мм час на врізання фрези зростає в 1,67 рази.

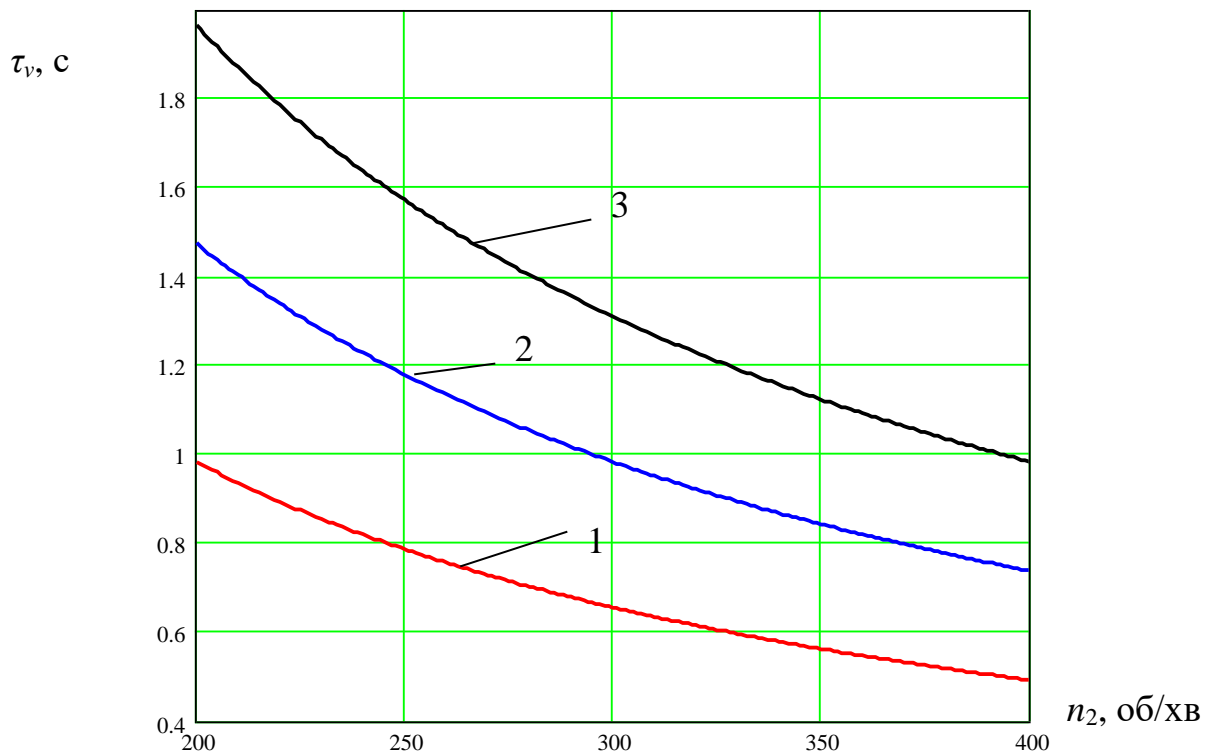


Рисунок 2.5 - Графіки залежності часу врізання фрези від частота обертання фрези: 1 - $D_n = 60$ мм; 2 - $D_n = 80$ мм; 3 - $D_n = 100$ мм

2.2. Висновки

У розділі проведено дослідження кінематичних параметрів процесу фрезерування різьби на внутрішній циліндричній поверхні. Розглянуто три види траєкторії врізання різьбової фрези у заготовку: пряме врізання, під час якого фреза підводиться по нормалі до поверхні із прямолінійною траєкторією, при цьому не відбувається зміщення фрези вгору відповідно до кроку різьби; врізання фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів по

гвинтовій траєкторії із переміщенням вгору на половину кроку різьби P ; врізання фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 90 градусів по гвинтовій траєкторії із переміщенням вгору на четверту частину кроку різьби P .

Розроблено розрахункову схему для визначення параметричного рівняння траєкторії руху вершини зуба фрези відносно поверхні отвору заготовки. Виведено чотири параметричних рівняння траєкторії руху вершини зуба фрези відносно поверхні отвору, що описують три різні способи врізання фрези у заготовку та нарізання різьби на поверхні отвору.

Побудовано траєкторії руху вершини зуба фрези відносно нерухомої системи координат $Oxuz$ із врізанням фрези з поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів та на 90 градусів по гвинтовій лінії. Одержані параметричні рівняння при застосуванні прикладного програмного забезпечення дозволяють прогнозувати загальний вигляд траєкторії переміщення зубів фрези, одержаної різьбової поверхні, а при внесенні геометричних і кінематичних відхилень процесу фрезерування визначати похибки геометричних параметрів різьби.

Визначено час на врізання фрези та побудовано графіки залежності часу врізання фрези від частоти обертання фрези для різних номінальних діаметрів різьби. Встановлено, що при збільшенні частоти n_2 обертання фрези час скорочується, а при збільшенні номінального діаметра фрези D_n час на врізання фрези зростає. При збільшенні частоти n_2 обертання фрези від 200 об/хв до 400 об/хв час на врізання фрези зменшується в 1,9 рази. При збільшенні номінального діаметра різьби D_n від 60 мм до 100 мм час на врізання фрези зростає в 1,67 рази.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” 737140.050 входить до складу світильника, призначеного для маркування висотних та протяжних об’єктів. Основне призначення деталі - взаємне розміщення і захист елементів світильника.

Основними поверхнями деталі “Корпус” 737140.050 є: внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 117H9^{(+0,087)}$; Ra2,5 – призначена для встановлення скляного розсіювача; зовнішня різева поверхня M125×2-8g; Ra6,7 – для загвинчування кільця; торцева поверхня 71h14_(-0,74); Ra12,8 – для забезпечення щільного контакту з розсіювачем; різь трубна циліндрична $G\frac{3}{4}-B$; Ra6,7 – для приєднання труби, за допомогою якої кріпиться світильник; різевий отвір M6-7H; Ra6,7 – отвір для загвинчування запобіжного гвинта, що попередить самовідгвинчування; різеві отвори M4-7H; Ra6,7 – для кріплення плати зі світлодіодами.

Аналіз технічних вимог представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Аналіз технічних вимог

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Торцева поверхня 71h14 _(-0,74)	14	Ra12,8
2	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 117H9^{(+0,087)}$; l=24	9	Ra2,5
3	Торцева поверхня 24h14 _(-0,52)	14	Ra12,8
4	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 122h14_{(-1,0)}$; l=2; 45°	14	Ra12,8
5	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 124,8h11_{(-0,29)}$ під різь M125×2-8g	11	Ra6,7
6	Зовнішня різева поверхня M125×2-8g; l=21	11	Ra6,7

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3	4
7	Зовнішня канавка $\varnothing 122h14_{(-1,0)}$; $5^{+0,3}$; 45°	14	Ra12,8
8	Отвір $\varnothing 22H14^{(+0,52)}$	14	Ra12,8
9	Внутрішня фаска $120^\circ \pm 2^\circ$	14	Ra12,8
10	Отвір глухий $\varnothing 4,95H12^{(+0,12)}$ під різь М6-7Н; $l=9$; $15 \pm 0,1$	12	Ra12,8
11	Внутрішня фаска $1 \times 45^\circ$	14	Ra12,8
12	Різовий глухий отвір М6-7Н; $l=9$; $15 \pm 0,1$	12	Ra6,7
13	Отвір $\varnothing 24,17^{+0,28}$ під різь $G \frac{3}{4} - B$; $l=38 \pm 0,5$	12	Ra12,8
14	Внутрішня фаска $2 \times 45^\circ$	14	Ra12,8
15	Різовий отвір $G \frac{3}{4} - B$; $l=20 \text{ min}$	12	Ra6,7
16,17,18	Три отвори $\varnothing 3,7^{+0,16}$; $72 \pm 0,3$; $36 \pm 0,15$; $l=14 \pm 1$	12	Ra12,8
19,20,21	Три внутрішні фаски $0,5 \times 45^\circ$	14	Ra12,8
22	Кільцева канавка $\varnothing 35_{-0,5}$; $b=4_{-0,5}$	14	Ra12,8
23	Торцева поверхня 46	Не підлягає обробці різнанням	Rz80
24	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 132$	Не підлягає обробці різнанням	Rz80
25	Торцева поверхня $28 \pm 0,26$	14	Ra12,8
26	Паз $5 \pm 0,2$	14	Ra12,8

3.2. Вибір способу одержання заготовки

Деталь “Корпус” 737140.050 виготовляється із алюмінієвого сплаву АК12, що має хороші ливарні властивості. Тому розглянуто такі способи одержання заготовки:

- 1) лиття під тиском;
- 2) лиття в піщані форми.

Для розрахунку маси заготовки використано формулу:

$$Q = q + m_{\text{пр}}, \quad (3.1)$$

$q = 0,39$ кг – маса деталі;

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho. \quad (3.2)$$

Для розрахунку припусків заготовки використано узагальнені в результаті аналізу дані із таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Припуски деталі “Корпус” 737140.050

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) лиття під тиском				
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 117H9^{(+0,087)}$; $l=24$	Ra2,5	1,2	$2,0 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 113 \pm 0,6$
Торцева поверхня $71h14_{(-0,74)}$	Ra12,8	1,1	1,2	$72,2 \pm 0,55$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 124,8h11_{(-0,29)}$ під різь M125×2-8g	Ra6,7	1,2	$1,2 \times 2 = 2,4$	$\varnothing 127,2 \pm 0,6$
Торцева поверхня $28 \pm 0,26$	Ra12,8	0,9	1,1	$26,9 \pm 0,45$ на кресленні вказується $28,1 \pm 0,45$
Отвір $\varnothing 22H14^{(+0,52)}$	Ra12,8	0,8	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 20 \pm 0,4$
2) лиття в піщані форми				
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 117H9^{(+0,087)}$; $l=24$	Ra2,5	5,0	$6,5 \times 2 = 13,0$	$\varnothing 104 \pm 2,5$

Закінчення таблиці 3.2

1	2	3	4	5
Торцева поверхня 71h14 _(-0,74)	Ra12,8	4,4	5,0	76±2,2
Зовнішня циліндрична поверхня Ø124,8h11 _(-0,29) під різь M125×2-8g	Ra6,7	5,0	5,0 × 2 = 10,0	Ø134,8±2,5
Отвір Ø22H14 ^(+0,52)	Ra12,8	3,6	4,2 × 2 = 8,4	Ø13,6±1,8

Ескізи запропонованих варіантів литих заготовок представлено на рис. 3.1,
3.2.

Визначаємо об'єми припусків запропонованих варіантів литих заготовок:

- лиття під тиском:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (127^2 - 113^2) \cdot 1,2}{4} = 3165,12 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (117^2 - 113^2) \cdot 24}{4} = 17332,8 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (127,2^2 - 124,8^2) \cdot 28}{4} = 13293,5 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (22^2 - 20^2) \cdot 40}{4} = 2637,6 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot 5^2 \cdot 9}{4} = 176,63 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot 3,7^2 \cdot 14}{4} \cdot 3 = 451,36 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{пр}_i};$$

$$V_{\text{пр}} = 3165,12 + 17332,8 + 13293,5 + 2637,6 + 176,63 + 451,36 = \\ = 37057,01 \text{ (мм}^3\text{)} = 37,06 \text{ см}^3.$$

- лиття в піщані форми:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (134,8^2 - 104^2) \cdot 5}{4} = 28868,53 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (117^2 - 104^2) \cdot 24}{4} = 54127,32 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (134,8^2 - 124,8^2) \cdot 28}{4} = 57060,08 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (22^2 - 13,6^2) \cdot 40}{4} = 9389,86 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot 5^2 \cdot 9}{4} = 176,63 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot 3,7^2 \cdot 14}{4} \cdot 3 = 451,36 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{пр}_i};$$

$$V_{\text{пр}} = 28868,53 + 54127,32 + 57060,08 + 9389,86 + 176,63 + 451,36 = \\ = 150073,8 \text{ (мм}^3\text{)} = 150,1 \text{ см}^3.$$

Загальні маси припусків:

– лиття під тиском:

$$m_{\text{пр1}} = 37,06 \cdot 2,6 = 96,4 \text{ (г)} \approx 0,1 \text{ кг.}$$

– лиття в піщані форми:

$$m_{\text{пр2}} = 150,1 \cdot 2,6 = 390,26 \text{ г} \approx 0,39 \text{ кг.}$$

Визначаємо маси заготовок:

– лиття під тиском:

$$Q_1 = 0,39 + 0,1 = 0,49 \text{ кг.}$$

– лиття в піщані форми:

$$Q_2 = 0,39 + 0,39 = 0,78 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \tag{3.3}$$

– лиття під тиском:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,39}{0,49} = 0,8.$$

– лиття в піщані форми:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,39}{0,78} = 0,5.$$

В результаті аналізу в умовах середньосерійного типу виробництва деталі “Корпус” 737140.050 вибрано спосіб одержання заготовки - литво під тиском.

3.3. Формування технологічного процесу

Здійснено проектування технологічного процесу механічної обробки деталі “Корпус” 737140.050.

005. Токарно-гвинторізна

Точити остаточно кільцеву зовнішню канавку 22, витримуючи розміри $\varnothing 35_{-0,5}$; $b=4_{-0,5}$.

010. Токарна з ЧПК

2. Підрізати остаточно торець 1, витримуючи розмір $71_{-0,74}$.

3. Точити остаточно зовнішню канавку 7 з остаточною підрізаннюм торця 25, витримуючи розміри $\varnothing 122_{-1,0}$; $5^{+0,3}$; 45° ; $28 \pm 0,26$.

4. Точити остаточно зовнішні циліндричні поверхні 4, 5 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 122_{-1,0}$; $2 \pm 0,1$; 45° ; $\varnothing 124,8_{-0,29}$.

5. Розточити попередньо отвір 2 з остаточною підрізаннюм торця 3, витримуючи розміри $\varnothing 116,5^{+0,22}$; $24_{-0,52}$.

6. Розточити остаточно отвір 2, витримуючи розміри $\varnothing 117^{+0,087}$; $24_{-0,52}$.

7. Нарізати зовнішню різь 6, витримуючи розміри $M125 \times 2-8g$; $l=21$.

9. Перевірити розміри: $71_{-0,74}$; $\varnothing 122_{-1,0}$; $5^{+0,3}$; 45° ; $\varnothing 122_{-1,0}$; $2 \pm 0,1$; 45° ; $28 \pm 0,26$; $\varnothing 117^{+0,087}$; $24_{-0,52}$; $M125 \times 2-8g$; $l=21$. Контроль 30%.

015. Свердлильна з ЧПК.

1. Центрувати отвір 10, витримуючи розміри $\varnothing 1,6^{+0,25}$; $\varnothing 3,35^{+0,3}$; $3,52 \pm 0,1$.

2. Свердлити отвір 10, витримуючи розміри $\varnothing 4,95H12(^{+0,12})$; $l=9$; $15 \pm 0,1$.

3. Зенкувати фаску 11, витримуючи розмір $1 \times 45^\circ$.
4. Нарізати різь 12, витримуючи розміри M6-7H; $l=9$; $15 \pm 0,1$.

020. Свердлильна з ЧПК.

1. Центрувати три отвори 16, 17, 18, витримуючи розміри $\varnothing 1,6^{+0,25}$; $\varnothing 3,35^{+0,3}$; $3,52 \pm 0,1$.
2. Свердлити три отвори 16, 17, 18, витримуючи розміри $\varnothing 3,7^{+0,16}$; $72 \pm 0,3$; $36 \pm 0,15$; $l=14 \pm 1$.
3. Зенкувати три фаски 19, 20, 21, витримуючи розмір $0,5 \times 45^\circ$.

025. Свердлильна з ЧПК.

1. Розсвердлити отвір 8, витримуючи розміри $\varnothing 22^{+0,52}$; $40 \pm 0,5$.
2. Розсвердлити отвір 13 під різь $G \frac{3}{4} - B$, витримуючи розміри $\varnothing 24,17^{+0,28}$; $l=38 \pm 0,5$.

3. Зенкувати фаску 14, витримуючи розмір $2 \times 45^\circ$.

Нарізати різь 15, витримуючи розміри $G \frac{3}{4} - B$; $l=20 \text{ min}$.

Операція 030. Горизонтально-фрезерна.

1. Фрезерувати паз 26 в розмір $5 \pm 0,5$.

Операція 035. Контроль.

3.4. Визначення припусків на оброблення

Результати оформлено у вигляді таблиці 3.4.

Габаритні розміри заготовки: $\varnothing 132 \pm 0,6 \times 72,2 \pm 0,6$.

Схема розташування припусків та допусків для поверхні $\varnothing 117H9^{(+0,087)}$ представлена на рис. 3.3.

Таблиця 3.4 – Розрахункові припуски деталі “Корпус” 737140.050

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Торцева поверхня 71h14 _(-0,74)					
Напівчистове точіння при поперечній подачі	14	Ra12,8	0,74	1,2	71 _{-0,74}
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	1,1	–	72,2±0,55
Зовнішня циліндрична поверхня Ø124,8h11 _(-0,29) під різь М125×2-8g					
Торцева поверхня 28±0,26					

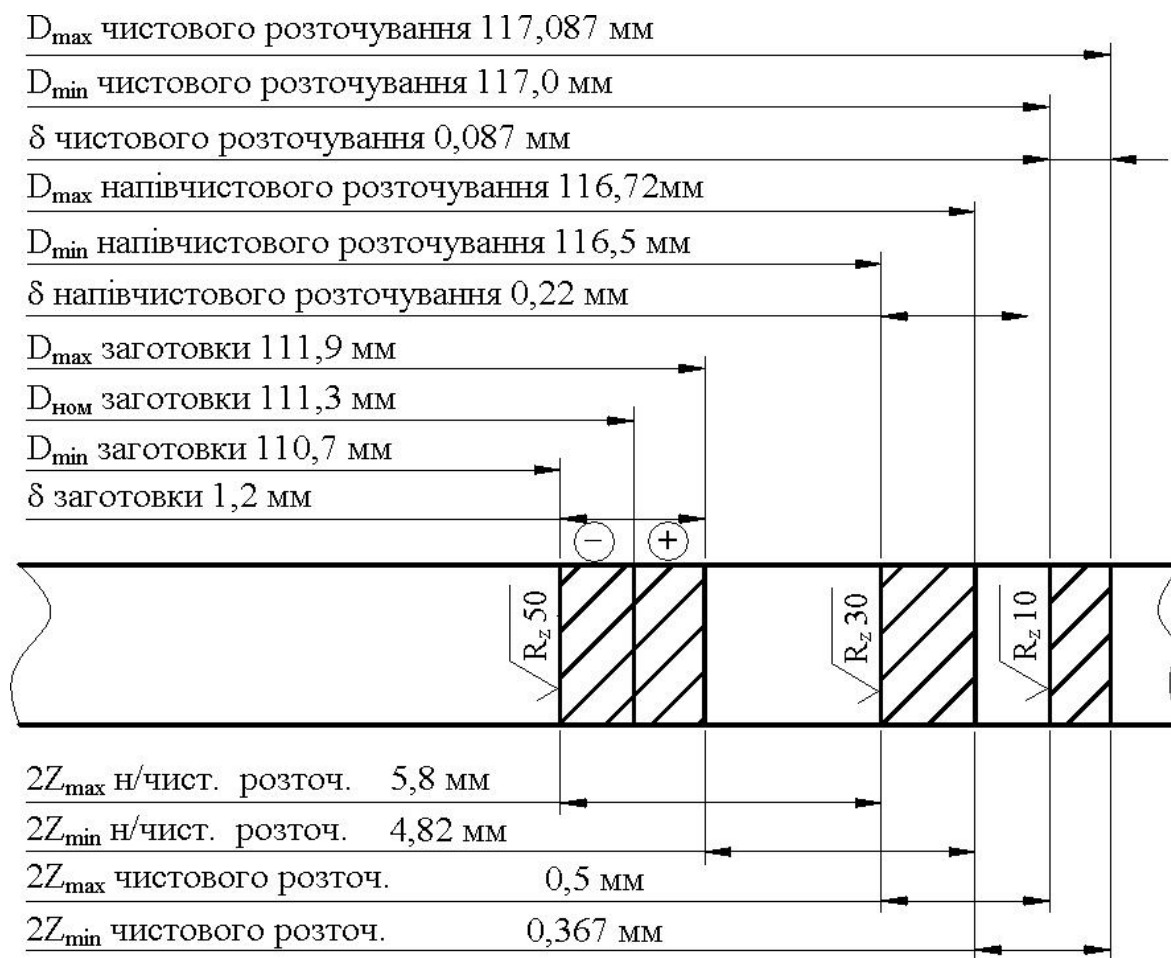


Рисунок 3.3 – Схема розташування припусків та допусків для поверхні

Ø117H9^(+0,087)

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
Напівчистове точіння при поперечній подачі	14	Ra12,8	0,52	1,1	28±0,26
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	0,9	–	26,9±0,45
Точіння напівчистове при поздовжній подачі	14	Ra6,7	0,29	1,2 × 2 = 2,4	∅124,8 _{-0,29}
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	1,2	–	∅127,2±0,6
Отвір ∅22H14 ^(+0,52)					
Розсвердлювання	14	Ra12,8	0,52	1,0 × 2 = 2,0	∅22 ^{+0,52}
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	0,8	–	∅20±0,4
Зовнішня циліндрична поверхня ∅122h14 _(-1,0) ; l=2; 45°					
Точіння напівчистове при поздовжній подачі	14	Ra12,8	1,0	2,6 × 2 = 5,2	∅122 _{-1,0}
Заготовка	7-мий кл.	R _z 50	1,2	–	∅127,2±0,6
Отвір ∅24,17 ^{+0,28} під різь G $\frac{3}{4}$ – В; l=38±0,5					
Розсвердлювання	13	Ra12,8	0,28	1,085 × 2 = 2,17	∅24,17 ^{+0,28}
Заготовка – попередньо оброблена поверхня	14	Ra12,8	0,52	–	∅22 ^{+0,52}

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Підрізати остаточно торець 1, витримуючи розмір $71_{-0,74}$	1,2	12	1	64	0,78	454	184	352	0,034	3,4
Перехід 3										
Точити остаточно зовнішню канавку 7 з остаточною підрізанням торця 25, витримуючи розміри $\varnothing 122_{-1,0}$; $5^{+0,3}$; 45° ; $28 \pm 0,26$	2,6	5,6	1	48	0,1	454	174	47	0,124	3,6
Перехід 4										
Точити остаточно зовнішні циліндричні поверхні 4, 5 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 122_{-1,0}$; $2 \pm 0,1$; 45° ; $\varnothing 124,8_{-0,29}$	2,6 1,2	28	1	64	0,3	714	274	214	0,13	3,2
Перехід 5 Розточити попередньо отвір 2 з остаточною підрізанням торця 3, витримуючи розміри $\varnothing 116,5^{+0,22}$; $24_{-0,52}$	2,6	29	1	64	0,2	1122	412	225	0,13	3,4
Перехід 6 Розточити остаточно отвір 2, витримуючи розміри $\varnothing 117^{+0,087}$; $24_{-0,52}$	0,25	28,5	1	64	0,08	1402	516	114	0,25	0,13
Перехід 7 Нарізати зовнішню різь 6, витримуючи розміри $M125 \times 2-8g$; $l=21$	1,08	28	5	64	2	454	176,7	904	0,156	0,86
015 Свердлильна з ЧПК										
Перехід 2 Центрувати отвір 10, витримуючи розміри $\varnothing 1,6^{+0,25}$; $\varnothing 3,35^{+0,3}$; $3,52 \pm 0,1$	0,8	5,02	1	18	0,08	1404	7,1	114	0,27	0,2

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 3 Свердлити отвір 10, витримуючи розміри $\varnothing 4,95H12^{+0,12}$; $l=9$; $15\pm 0,1$	2,5	13,5	1	24	0,15	1504	23,7	226	0,06	0,85
Перехід 4										
Зенкувати фаску 11, витримуючи розмір $1\times 45^\circ$	1,0	5	1	27	0,08	1504	37,74	124	0,042	0,3
Перехід 5										
Нарізати різь 12, витримуючи розміри M6-7H; $l=9$; $15\pm 0,1$	0,54	35	1	27	1,0	562	10,57	567	0,063	0,06
020 Свердлильна з ЧПК										
Перехід 2 Центрувати три отвори 16, 17, 18, витримуючи розміри $\varnothing 1,6^{+0,25}$; $\varnothing 3,35^{+0,3}$; $3,52\pm 0,1$	0,8	5,02	3	18	0,08	1404	7,1	117	0,13	0,2
Перехід 3 Свердлити три отвори 16, 17, 18, витримуючи розміри $\varnothing 3,7^{+0,16}$; $72\pm 0,3$; $36\pm 0,15$; $l=14\pm 1$	1,85	18,5	3	24	0,15	1504	17,7	228	0,25	0,85
Перехід 4 Зенкувати три фаски 19, 20, 21, витримуючи розмір $0,5\times 45^\circ$	0,5	4,5	3	27	0,08	1504	37,5	124	0,114	0,3
025 Свердлильна з ЧПК										
Перехід 2 Розсвердлити отвір 8, витримуючи розміри $\varnothing 22^{+0,52}$; $40\pm 0,5$	1,0	46	1	44	0,4	906	62,1	364	0,14	0,6
Перехід 3 Розсвердлити отвір 13 під різь $G\frac{3}{4}-B$, витримуючи розміри $\varnothing 24,17^{+0,28}$; $l=38\pm 0,5$	2,195	40	1	47	0,4	904	68,4	361	0,11	0,8

Закінчення таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 4 Зенкувати фаску 14, витримуючи розмір 2×45°	2	6,5	1	48	0,08	964	75,6	76,9	0,085	0,3
Перехід 5										
Нарізати різь 15, витримуючи розміри G $\frac{3}{4}$ " – В; l=20min	1,74	47	1	48	1,814	264	19,7	471,67	0,11	0,22
030 Горизонтально-фрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати паз 26, витримуючи розміри 5±0,2	5	312	1	304	Sz 0,1 мм/зуб So 1,8 мм/об	501	392,7	901	0,1	1,4

Результати розрахунку технічних норм часу технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 737140.050 подано у таблиці 3.6 та на графіку завантаження обладнання (рис. 3.4).

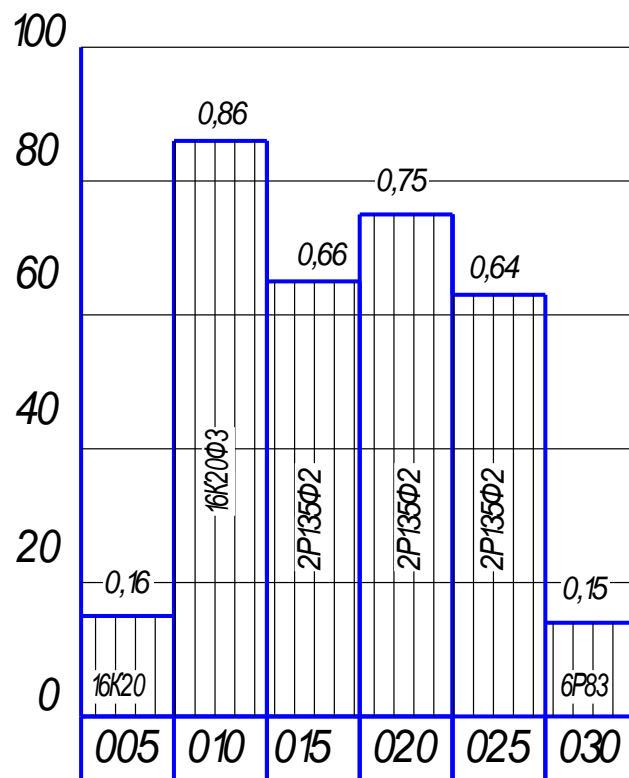


Рисунок 3.4 – Графік завантаження обладнання

Таблиця 3.6 – Норми часу на механічну обробку деталі “Корпус”
737140.050

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			T _{оп} , хв	T _ц , хв	Час обслуговування, T _{об} , хв			T _{шт.} , хв.	T _{п.з.} , хв.	n, шт	T _{шт.к} , хв
		T _{у.}	T _{пер.}	T _{вим.}			T _{тех.об.}	T _{орг.об.}	T _{відп.}				
005 Токарно-гвинторізна	0,084	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1464	0,18
010 Токарна з ЧПК	0,824	0,2	0,5	0,56	2,544	1,284	0,1781			2,99	28,65		3,01
015 Свердлильна з ЧПК	0,435	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0,75
020 Свердлильна з ЧПК	0,493	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0,85
025 Свердлильна з ЧПК	0,425	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0,73
030 Горизонтально-фрезерна	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		0,17

3.6. Розрахунок пристосування

Для обробки деталі “Корпус” 737140.050 на 025 свердлильній з ЧПК операції розроблено спеціальний пристрій. Базування заготовки здійснюється у пристосуванні по внутрішній циліндричній поверхні Ø117Н9 мм та по торцю 71 мм на базу поз. 6 з пневмозатиском двома прихватами через важільний передавально-підсилюючий механізм.

Креслення пристрою представлено у графічній частині роботи.

Похибку установки заготовки у пристрої визначено за відомою формулою [11]:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\Delta \varepsilon_6^2 + \Delta \varepsilon_3^2 + \Delta \varepsilon_{пр}^2} . \quad (3.4)$$

Розглядаючи схему базування заготовки та конструкцію пристосування, встановлено, що похибка базування $\Delta\varepsilon_{61}$ дорівнює зазору між заготовкою та базою. Для поєднання бази із розміром $\varnothing 117f7_{-0,071}^{-0,036}$ та базової поверхні із розміром $\varnothing 117H9^{+0,087}$ похибка базування в радіальному напрямку дорівнює максимальному зазору між цими поверхнями $\Delta\varepsilon_{61}=0,158$ мм.

Похибка базування в осьовому напрямку дорівнює допуску торцевої поверхні $71_{-0,74}$: $\Delta\varepsilon_{62}=0,74$ мм.

Похибка закріплення заготовки складе $\Delta\varepsilon_3 = 70$ мкм.

Похибка пристосування $\Delta\varepsilon_{пр} = 0,02$ мм.

Підставляємо дані у формулу (3.4) та одержуємо:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{\Delta\varepsilon_6^2 + \Delta\varepsilon_3^2 + \Delta\varepsilon_{пр}^2} = \sqrt{0,158^2 + 0,07^2 + 0,02^2} = 0,17 \text{ мм.}$$

Визначення сили затиску заготовки проведено при розсвердлюванні отвору $\varnothing 18,75$ мм під трубну різь на 025 свердлильній з ЧПК операції.

Розрахункова схема спеціального пристрою для базування та закріплення заготовки подана на рисунку 3.5.

Відповідно до розрахункової схеми рис. 3.5 записуємо рівняння рівноваги силових факторів:

$$P_{зат1} \cdot f_1 \cdot R + P_{зат2} \cdot f_1 \cdot R + \frac{2P_{зат} f_2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2^2 - R_1^2)} = K \cdot M_{різ} , \quad (3.5)$$

де $f_1=0,2$ – коефіцієнт тертя між поверхнями заготовки та бази;

$R= 64$ мм; $f_2 =0,2$;

$R_1=58,5$ мм;

$R_2=61$ мм.

Момент різання розсвердлюванні отвору $\varnothing 18,75$ мм [16]:

$$M_{різ} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p , \quad (3.6)$$

де $C_p = 0,031$; $q = 0,85$; $y = 0,8$, $x=0,8$ [16].

$D = 18,75$ мм;

$S = 0,4$ мм/об;

$t = 2,195$ мм.

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22.$$

$$M_{piz} = 10 \cdot 0,031 \cdot 18,75^{0,85} \cdot 2,195^{0,8} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1,22 = 4,38 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$K = 3,7.$$

Із формули (3.5) визначаємо силу затиску заготовки:

$$P_{зат} = \frac{K \cdot M_{piz}}{2 \cdot f_1 \cdot R + 2f_2 \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3(R_2^2 - R_1^2)}}, \quad (3.7)$$

$$P_{зат} = \frac{3,7 \cdot 4380}{2 \cdot 0,2 \cdot 64 + 2 \cdot 0,2 \cdot \frac{61^3 - 58,5^3}{3(61^2 - 58,5^2)}} = 431,6 \text{ Н}.$$

Сила штовхання на штоці пневмоциліндра [11]:

$$F = 0,785 \cdot (D_{ц}^2 - d_{шт}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.8)$$

$$F = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,022^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2689,2 \text{ Н}.$$

Сила затиску заготовки від пневмоциліндра через передавально-підсилюючий важільний механізм [11]::

$$W = F \left(\frac{1}{\text{tg}(\alpha + \beta)} - \text{tg}\varphi_2 \frac{3 \cdot l}{a} \right) \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta, \quad (3.9)$$

де $\alpha = 17^\circ$; $\text{tg}\varphi_2 = 0,1$; $l_1 = 46$ мм; $l_2 = 65$ мм; $a = 36$ мм; $l = 34$ мм; $\eta = 0,9$.

Кут тертя в шарнірах:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{f \cdot d}{L}\right), \quad (3.10)$$

де $f=0,16$; $d=12$ мм; $L=53,5$ мм.

$$\beta = \arcsin\left(\frac{0,16 \cdot 12}{53,5}\right) = 2 \text{ град.}$$

$$\text{Тоді } W = 2689,2 \left(\frac{1}{\text{tg}(17+2)} - 0,1 \frac{3 \cdot 34}{36} \right) \frac{46}{65} \cdot 0,9 = 4494,8 \text{ Н.}$$

Оскільки $W = 4494,8 \text{ Н} > P_{\text{зат}} = 431,6 \text{ Н}$, то вимога надійного закріплення заготовки забезпечується.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Планування робіт з охорони праці та контроль за їх безпекою

Робота з охорони праці здійснюється у відповідності з перспективним і поточним планами створення безпечних і нешкідливих умов праці, в яких визначені задачі підприємству в цілому і окремим структурним підрозділам, а також керівникам і спеціалістам.

Планування робіт здійснюється на основі: заходів, які забезпечують досягнення встановлених нормативів безпеки праці, гігієни праці та виробничого середовища; заходів, передбачених колективним договором; заходів по усуненню недоліків, виявлених при розслідуванні нещасних випадків, професійних захворювань і аварій.

Планування організаційно-технічних заходів з охорони праці - одна з провідних функцій управління охорони праці. Перед плануванням обов'язково визначається фактичний стан охорони праці і його прогнозування на майбутнє. Планування робіт по охороні праці буває перспективним (на тривалий відрізок часу), поточним (на рік) і оперативним (квартал, місяць, декаду). До перспективних планів належить комплексний план покращення умов праці і санітарно-оздоровчих заходів, що передбачає створення, відповідно до нормативних актів з охорони праці, умов праці, пов'язаних з перспективними змінами підприємства. Таке планування, як правило, розраховане на термін від 2 до 5 років. Реалізація цих планів забезпечується через річні плани номенклатурних заходів з охорони праці, які вносяться до угоди, що є невід'ємною частиною колективного договору. Поточні плани передбачають реалізацію заходів із покращення умов праці, створення кращих побутових і соціальних умов на виробництві. Ці плани обов'язково забезпечуються фінансуванням згідно з розробленими кошторисами. Питання охорони праці можуть віддзеркалюватися в інших поточних планах, які підприємства та організації можуть складати на вимогу трудових колективів: план соціального розвитку колективу; наукової організації праці; механізації важких і ручних

робіт; охорони праці жінок; підготовки підприємства до робіт в осінньо-зимовий період; підвищення культури виробництва та ін. Оперативні плани складаються для швидкого виправлення виявлених в процесі державного, відомчого і громадського контролю недоліків в стані охорони праці, а також для ліквідації наслідків аварій або стихійного лиха.

Контроль за станом охорони праці включає: оцінку рівня небезпечних виробничих факторів (НВФ) і шкідливих виробничих факторів (ШВФ) на робочих місцях; виявлення порушення вимог законів і нормативних актів з охорони праці; перевірку усунення раніше виявлених порушень; перевірку виконання працівником обов'язків з охорони праці; перевірку виконання планів робіт з охорони праці; перевірку забезпечення працівників засобами захисту.

Види контролю: зі сторони органів державного нагляду; зі сторони служби з охорони праці; оперативний контроль керівниками і іншими посадовими особами підприємства; громадський контроль; комісія підприємства, уповноваженою працівниками особою з питань охорони праці.

Оцінка стану охорони праці і результатів профілактичної роботи здійснюється за прийнятими на підприємстві показниками. Як джерело вихідної інформації використовуються: акти про нещасні випадки, звіти про виробничий травматизм; матеріали атестації робочих місць, паспорта санітарно-гігієнічного стану умов праці; журнали оперативного контролю за станом охорони праці структурного підрозділу, акти і приписи перевірок стану охорони праці.

Узагальнені дані про стан охорони праці і результатів профілактичної роботи підготовлюються службою охорони праці і підлягають обов'язковому розгляду і аналізу на всіх рівнях управління підприємства.

Стимулювання роботи з охорони праці, направлене на підвищення зацікавленості працівників у забезпеченні безпечних умов праці, здійснюється відповідно Положенню, існуючому на підприємстві, в якому визначені конкретні показники, умови, види і форми заохочення за активну участь і ініціативу в реалізації заходів з підвищення безпеки праці і за роботу без порушень правил безпеки, а також заходи впливу на порушників.

4.2. Дослідження стійкості роботи промислового об'єкта

В ході дослідження стійкості роботи об'єкта визначаються умови захисту робітників та службовців від уражаючих факторів, проводиться оцінка уразливості виробничого комплексу від різних уражаючих факторів, оцінюється характер можливих пошкоджень від вторинних уражаючих факторів, вивчається стійкість роботи системи постачання та кооперативних зв'язків з іншими об'єктами, з'ясовуються вразливі місця в системі управління виробництвом [25]. Кожна група оцінює стійкість відповідних елементів виробничого комплексу та робить необхідні розрахунки. Група комплексних досліджень (керівник - головний інженер) входять керівники всіх груп. Робить загальну оцінку стійкості роботи об'єкту. Група досліджень стійкості будівель та споруд (керівник - начальник відділу капітального будівництва) на основі аналізу характеристик і стану виробничих будинків та споруд: визначає ступінь їх стійкості до дії уражаючих факторів; оцінює розміри можливої шкоди від дії вторинних уражаючих факторів; проводить розрахунки сил і засобів, необхідних для відновлення виробничих споруд при різних ступенях руйнування.

Крім того, група досліджує та оцінює захисні властивості захисних споруд, визначає необхідну їх кількість на території об'єкта та в заміській зоні. Група досліджень стійкості виробничого обладнання (керівник - головний механік) оцінює стійкість технологічних ліній, верстатів та механізмів і визначає: можливі втрати верстатів, приладів і систем автоматичного управління при різних ступенях пошкодження; способи збереження і захисту особливо цінного обладнання; потребу в силах і засобах, терміни та обсяги відновних робіт; можливості створення резерву обладнання та порядок його використання.

Група дослідження стійкості технологічного процесу (керівник - головний технолог) оцінює стійкість технологічного процесу для чого: уточнює заходи переведення об'єкту на режим роботи в умовах надзвичайної ситуації (НС);

визначає найбільш вразливі ділянки технологічної лінії; розробляє варіанти зміни технологічного процесу при нестачі сировини; оцінює можливості і терміни безаварійної зупинки виробництва за сигналом "Повітряна тривога" або при раптовому припиненні подачі електроенергії.

Група досліджень стійкості систем енергозабезпечення (керівник - головний енергетик) оцінює: стійкість системи електро-, газо- та водопостачання, каналізації та можливість переведення котелень на інші види палива; нормативно-необхідні та мінімальні потреби з кожного виду енергії; основні та додаткові джерела енергопостачання, можливості внутрішніх та зовнішніх джерел; стійкість заводських комунікацій; наявність та можливості автономних джерел енергопостачання; характер можливих аварій і можливість виникнення вторинних факторів ураження та їх наслідки; можливі варіанти підвищення стійкості роботи систем енергопостачання; варіанти відновлення систем енергопостачання при різних ступенях ураження об'єкта; можливість підключення до сусідніх трансформаторних підстанцій.

Група досліджень стійкості матеріально-технічного постачання і транспорту (керівник - начальник відділу матеріально-технічного постачання): аналізує систему забезпечення виробничого процесу всім необхідним для випуску продукції в умовах НС; оцінює умови відправки продукції і стійкості роботи транспорту; обґрунтовує необхідність і створює додаткові запаси сировини, обладнання, комплектуючих виробів, а також визначає місця їх зберігання; вивчає стійкість існуючих зв'язків з постачальниками та користувачами; складає розрахунки на потрібну кількість будівельних та інших матеріалів для відновлення виробництва і будівництва сховищ на об'єкті.

Служба оповіщення і зв'язку вивчає та оцінює стійкість зв'язку з органами цивільного захисту, виробничими підрозділами і формуваннями цивільного захисту. Оцінює надійність системи зв'язку і оповіщення, повноту обладнання пунктів управління. Служба сховищ і укрить оцінює інженерний захист робітників і службовців, правильність експлуатації сховищ і укрить, готовність

їх до використання за прямим призначенням. Розраховує час на оповіщення робітників і службовців, збір та укриття їх в захисних спорудах.

Служба радіаційного та хімічного захисту оцінює можливості роботи об'єкта в умовах погіршення радіаційної обстановки і дає пропозиції щодо захисту робітників і службовців від радіоактивного забруднення, визначає типові режими радіаційного захисту людей. Аналізує забезпеченість робітників і службовців засобами індивідуального захисту, умови зберігання та порядок їх видачі. Готує пропозиції щодо організації та ведення радіаційної і хімічної розвідки, організації санітарної обробки людей, знезараження одягу, транспорту, техніки і споруд.

Медична служба розробляє заходи щодо організації медичного обслуговування робітників та службовців на об'єкті. Визначає сили і засоби для надання першої медичної допомоги потерпілим. Розробляє рекомендації з організації дозиметричного контролю у разі перебуванні людей у зоні радіоактивного забруднення та рекомендації щодо захисту продуктів харчування і джерел водопостачання.

Служба охорони громадського порядку розробляє заходи з підсилення пропускного режиму, охорони матеріальних цінностей, забезпечення громадського порядку.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено дослідження кінематичних параметрів процесу фрезерування різьби на внутрішній циліндричній поверхні. Розглянуто три види траєкторії врізання різьбової фрези у заготовку: пряме врізання, під час якого фреза підводиться по нормалі до поверхні із прямолінійною траєкторією, при цьому не відбувається зміщення фрези ввєрх відповідно до кроку різьби; врізання фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів по гвинтовій траєкторії із переміщенням ввєрх на половину кроку різьби P ; врізання фрези із поворотом осі фрези відносно деталі на 90 градусів по гвинтовій траєкторії із переміщенням ввєрх на четверту частину кроку різьби P .

Розроблено розрахункову схему для визначення параметричного рівняння траєкторії руху вершини зуба фрези відносно поверхні отвору заготовки. Виведено чотири параметричних рівняння траєкторії руху вершини зуба фрези відносно поверхні отвору, що описують три різні способи врізання фрези у заготовку та нарізання різьби на поверхні отвору.

Побудовано траєкторії руху вершини зуба фрези відносно нерухокої системи координат $Oxyz$ із врізанням фрези з поворотом осі фрези відносно деталі на 180 градусів та на 90 градусів по гвинтовій лінії. Одержані параметричні рівняння при застосуванні прикладного програмного забезпечення дозволяють прогнозувати загальний вигляд траєкторії переміщення зубів фрези, одержаної різьбової поверхні, а при внесенні геометричних і кінематичних відхилень процесу фрезерування визначати похибки геометричних параметрів різьби.

Визначено час на врізання фрези та побудовано графіки залежності часу врізання фрези від частоти обертання фрези для різних номінальних діаметрів різьби. Встановлено, що при збільшенні частоти n_2 обертання фрези час скорочується, а при збільшенні номінального діаметра фрези D_n час на врізання фрези зростає. При збільшенні частоти n_2 обертання фрези від 200

об/хв до 400 об/хв час на врізання фрези зменшується в 1,9 рази. При збільшенні номінального діаметра різьби D_n від 60 мм до 100 мм час на врізання фрези зростає в 1,67 рази.

Розроблено технологічний процес виготовлення корпусу 737140.050.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Пилипець М.І., Комар Р.В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин. Тернопіль, 2019. 58 с.
3. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 148 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Добрянський С. С., Малафеев Ю. М. Методичні вказівки до лабораторних занять та самостійної роботи з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок» Частина І. Розробка креслення та технології виготовлення литої заготовки. К.: НТУУ «КПІ», 2012. 71 с.
6. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
7. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
8. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.
9. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін “Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин ” та “Технологія машинобудування” для студентів спеціальностей 131 “Прикладна механіка” і 133 “Галузеве машинобудування” на тему “Структура технологічного процесу. Принципи побудови технологічних операцій” / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. - Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 53 с.

11. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
12. <https://www.sandvik.coromant.com/en-us/knowledge/threading/thread-milling>
13. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.
14. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.
15. Seok Won Leea, Andreas Nestlera. Simulation-aided Design of Thread Milling Cutter. Procedia CIRP. 2012. 1. p. 120 – 125.
16. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
17. Шманін А.К., Козішкурт В.В., Кицкай Н.І. Дослідження шорсткості циліндричної поверхні після вигладжування. Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій": 6-7 грудня 2023 р.: тези доп. Тернопіль: вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023. С. 45.
18. ISO 68-1:1998, ISO general purpose screw threads -- Basic profile -- Part 1: Metric screw threads.
19. <https://www.emuge-franken.se/en/products/thread-cutting-technology/thread-milling-cutters/>
20. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.
21. <http://150.ef-catalogues.com/378/#zoom=z>
22. <http://150.ef-catalogues.com/333/#zoom=z>
23. Guillaume Fromentin, Vishal Sharma, Gérard Poulachon, Yann Paire, Romain Brendlen. Effect of thread milling penetration strategies on the dimensional

accuracy. ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering. 2011. Vol. 133. No 4. p. 1-13.

24. Ivan Hevko, Andrii Diachun, Oleg Lyashuk, Yuriy Vovk, Andriy Hupka Study of Dynamic and Power Parameters of the Screw Workpieces with a Curved Profile Turning. Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange. IV. DSMIE 2021. Springer, Cham. P. 385-394.

25. Стручок В.С. “Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник. Тернопіль, 2022. 150 с.

26. Andriy Diachun, Vasyl Vasykiv, Oleg Korol, Volodymyr Myhailiuk, Ivan Golovatyi, Andriy Kuras. Investigation of geometrical parameters in screw surfaces whirling process. Вісник Тернопільського національного технічного університету. 2021. № 1(101). С. 68–78.

27. Oleg Lyashuk, Andrii Diachun, Ivan Kuchvara, Yuriy Vovk, Volodymyr Dzyura. Study of power parameters of forming profile elliptical screw workpieces. The International Journal of Integrated Engineering. Universiti Tun Hussein Onn Malaysia Publisher’s Office, 2021. Vol. 13 No. 4. P. 142-151.

28. Ляшук О.Л., Дячун А.Є., Третьяков О.Л. Дослідження деформації заготовки в процесі нарізання зовнішніх радіусних канавок пристроєм із декількома різцями. Перспективні технології та прилади. Зб. наук. праць. Луцьк, 2018. Вип. 12. С. 105-110.

29. Ляшук О.Л., Дячун А.Є., Клендій В.М., Третьяков О.Л. Дослідження силових параметрів процесу зміцнення гвинтових поверхонь робочих органів деформуючими пуансонами. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. Івано-Франківськ, 2018. №. 1 (66). С. 38-43.

30. Дячун А.Є., Дзюра В.О., Клендій В.М., Третьяков О.Л. Дослідження методом 3d сканування шорсткості гвинтових поверхонь після процесу ударного зміцнення. Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. Луцьк, 2017. №38. С. 66-74.