

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технології виготовлення корпусу 954252.004 з
дослідженням параметрів токарного оброблення ексцентрикових поверхонь

Виконав: студент II курсу, групи МПм-61

спеціальності 131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

Мензак Я.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Дячун А.Є.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Ткаченко І.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи: “Розроблення технології виготовлення корпусу 954252.004 з дослідженням параметрів токарного оброблення ексцентрикових поверхонь”.

У кваліфікаційній роботі проведено дослідження геометричних та часових параметрів токарного оброблення ексцентрикових поверхонь. Розроблено схему встановлення та затиску заготовки у чотирьохкулачковому патроні, кулачки, якого зміщені відносно центра обертання шпинделя верстата із патроном на різну відстань, забезпечуючи зміщення осі симетрії заготовки відносно осі обертання патрона на величину ексцентриситету.

Виведено рівняння та побудовано графіки залежності повного кута контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею від конструктивних та технологічних параметрів процесу. Виведено рівняння та побудовано графіки залежності відстані між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та траєкторією переміщення різця, реальної змінної глибини різання від кута повороту циліндричної заготовки.

Виведено рівняння та побудовано графіки залежності часу контакту між різцем та ексцентриковою поверхнею від конструктивних та технологічних параметрів процесу. Побудовано графіки зміни реальної глибини різання в часі, на основі яких зроблено висновки, що при збільшенні порядкового номера переходу час контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при якому виконується процес різання зростає.

Вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу 954252.004.

ЗМІСТ

Вступ	
1 Аналітична частина	
1.1. Аналіз стану питання.....	
1.2. Висновки та постановка завдань.....	
2 Науково-дослідна частина	
2.1. Дослідження параметрів токарного оброблення ексцентрикових поверхонь.....	
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

Процес токарного оброблення ексцентрикових поверхонь застосовують для виготовлення валів, шківів, зубчастих елементів, еліптичних кулачків та інших деталей зі зміщеною геометрією. Такі компоненти виконують свої функції лише за умови правильного формування ексцентрикових поверхонь. В автомобільній промисловості цей процес широко застосовується при виготовленні розподільчих і колінчастих валів, що працюють із великим навантаженнями та потребують точного радіального зміщення.

Токарне оброблення ексцентрикових поверхонь - це технологічний процес оброблення, за якого вісь обертання заготовки зміщують відносно осі обертання шпинделя, що забезпечує формування поверхонь із заданим ексцентриситетом. Такий підхід дозволяє виготовляти деталі зі зміщеною або нецентрованою геометрією, що підвищує їхню функціональну придатність і конструктивну складність.

Розуміння специфіки токарного оброблення ексцентрикових поверхонь та його відмінностей від звичайних методів токарного оброблення сприяє підвищенню технологічної ефективності, розширює конструкторські можливості й забезпечує виготовлення деталей із регламентованим радіальним відхиленням.

Тому дослідження параметрів токарного оброблення ексцентрикових поверхонь є актуальним завданням.

Актуальним є також розроблення технологічного процесу виготовлення корпусу 954252.004.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз стану питання

Процес токарного оброблення ексцентрикових поверхонь застосовують для виготовлення валів, шківів, зубчастих елементів, еліптичних кулачків та інших деталей зі зміщеною геометрією. Такі компоненти виконують свої функції лише за умови правильного формування ексцентрикових поверхонь.

В автомобільній промисловості цей процес широко застосовується при виготовленні розподільчих і колінчастих валів, що працюють із великим навантаженнями та потребують точного радіального зміщення.

Під час токарного оброблення ексцентрикових поверхонь (рис. 1.1) заготовку закріплюють із заданим зміщенням відносно осі токарного верстата, що дозволяє різальному інструменту формувати нецентровану геометрію. Для фіксації заготовки з визначеним ексцентриситетом застосовують чотирьохкулачкові патрони (рис. 1.2), регульовані планшайби (рис. 1.3) або токарні верстати з ЧПК, оснащені приводним інструментом, що забезпечує точне узгодження положення різця з орієнтацією заготовки.

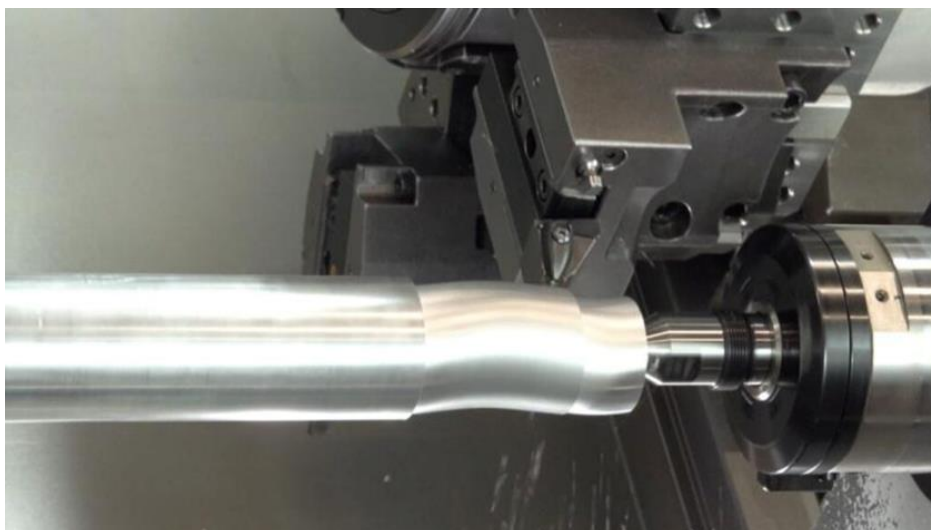


Рисунок 1.1 – Процес токарного оброблення ексцентрикових поверхонь
[12]

Під час токарної обробки з одним ексцентриситетом, що виконується при

обертанні заготовки навколо однієї зміщеної осі відносно центру заготовки формується один ексцентриситетний елемент. Такий метод доцільно застосовувати, коли необхідно отримати просту, але високоточну ексцентрикову поверхню. Найчастіше токарна обробка з одним ексцентриситетом використовується у випадках, коли на валу або кулачковому механізмі потрібна лише одна вісь ексцентриситету.



Рисунок 1.2 – Налагодження чотирьохкулачкового патрона для токарного оброблення ексцентрикових поверхонь [12]



Рисунок 1.3 – Налагодження планшайби із патроном для токарного оброблення ексцентрикових поверхонь [12]

Токарна обробка з декількома ексцентриситетами дає змогу виготовляти деталі з кількома осями зміщення, при цьому кожна вісь може мати власну величину ексцентриситету. Такий підхід застосовують тоді, коли конструкція деталі містить ексцентрикові поверхні у різних частинах деталі. Процес технологічно складний, проте істотно розширює можливості формоутворення складних деталей.

Під час ступінчастого токарного оброблення з декількома ексцентриситетами формують деталі з декількома діаметрами та різними значеннями ексцентриситету, розташованими уздовж осі вала. Такий метод використовується для виготовлення деталей, які в окремих частинах повинні бути циліндричними, або мати ексцентрикові поверхні.

Ексцентрикові канавки або отвори (рис. 1.4) представляють собою поверхні, що розташовані зі зміщенням відносно зовнішньої або внутрішньої центральної осі деталі. Такі елементи застосовують під час виготовлення кулачків, опорних поверхонь підшипників або механізмів фіксації.

У таблиці 1.1 представлено основні характеристики методів токарного оброблення ексцентрикових поверхонь.

Таблиця 1.1 - Основні характеристики методів токарного оброблення ексцентрикових поверхонь [12]

Характеристика	Точіння з одним ексцентриситетом	Точіння з багатьма ексцентриситетами	Ступінчасте ексцентрикове точіння	Оброблення ексцентрикових канавок та отворів
1	2	3	4	5
Вісь зміщення	Одна	Більше однієї (можливо з різними діаметрами)	Декілька зміщень і різні діаметри вздовж довжини заготовки	Канавка або отвір зміщені відносно центральної осі заготовки
Процес	Заготовку зміщують відносно центральної осі для формування одного ексцентрикового елемента	Комбінація ділянок із декількома ексцентриковими поверхнями	Формування ступінчастих деталей із ексцентриковими поверхнями	Оброблення внутрішніх або зовнішніх зміщених ексцентрикових канавок або отворів

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Ключова характеристика	Високоточне одиничне зміщення	Декілька ексцентрикових поверхонь у різних частинах деталі; підвищена конструктивна гнучкість	Поступова зміна діаметра та зміщення вздовж довжини заготовки; поєднання циліндричних та ексцентрикових поверхонь	Неспіввісні внутрішні або зовнішні елементи
Типові застосування	Вали, прості кулачки	Деталі з декількома ексцентриковими поверхнями (наприклад, складні передавальні механізми)	Механічні компоненти, що мають поєднання циліндричних та ексцентрикових поверхонь	Кулачкові профілі, посадочні місця під підшипники, механізми фіксації
Складність	Відносно невелика	Підвищена складність через наявність багатьох зміщень	Більша складність через змінні діаметри та ексцентриситети	Вимагає високоточного встановлення для отримання коректних ексцентрикових поверхонь
Універсальність	Обмежена однією ексцентриковою поверхнею	Висока гнучкість при формуванні складних геометричних деталей із декількома ексцентриковими поверхнями	Висока універсальність при формуванні деталей із циліндричними та ексцентриковими поверхнями із плавними переходами	Забезпечує можливість проектування функціональних елементів, таких як кулачкові профілі чи спеціальні посадки



Рисунок 1.4 – Ексцентриковий отвір на деталі [12]

Під час токарного оброблення ексцентрикових поверхонь на верстатах з ЧПК переміщення інструмента задається програмою G-кодів. Обертання та

зміщення заготовки забезпечується спеціальними шпинделями та додатковими поворотними осями. Використання інструментів з приводом обертання (рис. 1.5) дозволяє виконувати фрезерування під час обертання заготовки з ексцентриковими поверхнями, що дозволяє зекономити час та підвищити точність оброблення.

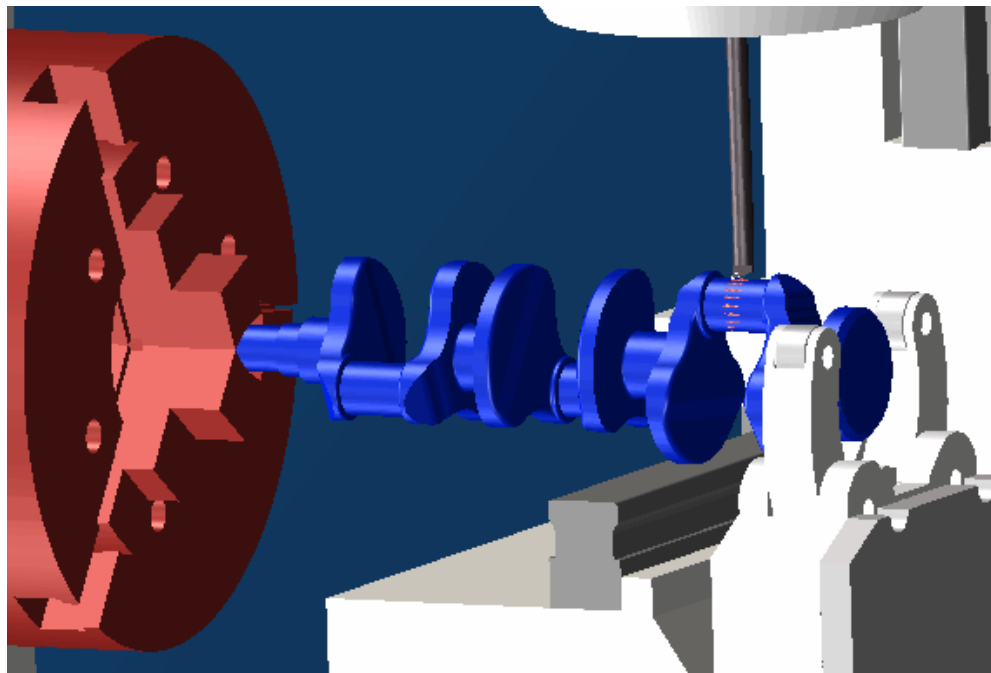


Рисунок 1.5 – Виконання процесу фрезерування ексцентрикової поверхні [15]

В умовах серійного та масового виробництва для оброблення ексцентрикових поверхонь застосовують спеціальні затискні пристрої, зокрема ексцентрикові цанги та оправки. Використання спеціальних пристроїв із призмами забезпечує достатню точність оброблення.

Оскільки токарне оброблення ексцентрикових поверхонь не належить до стандартних операцій, у системі G-кодів зазвичай немає спеціальної команди для його виконання. Не можна застосовувати традиційні команди для циліндричного проточування, оскільки траєкторія інструмента має відповідати геометрії зміщення, а не центральній осі деталі. Застосування CAD/CAM-систем спрощує та підвищує точність токарного оброблення ексцентрикових поверхонь, зокрема

під час проектування складних профілів, таких як еліптичні кулачки. При цьому здійснюється попереднє моделювання обробки з метою перевірки коректності проектування та виявлення можливих помилок. САМ-системи дають змогу оцінити ризики, пов'язані з неправильним налаштуванням ексцентриситету.

Оскільки траєкторія переміщення інструмента не проходить через центр заготовки, це може призвести до виникнення вібрацій. Для усунення цього одним із рішень є зниження частоти обертання шпинделя та забезпечення рівномірної подачі інструмента, а також виконання балансування оснастки. Це забезпечує підвищення якості оброблених поверхонь.

Процес токарного оброблення ексцентрикових поверхонь включає такі етапи: 1) Визначають відстань ексцентрикової поверхні від центральної осі деталі. Виконують розмітку зон, де будуть сформовані ексцентрикові поверхні, застосовуючи штангенциркулі або індикатори.

2) На ручному токарному верстаті заготовку закріплюють у патроні або на планшайбі та зміщують у розмічену точку. На верстатах з ЧПК необхідно переконатися, що всі елементи встановлені та зафіксовані правильно. Неправильне закріплення або зміщення може пошкодити заготовку та інструмент.

3) Програмування верстата. Оскільки стандартного G-коду для токарного оброблення ексцентрикових поверхонь не існує, траєкторію інструмента формують вручну, задаючи рухи по осях X і Z. Попереднє моделювання в САМ-симуляторі дозволяє уникнути помилок та оптимізувати траєкторію обробки.

4) Після завершення підготовки виконують токарну обробку згідно з розробленою програмою. Одержана геометрія деталі залежить від заданої траєкторії відносного переміщення інструмента. Застосування охолодження підтримує стабільну температуру інструмента та покращує якість обробленої поверхні.

5) Після завершення обробки виконують вимірювання деталі та оцінюють відхилення за формою та розмірами. За потреби коригують технологічні режими, щоб усунути недоліки. Постійний контроль дозволяє отримати деталі з високою

точністю.

У сфері ексцентрикового механічного оброблення існує низка методів і технічних засобів. Прикладами є точіння, розточування, фрезерування, де заготовці надається зміщення відносно початкової осі, що дорівнює ексцентриситету оброблення. Такий тип механічного оброблення необхідно розглядати окремо й аналізувати для кожної конкретної ситуації.

У цьому контексті один із запропонованих підходів для оброблення полімерів, армованих волокнами [18], полягає у використанні ексцентрикового шліфувального круга (рис. 1.6), який має низку переваг порівняно з традиційним шліфуванням, зокрема: поступова зміна глибини різання, періодичність чергування зон різання і холостого ходу, а також різна траєкторія кожного абразивного зерна на диску.

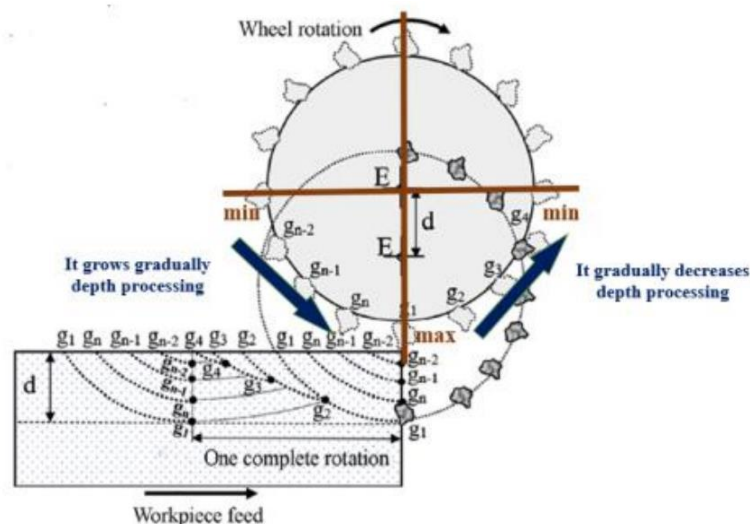


Рисунок 1.6 - Оброблення полімерів, армованих волокнами ексцентриковим шліфувальним кругом [18]

Такий режим перервного та змінного шліфування, зумовлений ексцентриситетом шліфувального круга, забезпечує більші інтервали охолодження інструмента, що призводить до зниження температури під час оброблення, а також до зменшення необхідних сил різання.

Дослідження у роботі [19] присвячене особливостям ексцентриситету, виконано для ексцентрикового оброблення зовнішньої різьби на токарному

верстаті (рис. 1.7). Показано, що ексцентрикове точіння різьби схоже на процес нарізання різьби шляхом фрезерування [19, 25]. Нарізання зовнішньої різьби може виконуватися двома способами залежно від положення заготовки та шпиндельної бабки верстата: коли заготовка розташована всередині або зовні різальної головки. У випадку, розглянутому в [19], деталь закріплена у шпиндельній токарного верстата.

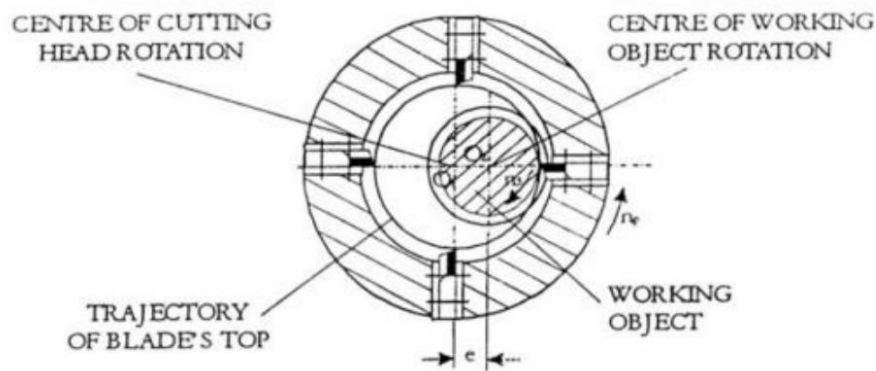


Рисунок 1.7 - Ексцентрикове точіння зовнішньої різьби [19]

Різальна головка, яка одночасно оснащена токарними різцями, здійснює обертовий рух відносно заготовки. Завдяки наявності ексцентриситету між двома центрами обертання, зняття матеріалу з поверхні заготовки відбувається токарними різцями. Такий метод нарізання різьби забезпечує високу продуктивність [19, 25], що забезпечена високою швидкістю різання порівняно із звичайним методом нарізання різьби одним різцем, а також високу якість обробленої поверхні.

Крім того, цей метод дозволяє скоротити виробничий цикл приблизно на 90% [19, 25] порівняно із звичайними методами точіння; стружка, що утворюється в процесі різання має малі розміри, а для приводу інструмента можуть застосовуватися електродвигуни малої потужності.

Дослідження у роботі [20] присвячене комбінованим операціям токарно-фрезерного оброблення (рис. 1.8). Результати цієї статті встановили, що додатковий параметр як ексцентриситет між інструментом і віссю деталі також

забезпечує низку переваг, зокрема зниження температури різання та зменшення інтенсивності зношування інструмента.

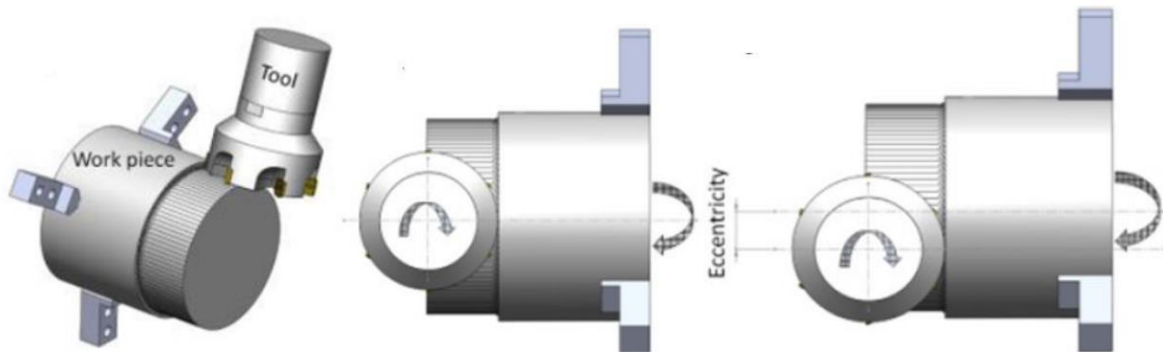


Рисунок 1.8 - Комбінована операція токарно-фрезерного оброблення [20]

Експериментальні дослідження проводилися на верстаті з ЧПК і, завдяки його високій точності, дали надійні результати, які підтверджують, що застосування такої моделі комбінованого ексцентрикового токарно-фрезерного оброблення підвищує продуктивність процесу зняття матеріалу, не погіршуючи якості обробленої поверхні.

Крім того, важливим результатом цього експерименту є визначення того, що існує оптимальне значення відхилення інструмента від осі деталі. Після досягнення цього значення наявність ексцентриситету забезпечує рівномірний розподіл навантаження на різальний інструмент, що приводить до підвищення його довговічності [20].

1.2. Висновки та постановка завдань

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що процес токарного оброблення ексцентрикових поверхонь застосовують для виготовлення валів, шківів, зубчастих елементів, еліптичних кулачків та інших деталей зі зміщеною геометрією. Такі компоненти виконують свої функції лише за умови правильного формування ексцентрикових поверхонь.

Під час токарного оброблення ексцентрикових поверхонь заготовку закріплюють із заданим зміщенням відносно осі токарного верстата, що дозволяє різальному інструменту формувати нецентровану геометрію.

Токарна обробка з декількома ексцентриситетами дає змогу виготовляти деталі з кількома осями зміщення, при цьому кожна вісь може мати власну величину ексцентриситету. Такий підхід застосовують тоді, коли конструкція деталі містить ексцентрикові поверхні у різних частинах деталі.

В умовах серійного та масового виробництва для оброблення ексцентрикових поверхонь застосовують спеціальні затискні пристрої, зокрема ексцентрикові цанги та оправки. Використання спеціальних пристроїв із призмами забезпечує достатню точність оброблення.

У сфері ексцентрикового механічного оброблення існує низка методів і технічних засобів. Прикладами є точіння, розточування, фрезерування, де заготовці надається зміщення відносно початкової осі, що дорівнює ексцентриситету оброблення.

У кваліфікаційній роботі потрібно вирішити такі завдання:

1. Провести дослідження геометричних та часових параметрів токарного оброблення ексцентрикових поверхонь.

2. Вивести рівняння та побудувати графіки залежності кута контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею від конструктивних та технологічних параметрів процесу.

3. Вивести рівняння та побудувати графіки залежності відстані між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та траєкторією переміщення різця а також глибини різання від кута повороту циліндричної заготовки.

4. Вивести рівняння та побудувати графіки залежності часу контакту між різцем та ексцентриковою поверхнею від конструктивних та технологічних параметрів процесу.

5. Вдосконалити відомий технологічний процес виготовлення корпуса 954252.004.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Дослідження параметрів токарного оброблення ексцентрикових поверхонь

Токарне оброблення ексцентрикових поверхонь - це технологічний процес оброблення, за якого вісь обертання заготовки зміщують відносно осі обертання шпинделя, що забезпечує формування поверхонь із заданим ексцентриситетом. Такий підхід дозволяє виготовляти деталі зі зміщеною або нецентрованою геометрією, що підвищує їхню функціональну придатність і конструктивну складність.

Суть токарного оброблення ексцентрикових поверхонь полягає у створенні контрольованого радіального зсуву між центром заготовки та віссю обертання під час різання. Використання верстатів з ЧПК забезпечує точне програмування необхідного зміщення та формоутворення, що є неможливим при традиційному (концентричному) точінні.

Розуміння специфіки токарного оброблення ексцентрикових поверхонь та його відмінностей від звичайних методів токарного оброблення сприяє підвищенню технологічної ефективності, розширює конструкторські можливості й забезпечує виготовлення деталей із регламентованим радіальним відхиленням.

Під час токарного оброблення ексцентрикових поверхонь заготовку закріплюють із заданим зміщенням відносно осі токарного верстата, що дозволяє різальному інструменту формувати нецентровану геометрію. Для фіксації заготовки з визначеним ексцентриситетом застосовують чотирьохкулачкові патрони, регульовані планшайби або токарні верстати з ЧПК, оснащені приводним інструментом, що забезпечує точне узгодження положення різця з орієнтацією заготовки.

Схема встановлення та затиску заготовки у чотирьохкулачковому патроні представлена на рис. 2.1. Заготовку 1 циліндричної форми встановлюють і закріплюють у чотирьохкулачковому патроні 2, кулачки 3, якого зміщені

відносно центра обертання шпинделя верстата із патроном на різну відстань, забезпечуючи зміщення осі симетрії заготовки відносно осі обертання патрона на величину ексцентриситету e . При цьому центр обертання патрона суміщається із центром ексцентрикової поверхні 4, яку потрібно проточити.

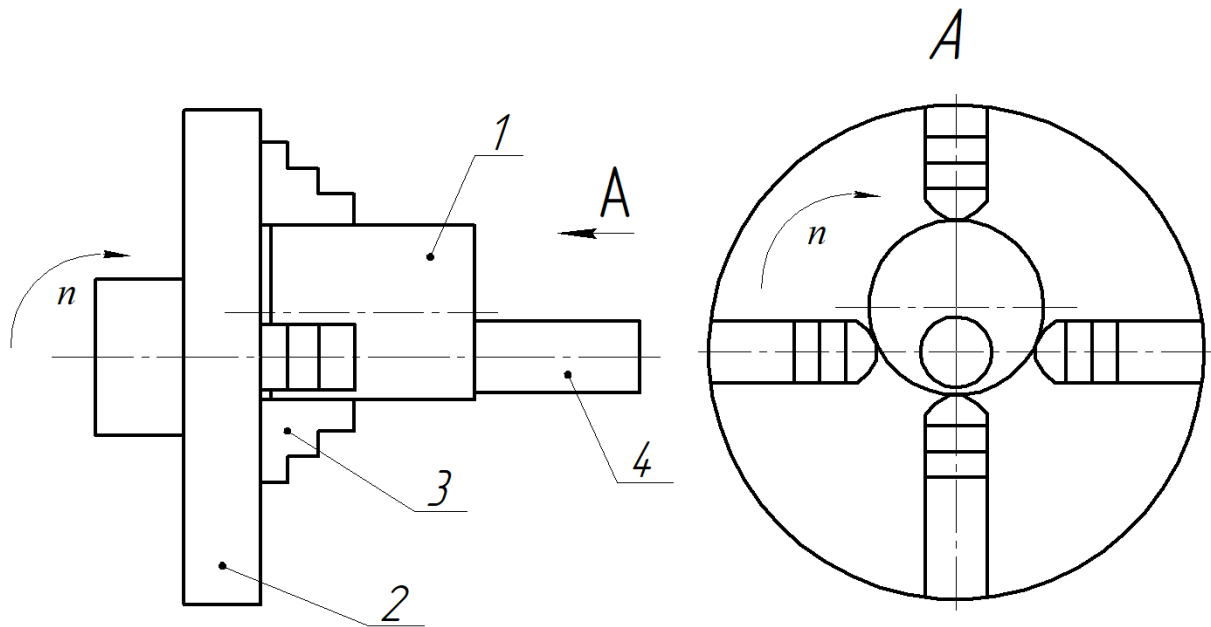


Рисунок 2.1 - Схема встановлення та затиску заготовки у чотирьохкулачковому патроні: 1 - заготовка; 2 - патрон, 3 - кулачки, 4 -ексцентрикова поверхня

В процесі токарного оброблення ексцентрикових поверхонь в наслідок перервності процесу різання та періодичних ударних навантажень спостерігається виникнення динамічних навантажень на різець та заготовку. При дослідженні динамічної моделі даного процесу виникає необхідність у визначенні часу контакту (різання) між різцем та ексцентриковою поверхнею, а також проміжку часу між виходом різця із ексцентрикової поверхні та наступного вривання в ексцентрикову поверхню. Для визначення часових та конструктивних параметрів процесу токарного оброблення ексцентрикових поверхонь розроблено розрахункову схему, що представлена на рис. 2.2.

Час контакту між різцем та ексцентриковою поверхнею визначаємо за рівнянням:

$$\tau_k = \frac{2\alpha}{\omega}, \quad (2.1)$$

де α – половина кута контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, рад;

ω - частота обертання заготовки, рад/с.

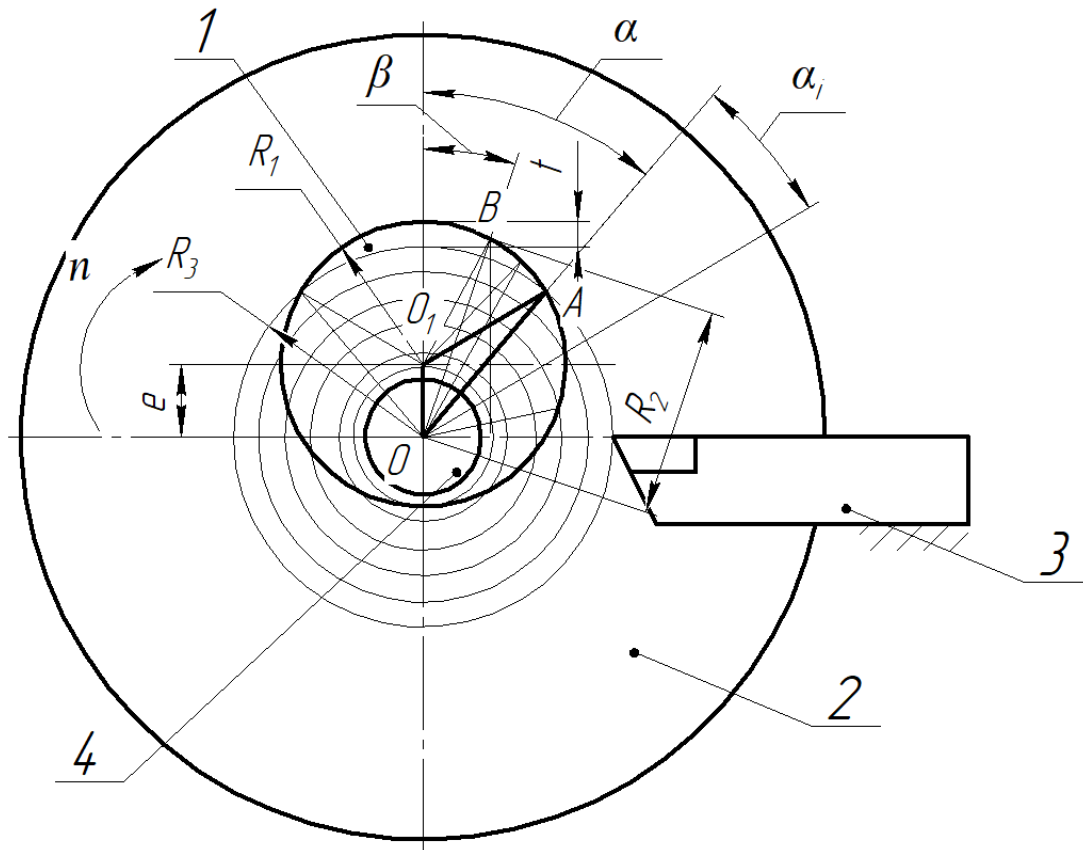


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема для визначення часових та конструктивних параметрів процесу токарного оброблення ексцентрикових поверхонь: 1 - заготовка; 2 - патрон, 3 - різець, 4 - ексцентрикова поверхня

Половину кута α контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею визначаємо за теоремою косинусів із трикутника OO_1A :

$$R_1^2 = e^2 + R_3^2 - 2eR_3 \cos \alpha, \quad (2.2)$$

$$\alpha = \arccos \left(\frac{e^2 + R_3^2 - R_1^2}{2eR_3} \right), \quad (2.3)$$

де R_1 – радіус циліндричної заготовки;

e - величина ексцентриситету між центром заготовки та ексцентрикової поверхні;

R_3 – радіус траєкторії переміщення вершини різця відносно осі обертання заготовки.

Радіус траєкторії переміщення вершини різця відносно осі обертання заготовки визначаємо за рівнянням:

$$R_3 = e + R_1 - t \cdot i, \quad (2.4)$$

де t - налаштована глибина різання на одному переході;

i – порядковий номер переходу.

Підставляючи рівняння (2.4) у (2.3), одержуємо:

$$\alpha = \arccos \left(\frac{e^2 + (e + R_1 - t \cdot i)^2 - R_1^2}{2e(e + R_1 - t \cdot i)} \right), \quad (2.5)$$

На основі рівняння (2.5) побудовано графіки залежності повного кута 2α контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею від конструктивних та технологічних параметрів процесу, що зображені на рис. 2.3, 2.4.

Відповідно до схеми на рис. 2.2 за один оберт заготовки в процесі різання ексцентрикової поверхні відбувається поступове врізання різця у заготовку із зростанням глибини різання від 0 до налаштованої глибини різання t на одному переході з наступним зменшенням глибини різання від t до 0 та поворотом заготовки без процесу різання різцем. При першому переході глибина різання зростає до величини t і відразу зменшується до нуля. При наступних переходах глибина різання певний час залишається на рівні постійної величини, що дорівнює t .

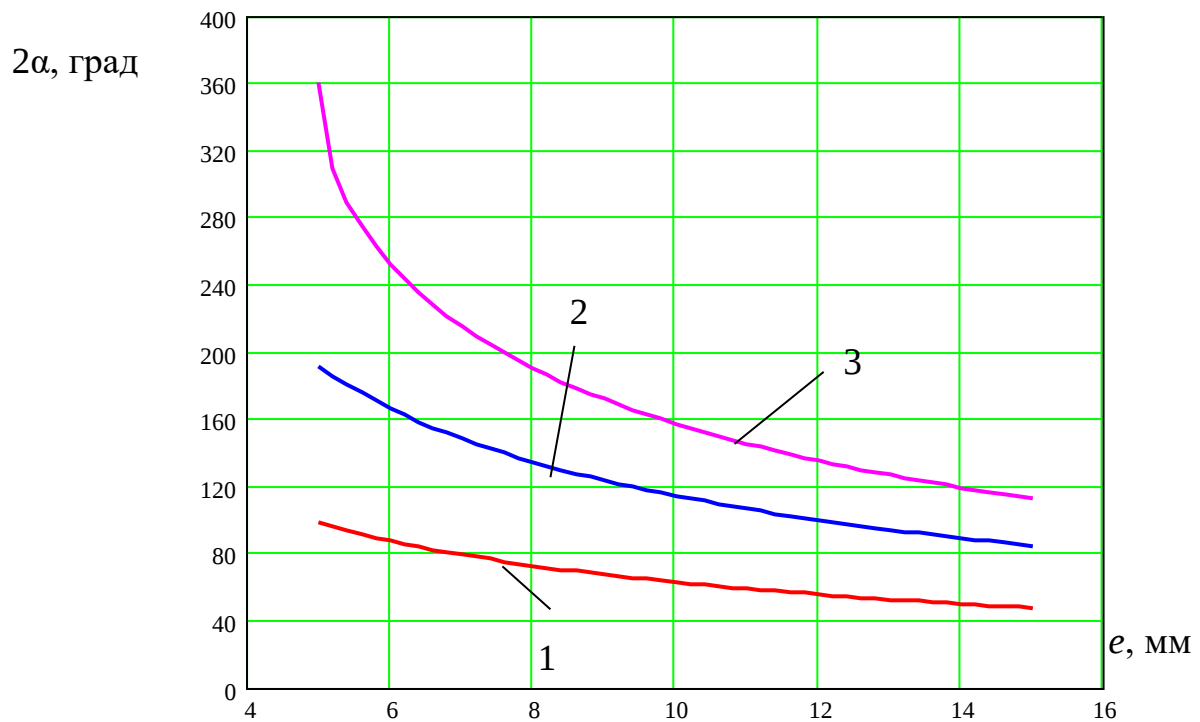


Рисунок 2.3 – Графіки залежності повного кута 2α контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею від величини ексцентриситету між центром заготовки та ексцентрикової поверхні, $R_1=25$ мм, $t=2$ мм: 1) $i=1$; 2) $i=3$; 3) $i=5$

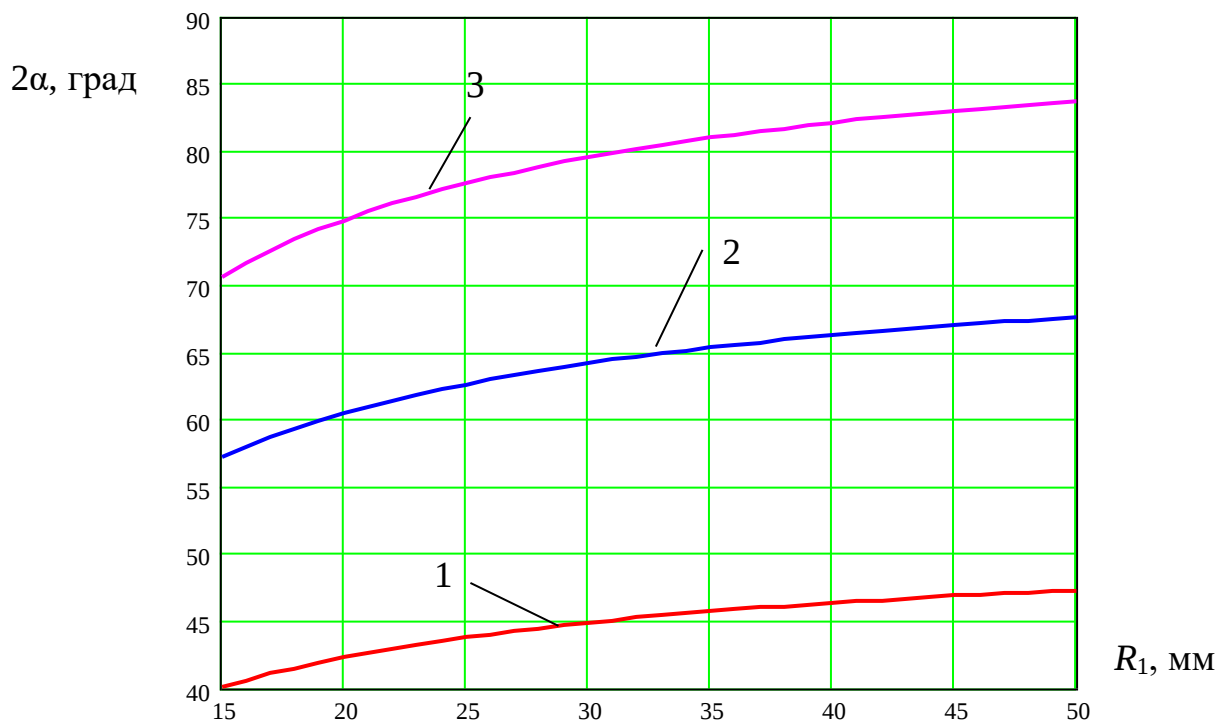


Рисунок 2.4 – Графіки залежності повного кута 2α контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею від радіуса циліндричної заготовки, $e=10$ мм; $i=1$: 1) $t=1$ мм; 2) $t=2$ мм; 3) $t=3$ мм

Із аналізу графіків рис. 2.3 – 2.4 встановлено, що збільшення радіуса R_1 циліндричної заготовки, налаштованої глибини різання t на одному переході, порядкового номера i переходу призводить до зростання повного кута 2α контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при цьому збільшення величини ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні призводить до зменшення вказаного параметра.

Відстань між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та траєкторією переміщення різця визначаємо за рівнянням:

$$t_2 = R_2 - R_3, \quad (2.6)$$

де R_2 - відстань між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та центром обертання заготовки.

Відстань між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та центром обертання заготовки визначаємо за теоремою косинусів із трикутника OO_1B рис. 2.2:

$$R_1^2 = e^2 + R_2^2 - 2eR_2 \cos \beta, \quad (2.7)$$

$$R_2 = e \cos \beta + \sqrt{e^2 (\cos^2 \beta - 1) + R_1^2}, \quad (2.8)$$

де β – кут повороту циліндричної заготовки.

Підставляємо рівняння (2.8), (2.4) у рівняння (2.6):

$$t_2 = e \cos \beta + \sqrt{e^2 (\cos^2 \beta - 1) + R_1^2} - e - R_1 + t \cdot i. \quad (2.9)$$

На основі рівняння (2.9) побудували графіки залежності відстані між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та траєкторією переміщення різця від кута повороту циліндричної заготовки (рис. 2.5, 2.6). Для ділянок одержаних кривих для кутів повороту циліндричної заготовки β , що знаходяться в межах від $-\alpha$ до $+\alpha$, відстань між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та траєкторією переміщення різця набуває додатних значень і

дорівнює реальній глибині різання t_r для першого переходу, а для інших переходів обмежується лінією t налаштованої глибини різання на одному переході.

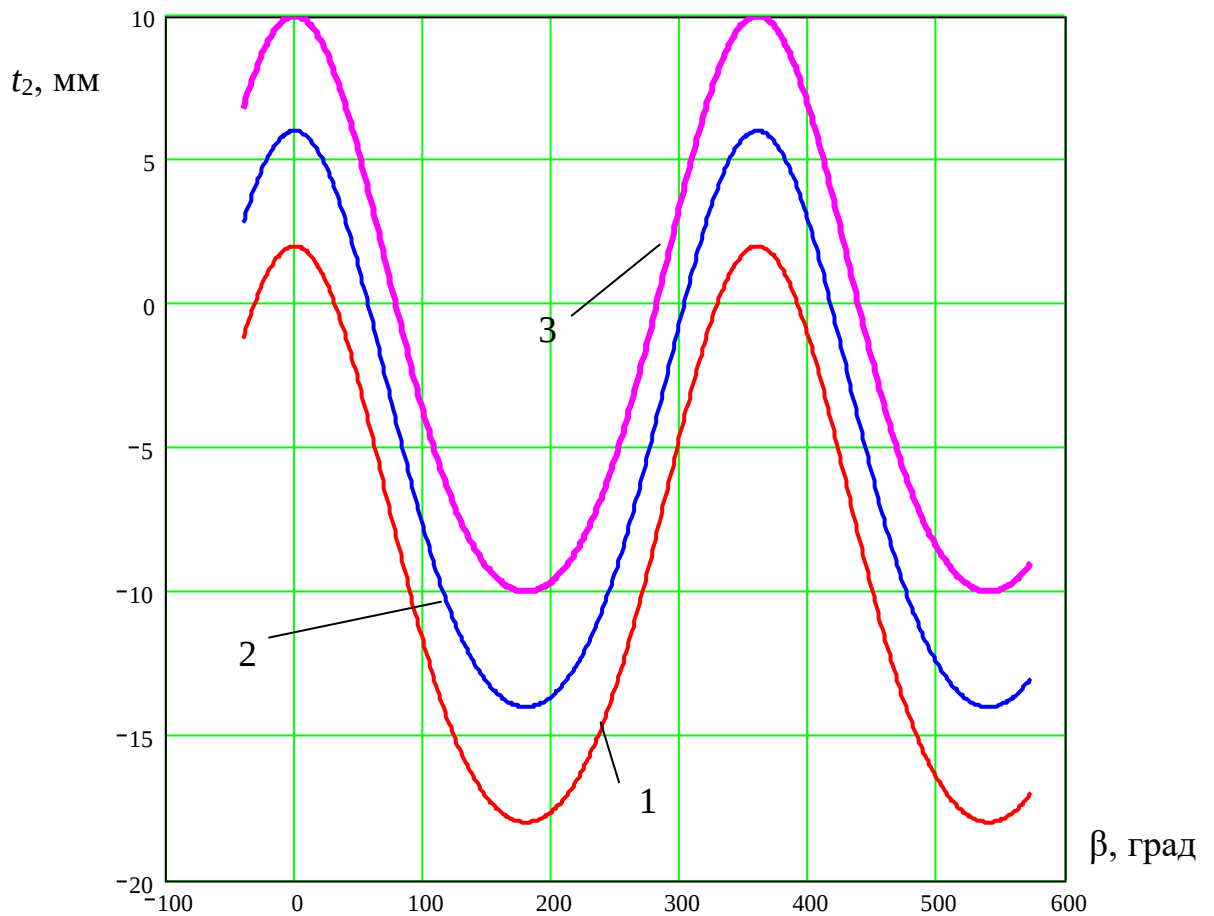


Рисунок 2.5 – Графіки залежності відстані між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та траєкторією переміщення різця від кута повороту циліндричної заготовки, $R_1=25$ мм, $t=2$ мм: 1) $i=1$; 2) $i=3$; 3) $i=5$

Для математичного опису даних обмежень у прикладному програмі забезпеченні використано логічну функцію:

$$t_r(\beta) = \begin{cases} t & \text{if } t_2(\beta) > t \\ 0 & \text{if } t_2(\beta) < 0 \\ t_2(\beta) & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (2.10)$$

Приклад використання логічної функції (2.10) представлено у вигляді графіків залежності реальної глибини різання t_r від кута повороту циліндричної

заготовки β (рис. 2.7, 2.8). Із графіків на рис. 2.7 та 2.8 робимо висновки, що при збільшенні порядкового номера i переходу кут повороту циліндричної заготовки, при якому виконується процес різання зростає, при цьому збільшення величини ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні призводить до зменшення кута повороту циліндричної заготовки, при якому виконується процес різання.

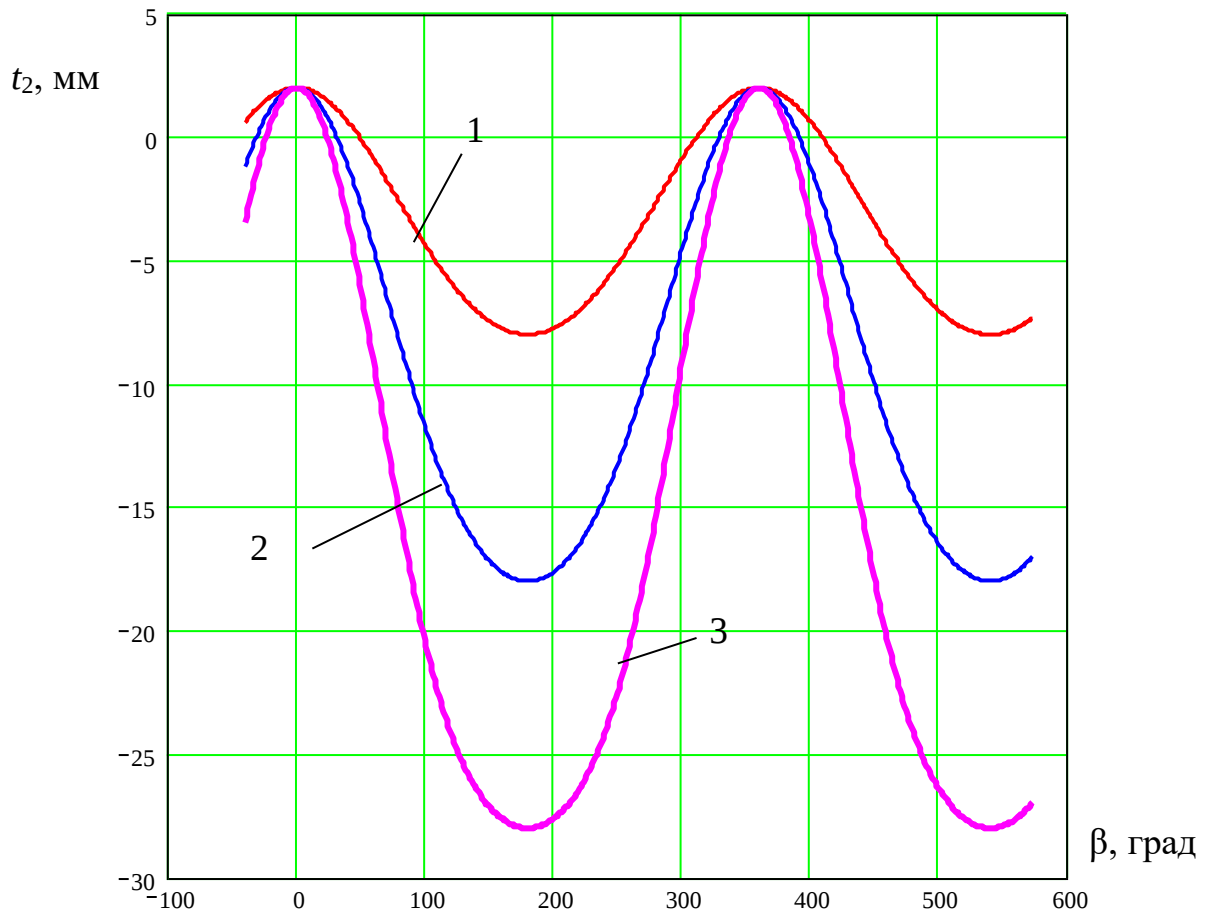


Рисунок 2.6 – Графіки залежності відстані між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та траєкторією переміщення різця від кута повороту циліндричної заготовки, $R_1=25$ мм, $t=2$ мм, $i=1$:

1) $e=5$ мм; 2) $e=10$ мм; 3) $e=15$ мм

Для другого i наступних переходів можна побачити ділянки зростання глибини різання від 0 мм до налаштованої глибини різання t та спадання від t до 0 мм. Для визначення кутів повороту α_i заготовки для вказаних ділянок зростання та спадання глибини різання використано рівняння (2.5):

$$\alpha_i = \arccos \left(\frac{e^2 + (e + R_1 - t(i+1))^2 - R_1^2}{2e(e + R_1 - t(i+1))} \right) - \arccos \left(\frac{e^2 + (e + R_1 - t \cdot i)^2 - R_1^2}{2e(e + R_1 - t \cdot i)} \right). \quad (2.11)$$

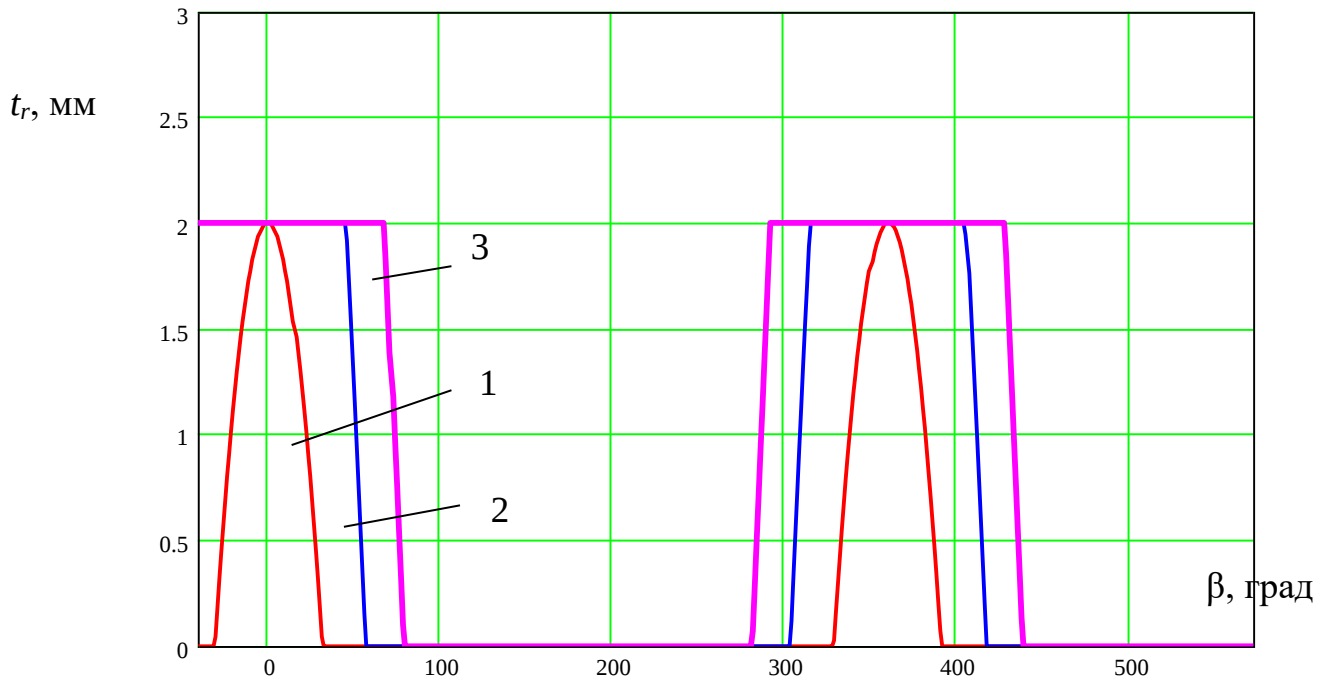


Рисунок 2.7 – Графіки залежності реальної глибини різання t_r від кута повороту циліндричної заготовки β , $R_1=25$ мм, $t=2$ мм: 1) $i=1$; 2) $i=3$; 3) $i=5$

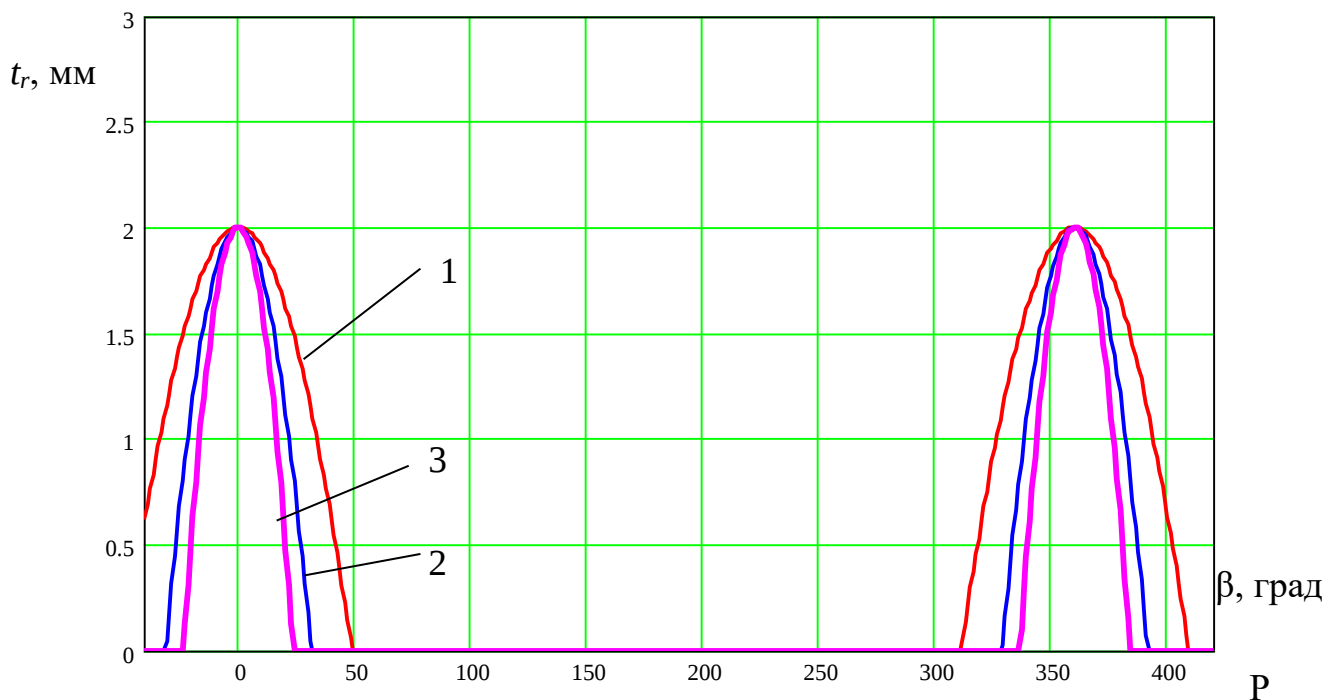


Рисунок 2.8 – Графіки залежності реальної глибини різання t_r від кута повороту циліндричної заготовки β , $R_1=25$ мм, $t=2$ мм, $i=1$:
1) $e=5$ мм; 2) $e=10$ мм; 3) $e=15$ мм

На основі рівняння (2.11) побудовано графіки залежності кута повороту α_i заготовки для ділянок зростання та спадання глибини різання від конструктивних та технологічних параметрів процесу, що зображені на рис. 2.9, 2.10.

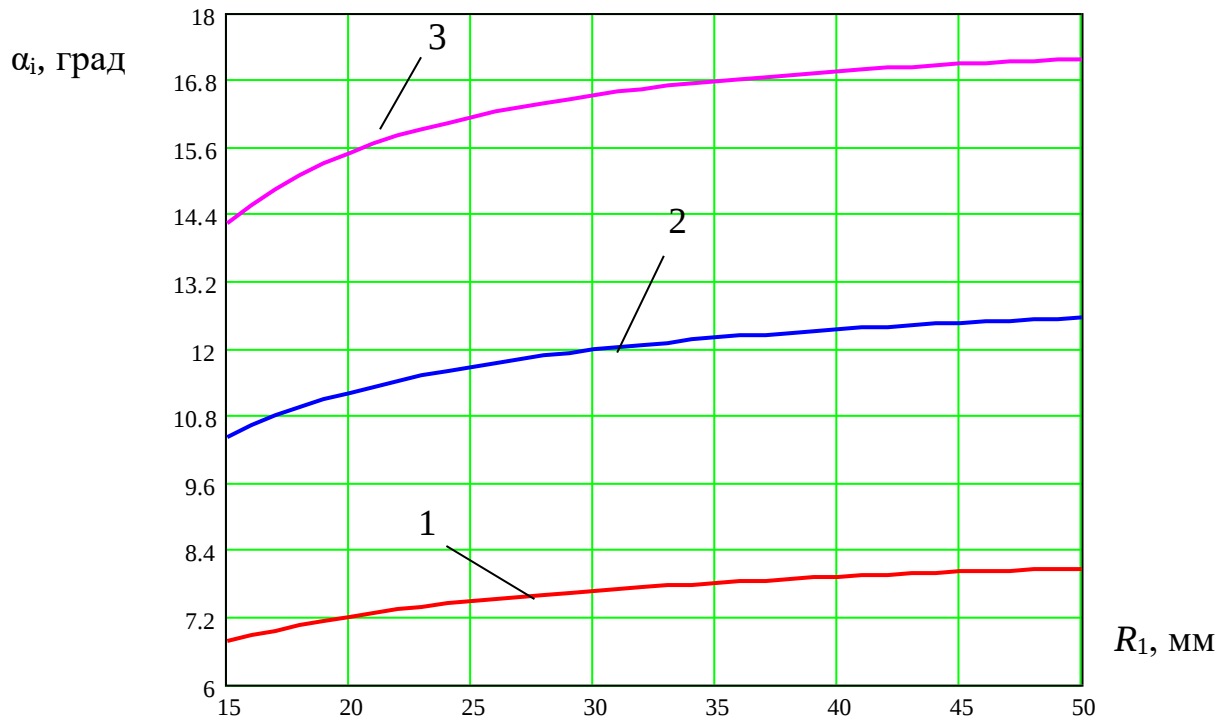


Рисунок 2.9 – Графіки залежності кута повороту α_i заготовки для ділянок зростання та спадання глибини різання від радіуса циліндричної заготовки, $e=10$ мм; $i=2$: 1) $t=1$ мм; 2) $t=2$ мм; 3) $t=3$ мм

Із аналізу графіків рис. 2.9 – 2.10 встановлено, що збільшення радіуса R_1 циліндричної заготовки, налаштованої глибини різання t на одному переході призводить до зростання кута повороту α_i заготовки для ділянок зростання та спадання глибини різання, при цьому збільшення величини ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні, порядкового номера i переходу призводить до зменшення вказаного кута.

Частота ω обертання заготовки:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (2.12)$$

де n – частота обертання заготовки, об/хв.

Відповідно

$$\tau_k = \frac{60\alpha}{\pi n}, \quad (2.17)$$

$$\tau_k = \frac{60 \arccos \left(\frac{e^2 + (e + R_1 - t \cdot i)^2 - R_1^2}{2e(e + R_1 - t \cdot i)} \right)}{\pi n}. \quad (2.18)$$

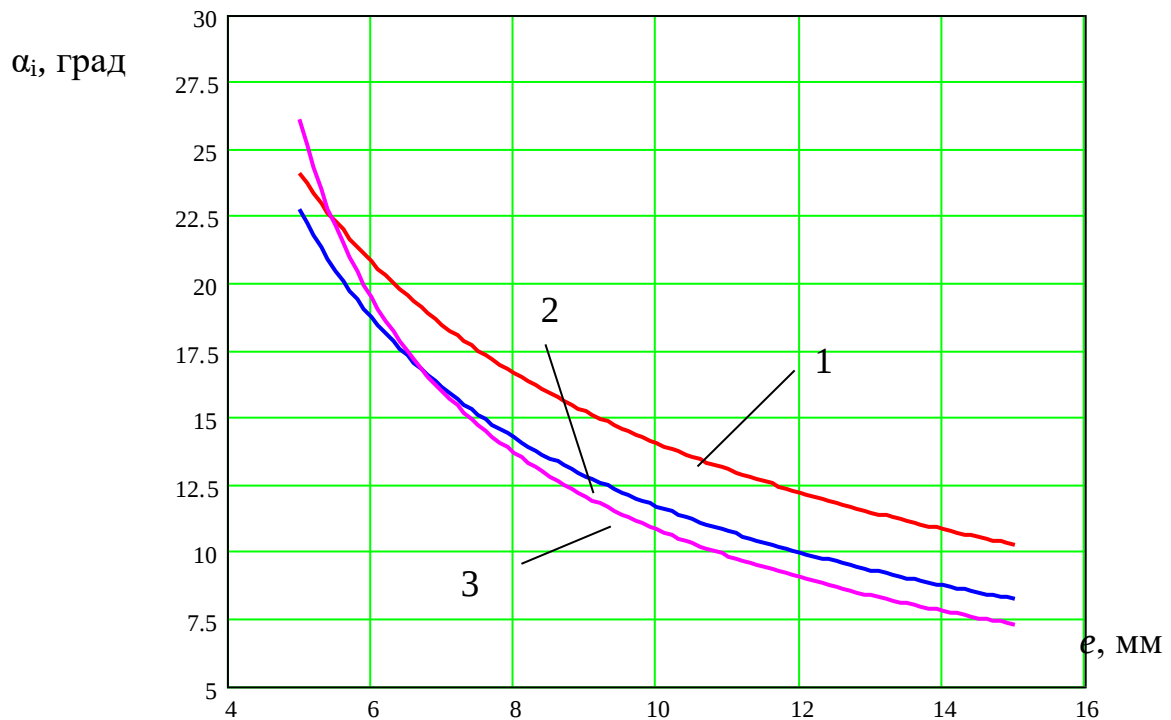


Рисунок 2.10 – Графіки залежності кута повороту α_i заготовки для ділянок зростання та спадання глибини різання від величини ексцентриситету між центром заготовки та ексцентрикової поверхні, $R_1=25$ мм, $t=2$ мм:

1) $i=1$; 2) $i=2$; 3) $i=3$

На основі рівняння (2.18) побудовано графіки залежності часу контакту між різцем та ексцентриковою поверхнею від конструктивних та технологічних параметрів процесу, що зображені на рис. 2.11, 2.12.

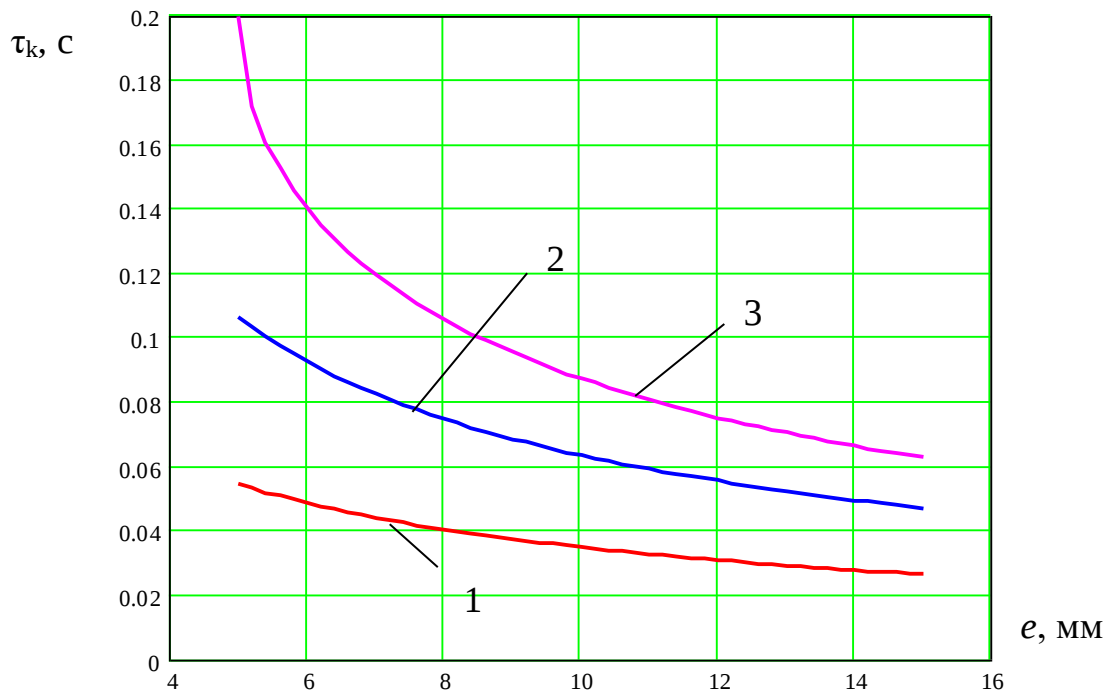


Рисунок 2.11 – Графіки залежності часу контакту між різцем та ексцентриковою поверхнею від величини ексцентриситету між центром заготовки та ексцентрикової поверхні, $R_1=25$ мм, $t=2$ мм, $n=300$ об/хв:
1) $i=1$; 2) $i=3$; 3) $i=5$

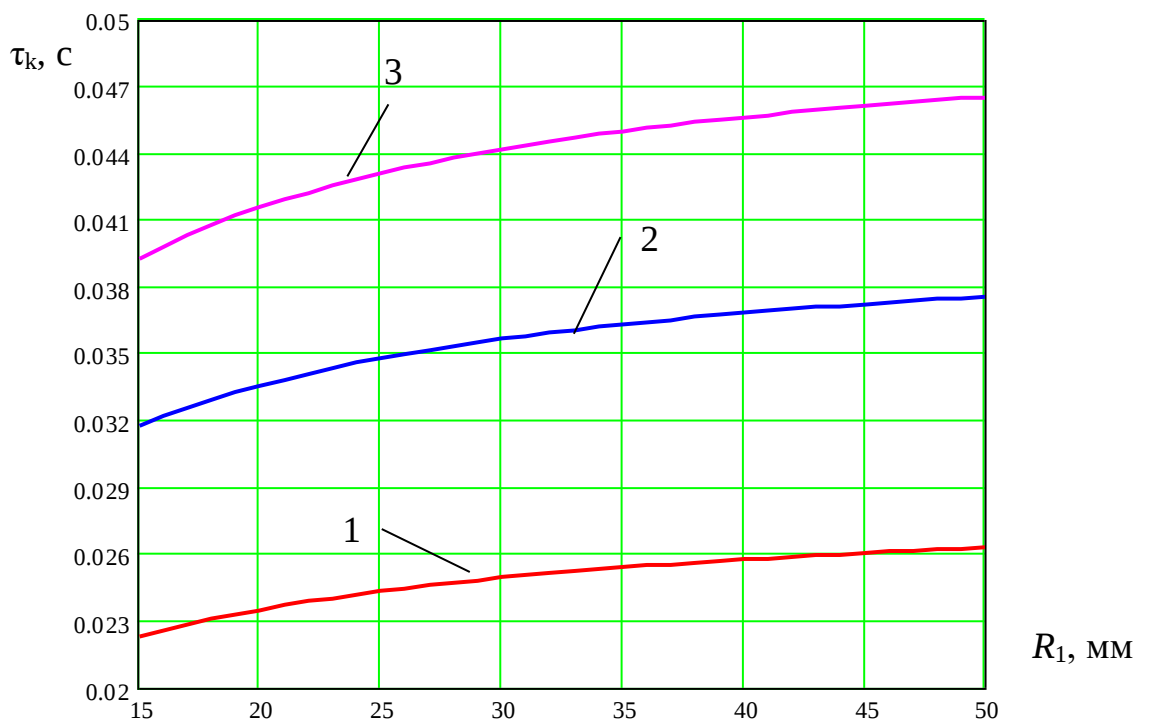


Рисунок 2.12 – Графіки залежності часу контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею від радіуса циліндричної заготовки, $n=300$ об/хв, $e=10$ мм; $i=1$: 1) $t=1$ мм; 2) $t=2$ мм; 3) $t=3$ мм

Із аналізу графіків рис. 2.11 – 2.12 встановлено, що збільшення радіуса R_1 циліндричної заготовки, налаштованої глибини різання t на одному переході, порядкового номера i переходу призводить до зростання часу контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при цьому збільшення величини ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні призводить до зменшення вказаного часу контакту.

Кут повороту циліндричної заготовки в часі:

$$\beta = \omega \tau, \quad (2.19)$$

$$\beta = \frac{\pi n}{30} \tau. \quad (2.20)$$

Відповідно характер зміни відстані між зовнішньо циліндричною поверхнею заготовки та центром обертання заготовки в часі визначаємо на основі рівняння (2.9):

$$t_2 = e \cos\left(\frac{\pi n}{30} \tau\right) + \sqrt{e^2 \left(\cos^2\left(\frac{\pi n}{30} \tau\right) - 1\right) + R_1^2} - e - R_1 + t \cdot i. \quad (2.21)$$

З метою врахування характеру зміну реальної глибини різання в часі, використання цього технологічного параметру у динамічних моделях та прикладному програму забезпеченні використано логічну функцію:

$$t_r(\tau) = \begin{cases} t & \text{if } t_2(\tau) > t \\ 0 & \text{if } t_2(\tau) < 0 \\ t_2(\tau) & \text{otherwise} \end{cases}. \quad (2.22)$$

Приклад використання логічної функції (2.22) представлено у виглядів графіків зміни реальної глибини різання t_r в часі τ (рис. 2.13, 2.14). Із графіків на рис. 2.13 та 2.14 робимо висновки, що при збільшенні порядкового номера i

переходу час контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при якому виконується процес різання зростає.

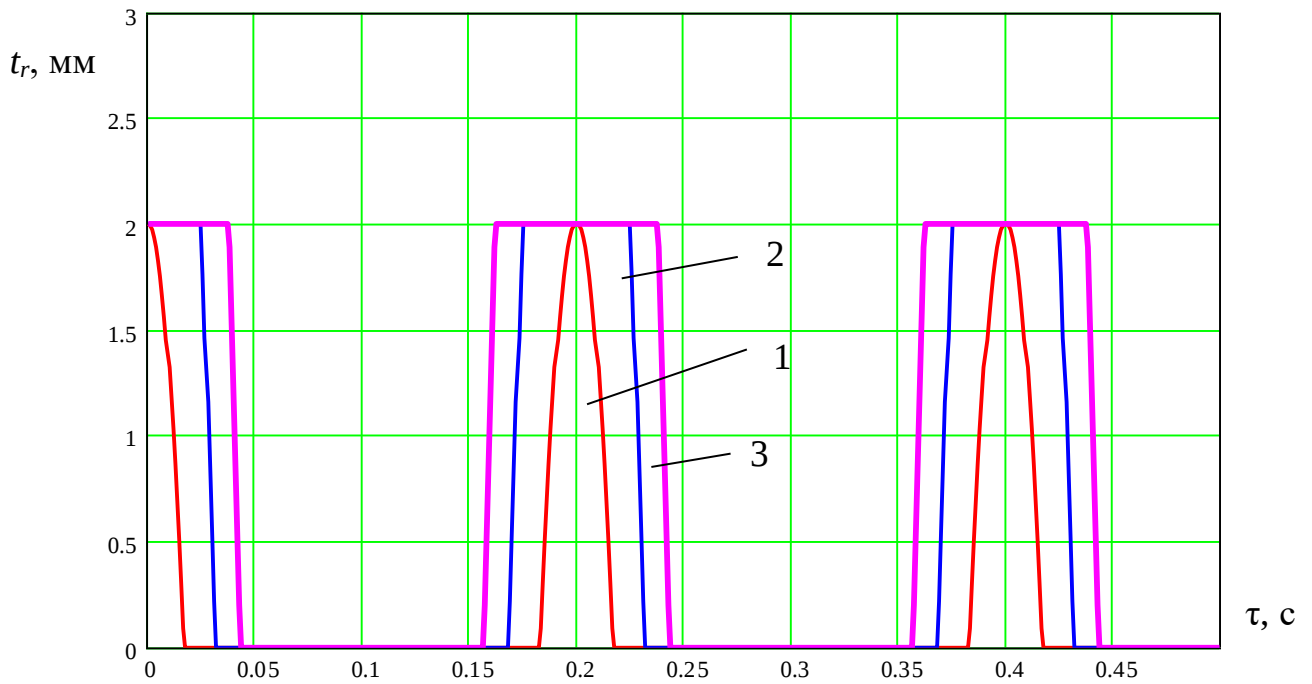


Рисунок 2.13 – Графіки зміни реальної глибини різання t_r в часі при проточуванні різцем ексцентрикової поверхні, $n=300$ об/хв, $R_1=25$ мм, $t=2$ мм: 1) $i=1$; 2) $i=3$; 3) $i=5$

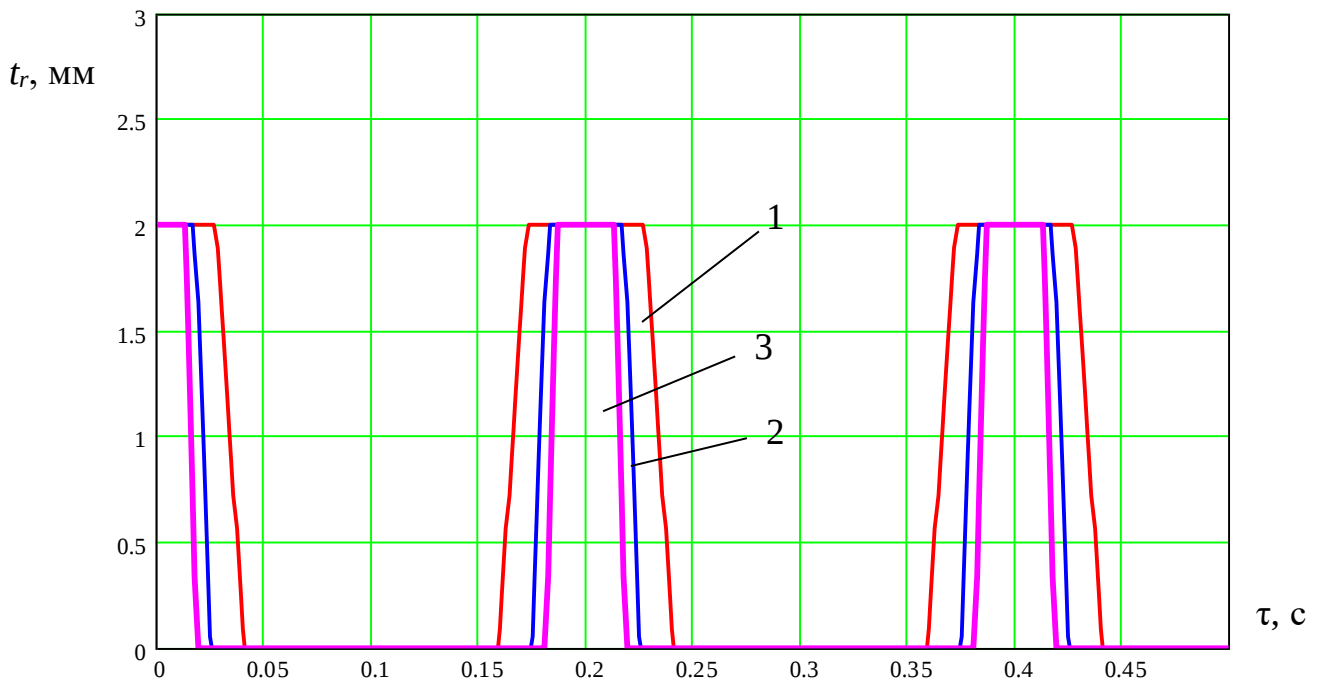


Рисунок 2.14 – Графіки зміни реальної глибини різання t_r в часі τ при проточуванні різцем ексцентрикової поверхні $n=300$ об/хв, $R_1=25$ мм, $t=2$ мм, $i=2$: 1) $e=5$ мм; 2) $e=10$ мм; 3) $e=15$ мм

Також збільшення величини ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні призводить до зменшення часу контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при якому виконується процес різання.

2.2. Висновки

У розділі проведено дослідження геометричних та часових параметрів токарного оброблення ексцентрикових поверхонь. Розроблено схему встановлення та затиску заготовки у чотирьохкулачковому патроні, кулачки, якого зміщені відносно центра обертання шпинделя верстата із патроном на різну відстань, забезпечуючи зміщення осі симетрії заготовки відносно осі обертання патрона на величину ексцентриситету.

Розроблено розрахункову схему для визначення часових та конструктивних параметрів процесу токарного оброблення ексцентрикових поверхонь. Виведено рівняння та побудовано графіки залежності повного кута контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею від конструктивних та технологічних параметрів процесу. Встановлено, що збільшення радіуса R_1 циліндричної заготовки, налаштованої глибини різання t на одному переході, порядкового номера i переходу призводить до зростання повного кута 2α контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при цьому збільшення величини ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні призводить до зменшення вказаного параметра.

Виведено рівняння та побудовано графіки залежності відстані між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та траєкторією переміщення різця від кута повороту циліндричної заготовки. Для ділянок одержаних кривих для кутів повороту циліндричної заготовки β , що знаходяться в межах від $-\alpha$ до $+\alpha$, відстань між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та траєкторією переміщення різця набуває додатних значень і дорівнює реальній глибині

різання t_r для першого переходу, а для інших переходів обмежується лінією t налаштованої глибини різання на одному переході.

Представлено графіки залежності реальної глибини різання t_r від кута повороту циліндричної заготовки β . Зроблено висновки, що при збільшенні порядкового номера i переходу кут повороту циліндричної заготовки, при якому виконується процес різання зростає, при цьому збільшення величини ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні призводить до зменшення кута повороту циліндричної заготовки, при якому виконується процес різання.

Виведено рівняння та побудовано графіки залежності часу контакту між різцем та ексцентриковою поверхнею від конструктивних та технологічних параметрів процесу. Встановлено, що збільшення радіуса R_1 циліндричної заготовки, налаштованої глибини різання t на одному переході, порядкового номера i переходу призводить до зростання часу контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при цьому збільшення величини ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні призводить до зменшення вказаного часу контакту.

Побудовано графіки зміни реальної глибини різання t_r в часі τ на основі яких зроблено висновки, що при збільшенні порядкового номера i переходу час контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при якому виконується процес різання зростає. Також збільшення величини ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні призводить до зменшення часу контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при якому виконується процес різання.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” 954252.004 є складовою частиною промислового світильника, призначеного для освітлення виробничих приміщень. Особливістю конструкції даних світильників є наявність елементів захисту від самовільного запалювання дрібних частинок матеріалів у повітрі виробничих приміщень

Основними поверхнями деталі, що визначають її поєднання з іншими елементами світильника є: різьбовий отвір $G\frac{1}{2}-B$; Ra6,3 для загвинчування сальника системи підведення кабелю; отвір $\varnothing 12H14(^{+0,43})$; Ra12,5 – для направлення кабеля; внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 70H9(^{+0,074})$; Ra2,5 для точного встановлення основного корпусу світильника; чотири отвори з різьбою M4-7H, Ra 6,3 для кріплення складових світильника, зокрема кабеля із гвинтом заземлення та системи розсіювання, два отвори з різьбою M6-7H; Ra 6,3 для кріплення системи монтажу світильника. Зовнішня плоска поверхня $45\pm 0,3$, внутрішня радіусна поверхня R14 Ra12,5 для приєднання системи розсіювання; дві торцеві поверхні $94h14(^{-0,87})$; Ra12,5 для суміщення складових елементів вузла світильника, зокрема основного корпусу та сальника системи підведення кабелю без наявності зазорів. Решта поверхонь визначають конструктивні особливості корпусу.

Основні технічні вимоги до основних поверхонь деталі представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Аналіз технічних вимог

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Внутрішня торцева поверхня $7\pm 0,3$	14	Ra6,3

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3	4
2, 3, 4	Внутрішня фаска 0,5×45°	14	Ra12,5
5	Внутрішня циліндрична поверхня Ø70H9(^{+0,074})	9	Ra2,5
6, 7	Внутрішня різьба М4-7Н	12	Ra6,3
8	Внутрішня радіусна поверхня R14	14	Ra12,5
9	Різьба трубна $G \frac{1}{2} - B$, l=18	7	Ra6,3
10	Зовнішня плоска поверхня 45±0,3	14	Ra12,5
11, 12, 13	Отвір під різьбу М4-7Н	12	Ra6,3
14, 15	Отвір під різьбу М6-7Н	12	Ra6,3
16	Внутрішня фаска 120°±50'	14	Ra12,5
17, 18	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,5
19, 20	Внутрішня різьба М6-7Н	12	Ra6,3
21	Отвір під різьбу $G \frac{1}{2} - B$ Ø18,75 ^{+0,28}	12	Ra12,5
22, 23	Отвір під різьбу М4-7Н, l=8	12	Ra6,3
24	Отвір Ø12H14(^{+0,43})	14	Ra12,5
25, 26	Внутрішня фаска 0,5×45°	14	Ra12,5
27, 28, 29	Внутрішня різьба М4-7Н	12	Ra6,3
30	Внутрішня фаска 1,5×45°	14	Ra12,5
31	Торцева поверхня 94h14(_{-0,87})	14	Ra12,5
32	Торцева поверхня 94h14(_{-0,87})	14	Ra12,5

Елементи базового технологічного процесу виготовлення корпусу представлено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Елементи базового технологічного процесу виготовлення корпусу 954252.004

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
1	2	3
005 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон Кулачки спеціальні
010, 015, 020, 025, 030 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	Кондуктори спеціальні поворотні та пересувні
035 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	Кондуктор спеціальний
040, 045, 050, 055, 060 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н135	Пристрої спеціальні поворотні та пересувні
065, 070, 075, 080, 085, 090 Різенарізна	Різенарізний верстат 2056	Пристрої спеціальні поворотні та пересувні
095, 100 Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат 6P10	Пристосування спеціальне

3.2. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі “Корпус” 954252.004 алюмінієво-кремнієвий сплав АК12, що забезпечує технічні умови експлуатації та захисту світильника. Вказаний матеріал має високі показники рідкотекучості та добрі ливарні властивості.

Для умов великосерійного типу виробництва проведено порівняння двох методів отримання заготовки:

Перший метод - лиття в піщані форми.

Другий метод - лиття під тиском.

Оскільки корпуса є складної форми масу заготовки визначено за рівнянням:

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

$q = 0,25$ кг – маса деталі.

Маса припуску:

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

Результати розрахунків припусків для поверхонь корпусу, що необхідно обробляти механічним способом представлено у таблиці 3.3.

Ескізи варіанту заготовки для виготовлення корпусу представлено на рис. 3.1 для лиття під тиском.

За рівнянням (3.2) розраховуємо об'єми припусків запропонованих двох варіантів заготовок.

Таблиця 3.3 – Припуски деталі “Корпус” 954252.004

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 в піщані форми				
Торцева поверхня 94h14 _(-0,87)	Ra12,5	4,2	4,0 × 2 = 8,0	102±2,1
Внутрішня радіусна поверхня R14	Ra12,5	3,0	3,0	R11±1,5
Отвір Ø12H14 ^(+0,43)	Ra12,5	-	—	—
Внутрішня циліндрична поверхня Ø70H9 ^(+0,074)	Ra2,5	4,2	5,0 × 2 = 10,0	Ø60±2,1
Зовнішня поверхня 45±0,3	Ra12,5	3,8	4,0	49±1,9
2) лиття під тиском				
Внутрішня циліндрична поверхня Ø70H9 ^(+0,074)	Ra2,5	1,0	2,0 × 2 = 4,0	Ø66±0,5
Торцева поверхня 94h14 _(-0,87)	Ra12,5	1,0	1,2 × 2 = 2,4	96,4±0,5
Внутрішня торцева поверхня 7±0,3	Ra6,3	0,5	0,9	6,1±0,25
Отвір Ø12H14 ^(+0,43)	Ra12,5	0,6	1,0 × 2 = 2,0	Ø10±0,3
Зовнішня поверхня 45±0,3	Ra12,5	0,8	1,1	46,1±0,4
Внутрішня радіусна поверхня R14	Ra12,5	0,6	1,0	R13±0,3

Об'єми припусків циліндричної форми:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}, \quad (3.3)$$

де D – діаметральний розмір, мм;

H – величина припуску, мм.

- лиття в піщані форми:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot 18,75^2 \cdot 8}{4} = 2208 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (28^2 - 22^2) \cdot 7}{8} = 825 \text{ мм}^3$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (70^2 - 60^2) \cdot 7}{4} = 7147 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot 12^2 \cdot 8}{4} = 905 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = 40 \cdot 22 \cdot 4,0 = 3520 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot (80^2 - 60^2) \cdot 4,2}{4} = 9232 \text{ мм}^3.$$

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

$$V_{\text{пр}} = 2208 + 825 + 7147 + 905 + 3520 + 9232 = 23837 \text{ мм}^3 = 23,84 \text{ см}^3.$$

- лиття під тиском:

$$V_{\text{пр6}} = 40 \cdot 22 \cdot 1,1 = 968 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (18,75^2 - 10^2) \cdot 25}{4} = 4937 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (80^2 - 66^2) \cdot 1,2}{4} = 1926 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (66^2 - 60^2) \cdot 0,9}{4} = 534 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot (12^2 - 10^2) \cdot 6}{4} = 207 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (70^2 - 66^2) \cdot 7}{4} = 2991 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр7}} = \frac{\pi \cdot (28^2 - 26^2) \cdot 7}{8} = 297 \text{ мм}^3$$

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

$$\begin{aligned} V_{\text{пр}} &= 968 + 4937 + 1926 + 534 + 207 + 2991 + 297 = \\ &= 11860 \text{ мм}^3 = 11,86 \text{ см}^3 \end{aligned}$$

Загальні маси припусків:

– лиття в піщані форми:

$$m_{\text{пр1}} = 23,84 \cdot 2,6 = 61,98 \text{ (г)} \approx 0,062 \text{ кг.}$$

– лиття під тиском:

$$m_{\text{пр2}} = 11,86 \cdot 2,6 = 30,84 \text{ г} \approx 0,031 \text{ кг.}$$

Визначаємо маси заготовок:

– лиття в піщані форми:

$$Q_1 = 0,25 + 0,062 = 0,312 \text{ кг.}$$

– лиття під низьким тиском:

$$Q_2 = 0,25 + 0,031 = 0,281 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (3.4)$$

– лиття в піщані форми:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,25}{0,312} = 0,8.$$

– лиття під тиском:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,25}{0,281} = 0,89.$$

Для умов великосерійного типу виробництва, забезпечення технічних вимог та конструктивних параметрів деталі “Корпус” 954252.004 вибираємо спосіб виготовлення заготовки - лиття під тиском.

3.3. Формування технологічного процесу

Проводимо проектування технологічного процесу механічної обробки деталі “Корпус” 954252.004.

В проектному варіанті відповідно до великосерійного типу виробництва пропонуємо токарну обробку поверхонь та розточування отворів деталі виконувати на токарному чотирьохшпindelному напівавтоматі замість звичайних токарно-гвинторізних верстатів. Для одночасного оброблення всіх різьбових отворів запропоновано використовувати два агрегатних верстати, замість послідовного оброблення отворів на вертикально-свердлильних та різенарізних верстатах.

005 Токарна напівавтоматна

1. Підрізання торця 32 з поперечного супорта, витримуючи розмір $95,2_{-0,87}$.
2. Розточування попереднє отвору 5 з підрізанням торця 1 з поздовжнього супорта, витримуючи розмір $\varnothing 69,62^{+0,19}$; $6,8 \pm 0,3$.
3. Розточування остаточне отвору 5 з підрізанням торця 1 з поздовжнього супорта, витримуючи розміри $\varnothing 70^{+0,074}$; $7 \pm 0,3$.

010 Агрегатна

Позиція II. Свердління двох отворів 12, 13 з формуванням двох фасок 3, 4 одночасне з шпindelної головки IIa, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,12}$; $0,5 \times 45^\circ$.

Позиція III. Підрізання торця 31 з формуванням внутрішньої фаски 30 із шпindelної головки IIIa, витримуючи розміри $94_{-0,87}$; $4 \times 45^\circ$.

Позиція IV. Розсвердлювання отворів 24, 21, формування фаски 16 із

шпиндельної головки IVa, витримуючи розміри $\varnothing 12^{+0,43}$; $\varnothing 18,75^{+0,28}$; $120^{\circ} \pm 50'$.

Позиція V. Нарізання різьби одночасне 28, 29 в двох отворах із шпиндельної головки Va, витримуючи розмір M4-7H. .

Позиція VI. Нарізання різьби 16 із шпиндельної головки VIa, витримуючи розмір $G \frac{1}{2} - B$.

015 Агрегатна

Позиція II. Свердління одночасне двох отворів 14, 15, формування двох фасок 17, 18 одночасно із шпиндельної головки IIa, витримуючи розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $35 \pm 0,3$; $1,2 \times 45^{\circ}$.

Позиція III. Свердління одночасне двох отворів 22, 23 формування двох фасок 25, 26 із шпиндельної головки IIIa, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,12}$; $33 \pm 0,3$; $0,6 \times 45^{\circ}$.

Позиція IV. Нарізання одночасне різьби 19, 20 в двох отворах із шпиндельної головки IVa, витримуючи розміри M6-7H; $35 \pm 0,3$.

Позиція V. Нарізання одночасне різьби 6, 7 в двох отворах із шпиндельної головки Va, витримуючи розміри M4-7H; $30 \pm 0,3$; нарізання різьби 27 із шпиндельної головки Vb, витримуючи розмір M4-7H.

Позиція VI. Зенкерування внутрішньої радіусної поверхні 4 із шпиндельної головки VIa, витримуючи розмір $R14^{+0,43}$.

Операція 020. Вертикально-фрезерна

Фрезерування плоскої поверхні 10, витримуючи розмір $45 \pm 0,3$

Операція 025 Контроль.

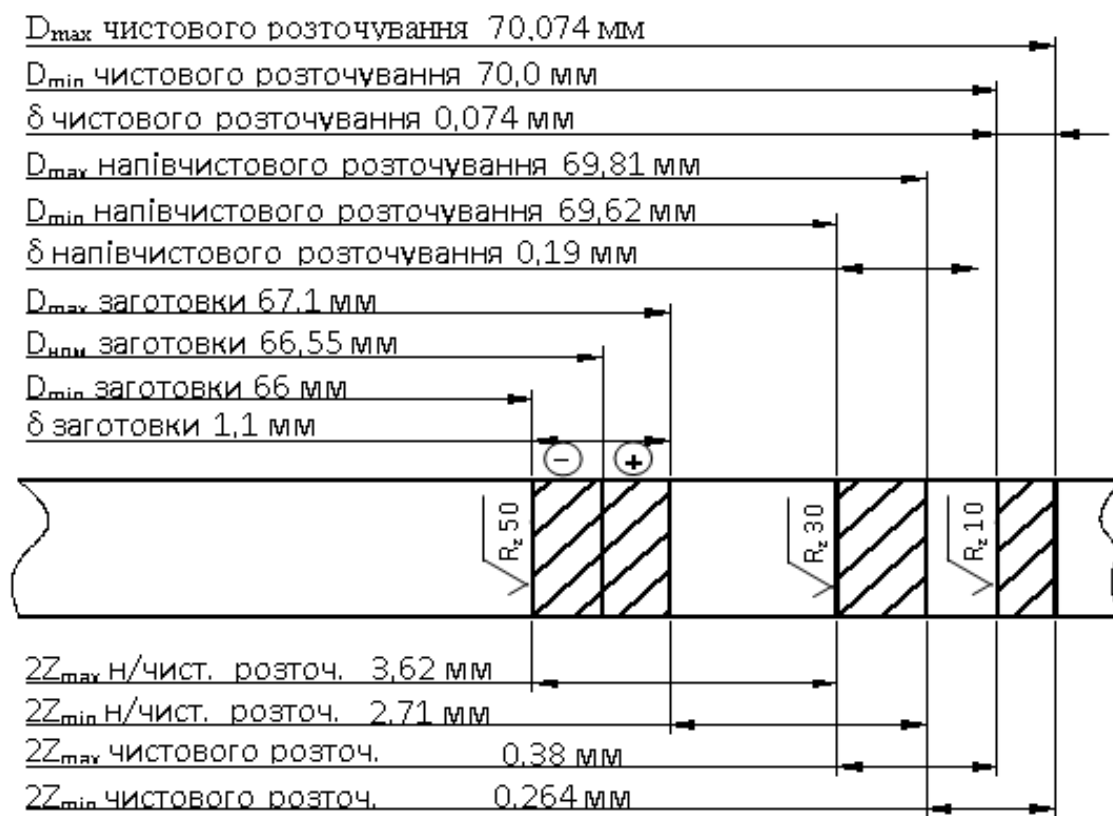
3.4. Визначення припусків на оброблення

Для розрахунку припусків використано аналітичні та табличні методи, що відображено у таблиці 3.5.

Схема розташування припусків та допусків при обробленні поверхні $\varnothing 70H9(^{+0,074})$ представлено на рис. 3.2.

Таблиця 3.5 – Розрахункові припуски деталі “Корпус” 954252.004

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
Внутрішня торцева поверхня $7\pm 0,3$					
Напівчистове розточування поперечною подачею	14	Ra6,3	0,6	0,2	$7\pm 0,3$
Чорнове розточування поперечною подачею	14	Ra12,5	0,6	0,7	$6,8\pm 0,3$
Заготовка	клас точності 7	R _z 50	0,56	0,9	$6,1\pm 0,28$

Рисунок 3.2 – Схема розташування припусків та допусків при обробленні поверхні $\varnothing 70H9(^{+0,074})$

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6
Зовнішня плоска поверхня $45\pm 0,3$					
Фрезерування чорнове торцевою фрезею	14	Ra12,5	0,6	1,1	$45\pm 0,3$
Заготовка	клас точності 7	R _z 50	1,0		$46,1\pm 0,5$
Отвір $\varnothing 12H14(^{+0,43})$					
Розсвердлювання	14	Ra12,5	0,43	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 12^{+0,43}$
Заготовка	клас точності 7	R _z 50	0,6		$\varnothing 10\pm 0,3$
Отвір під різьбу $G\frac{1}{2} - B \varnothing 18,75^{+0,28}$					
Розсвердлювання	14	Ra12,5	0,28	$2,375 \times 2 = 4,75$	$\varnothing 18,75^{+0,28}$
Заготовка – попередньо оброблена поверхня	14	Ra12,5	0,43		$\varnothing 14^{+0,43}$
Торцева поверхня $94h14(-_{0,87})$					
Напівчистове точіння	14	Ra12,5	0,87	1,2	$94_{-0,87}$
Зенкерування	14	Ra12,5	0,87	1,2	$95,2_{-0,87}$
Заготовка	клас точності 7	R _z 50	1	2,4	$96,4\pm 0,5$
Внутрішня радіусна поверхня $R14^{+0,43}$					
Зенкерування	14	Ra12,5	0,43	1,0	$R14^{+0,43}$
Заготовка	клас точності 7	R _z 50	0,6		$R13\pm 0,3$

3.5. Визначення режимів різання

Для розрахунку режимів різання процесів виготовлення деталі “Корпус” 954252.004 використано аналітичні та табличні методи, що відображено у таблиці 3.6.

954252.004

[illegible]

Закінчення таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Нарізання одночасне різьби 19, 20 в двох отворах із шпіндельної головки IVa, витримуючи розміри М6-7Н; 35±0,3.	0,54	20	2	110	1,0	200	3,9	-	0,17	0,08
Позиція 5 Нарізання одночасне різьби 6, 7 в двох отворах із шпіндельної головки Va, витримуючи розміри М4-7Н; 30±0,3; нарізання різьби 27 із шпіндельної головки Vб, витримуючи розмір М4-7Н.	0,38	20	2	60 120	0,7	290	3,9	-	0,18	0,06
Позиція 6										
Зенкерування внутрішньої радіусної поверхні 4 із шпіндельної головки VIa, витримуючи розмір R14 ^{+0,43} .	1,0	14	1	100	0,3	1016	103	-	0,06	0,75
020 Вертикально-фрезерна										
Позиція 2										
Фрезерування плоскої поверхні 10, витримуючи розмір 45±0,3	1,1	350	1	110	0,2 мм/ зуб	620	1900	-	0,1	3,5

Для розрахунку технічних норм часу процесів виготовлення деталі “Корпус” 954252.004 використано аналітичні та табличні методи, що відображено у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунки технічних норм часу операцій виготовлення деталі “Корпус” 954252.004

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			Час швидких переміщень, хв	Час циклу верстата, T _ц , хв	Час обслуговування, T _{об} , хв			T _{шт} , хв.	T _{п.з.} , хв.	п, шт	T _{шт.к.} , хв
		T _у .	T _{пер.}	T _{вим.}			T _{тех.об.}	T _{орг.об.}	T _{відп.}				
005 Токарна напів-автоматна	0,12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2970	0,27
010 Агрегатна	0,28	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		0,40
015 Агрегатна	0,18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		0,32
020 Вертикально-фрезерна	0,1	0,07	0,02	0,04	0,05	0,28	0,002	0,005	0,01	0,297	40		0,31

3.6. Розрахунок пристосування

Для закріплення та базування заготовки деталі “Корпус” 954252.004 на 015 агрегатній операції на агрегатному верстаті 2ХА4626 проведено проектування спеціального пристосування.

Базування заготовки для виконання переходів 015 операції виконується по зовнішній циліндричній поверхні Ø65 та по торцю 9 на призми поз. 31, 36, які одночасно центрують деталь за рахунок підпружиненої нижньої частини; орієнтація деталі виконується по боковому виступу 44 за допомогою упорів 32 та 35. Затиск деталі виконується рухомими призми 31 і 36, що приводяться у дію від пневмоциліндра, який переміщує шток 14, клин 19, плунжери 41 та два важелі 16. Пружина 66 відводять призми пристрою від заготовки при її розтиску.

Креслення конструкції спроектованого пристосування представлено у графічній частині роботи та у додатках.

Похибку установки заготовки у спроектованому пристосуванні розраховано за відомим рівнянням [11]:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\Delta \varepsilon_6^2 + \Delta \varepsilon_3^2 + \Delta \varepsilon_{\text{пр}}^2}. \quad (3.5)$$

На 015 агрегатній операції формуються різьбові отвори, при цьому необхідно забезпечити необхідну точність їх взаємного розміщення та розташування відносно конструктивних елементів деталі. Точність їх взаємного розміщення одержується за допомогою багатошпindelної головки для одночасного свердління декількох отворів і кондуктора.

Похибку базування розраховуємо за рівнянням:

$$\Delta \varepsilon_{6.1} = 0,5TD \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (3.6)$$

де $TD = 0,74$ мм допуск базового розміру;

$\alpha = 45^\circ$ – кут призми.

$$\text{Тоді, } \Delta \varepsilon_{6.1} = 0,5 \cdot 0,74 \frac{1}{\sin 45^\circ} = 0,52 \text{ мм} = 520 \text{ мкм}.$$

Допуск розташування отворів відносно конструктивних елементів деталі визначається розміром $34 \pm 0,3$ мм і дорівнює 0,6 мм.

Похибка закріплення при встановленні деталі у пристрої: $\varepsilon_3 = 60$ мкм.

Похибка виготовленого пристрою: $\varepsilon_{\text{пр}} = 100$ мкм.

Підставляємо дані у рівняння (3.5):

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{520^2 + 60^2 + 100^2} = 533 \text{ мкм.} = 0,533 \text{ мм.}$$

Допустима похибка установки для досягнення розміру $34 \pm 0,3$ мм:

$$\Delta \varepsilon_{y.d} = \delta_1, \quad (3.7)$$

де $\delta_1 = 0,6$ мм.

Умова забезпечення точності розміру $34 \pm 0,3$ мм виконується, оскільки:

$$0,533 \text{ мм} < 0,6 \text{ мм}.$$

Розрахункову схему пристрою для визначення необхідної сили затиску заготовки під час зенкерування радіуса R14мм на 015 агрегатній операції представлено на рисунку 3.3.

Умова затиску заготовки визначається тим, що момент зенкером $M_{\text{різ}}$ буде меншим за момент тертя $M_{\text{тр}}$, що виникає при затиску деталі:

$$KM_{\text{різ}} = \sum M_{\text{тр}}, \quad (3.8)$$

де $K = 3$ - коефіцієнт запасу.

Момент різання при зенкеруванні визначаємо за формулою:

$$M_{\text{різ}} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.9)$$

де $C_m = 0,051$; $q = 0,85$; $y = 0,8$, $x=1$ [16].

$D = 28$ мм;

$S = 0,3$ мм/об.

$t = 1$ мм

$K_p = 1,22$

Підставляємо дані у рівняння (3.19):

$$M_{\text{різ}} = 10 \cdot 0,051 \cdot 28^{0,85} \cdot 1 \cdot 0,3^{0,8} \cdot 1,22 = 4,08 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Необхідна сила для затиску заготовки [11]:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{\text{різ}}}{D_3 \cdot \frac{f_2}{\sin \alpha}}, \quad (3.10)$$

де $f_2 = 0,16$ – коефіцієнт тертя;

$\alpha = 45^\circ$;

$D_3 = 65$ мм.

$K = 3$.

Підставляємо дані у рівняння (3.10):

$$P_3 = \frac{3 \cdot 4,08}{0,065 \cdot \left(\frac{0,16}{\sin 45} \right)} = 832 \text{ Н.}$$

Для затиску заготовки необхідно забезпечити умову:

$$P_3 \leq W, \quad (3.11)$$

де W – сила затиску, що забезпечується механізмами пристрою.

Силу затиску, що забезпечується механізмами пристрою [11]:

$$W = \frac{F}{2 \operatorname{tg}(\beta + \varphi)} \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta, \quad (3.12)$$

де β – кут клина, $\beta = 12$ град;

φ – кут тертя $\varphi = 14$ град;

$l_1 = 60$ мм;

$l_2 = 54$ мм;

$\eta = 0,9$.

Сила на штоці пневмоциліндра

$$F = 0,785 \cdot (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{шт}}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.17)$$

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

Підставляємо дані у рівняння (3.12):

$$W = \frac{2689}{2 \operatorname{tg}(12 + 14)} \frac{60}{54} \cdot 0,9 = 2757 \text{ Н.}$$

При умові $W = 2757 \text{ Н} > P_3 = 832 \text{ Н}$ забезпечено нерівність (3.11) тому заготовка корпусу буде надійно закріплена на 015 агрегатній операції.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Засоби захисту технологічного обладнання від дії статичної електрики

У процесах механізації та автоматизації виробництва виникнення електростатичних зарядів є типовим явищем, пов'язаним із трибоелектричним ефектом, особливо в системах із застосуванням стрічкових конвеєрів, ремінних передач, при механічній обробці діелектриків (пластмаси, дерева), а також у процесах диспергування (наприклад, фарбування методом розпилення). Значення напруги електростатичного потенціалу в таких умовах може сягати:

- до 40 кВ — при роботі конвеєрних і ремінних передач;
- до 30 кВ — при обробці пластичних мас та дерева;
- до 12 кВ — при аерозольному нанесенні фарб.

За наявності сприятливих умов (низька вологість, недостатня іонізація повітря) можливе пробиття повітряного діелектричного проміжку (напруженість електричного поля, яка викликає пробій абсолютно сухого повітря, складає ≈ 3000 кВ/м), що супроводжується іскровим розрядом. Такий розряд здатен ініціювати займання вибухонебезпечного середовища або стати причиною вибуху.

Технічні методи захисту від статичної електрики поділяються на дві групи:

1. Превентивні заходи щодо зменшення генерації електростатичних зарядів, серед яких:

- оптимізація матеріалів, що контактують (використання пар тертя з мінімальним трибоелектричним ефектом);
- використання композитних матеріалів з антиполярними зарядами (наприклад, суміш нейлону з дакроном);
- регулювання технологічних параметрів обробки: зменшення швидкості транспортування, швидкості зливу рідин-діелектриків, обертальних і поступальних швидкостей;
- зменшення сили тертя через застосування антистатичних змащувальних речовин.

2. Методи нейтралізації та відведення накопичених зарядів, а саме:

- заземлення електропровідних конструкцій із забезпеченням питомого опору заземлювального контуру не більше 100 Ом;
- встановлення так званих ємностей релаксації (заземлені розширення в трубопроводах), що забезпечують розсіювання електростатичного заряду при транспортуванні сипких і рідких діелектриків;
- контроль вологості повітря робочої зони на рівні не нижче 65%, що знижує опір поверхонь та сприяє витоку зарядів;
- модифікація діелектричних матеріалів введенням струмопровідних наповнювачів (графіт, вугільна сажа, алюмінієва пудра), або застосування антистатичних присадок у рідких середовищах;
- використання нейтралізаторів статичної електрики: коронних (на основі високовольтного іонізатора), ізотопних (радіоактивних), аеродинамічних і комбінованих пристроїв.

В основі дії нейтралізаторів лежить принцип іонізації повітря поблизу поверхонь з високим електростатичним потенціалом. Створені іони протилежного знака рекомбінують із накопиченим зарядом, забезпечуючи його розрядження.

Індивідуальні засоби захисту від дії статичної електрики включають:

- антистатичний спецодяг (електропровідні халати з тканин, модифікованих антистатичними нитками);
- спеціалізоване діелектричне або електропровідне взуття з підошвами зі шкіри або вуглецевмісної гуми;
- електростатичні браслети, які через провідник і заземлення забезпечують безперервне зняття заряду з тіла оператора.

Значно вищу небезпеку становить атмосферна електрика, тобто грозова активність, джерелом якої є природні електричні розряди — блискавки. Система блискавкозахисту (грозозахисту) виконує функцію безпечного перехоплення, відведення та розсіювання струму блискавки.

Система блискавкозахисту включає:

- блискавкоприймачі (стрижневі — одиночні, парні, багатоточкові; тросові — одиночні й подвійні);

- струмовідводи;
- заземлювальні пристрої.

Відповідальність за забезпечення електробезпеки, у тому числі за організацію та функціонування засобів захисту від статичної та атмосферної електрики, покладається на службу головного енергетика та електротехнічний персонал виробничих підрозділів, які зобов'язані здійснювати регулярний контроль, технічне обслуговування та аудит відповідності обладнання чинним нормам безпеки.

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 [31]. 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 пропускового режиму, охорони матеріальних цінностей, забезпечення громадського порядку.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено дослідження геометричних та часових параметрів токарного оброблення ексцентрикових поверхонь. Розроблено схему встановлення та затиску заготовки у чотирьохкулачковому патроні, кулачки, якого зміщені відносно центра обертання шпинделя верстата із патроном на різну відстань, забезпечуючи зміщення осі симетрії заготовки відносно осі обертання патрона на величину ексцентриситету.

Розроблено розрахункову схему для визначення часових та конструктивних параметрів процесу токарного оброблення ексцентрикових поверхонь. Виведено рівняння та побудовано графіки залежності повного кута контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею від конструктивних та технологічних параметрів процесу. Встановлено, що збільшення радіуса R_1 циліндричної заготовки, налаштованої глибини різання t на одному переході, порядкового номера i переходу призводить до зростання повного кута 2α контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при цьому збільшення величини ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні призводить до зменшення вказаного параметра.

Виведено рівняння та побудовано графіки залежності відстані між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та траєкторією переміщення різця від кута повороту циліндричної заготовки. Для ділянок одержаних кривих для кутів повороту циліндричної заготовки β , що знаходяться в межах від $-\alpha$ до $+\alpha$, відстань між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та траєкторією переміщення різця набуває додатних значень і дорівнює реальній глибині різання t_r для першого переходу, а для інших переходів обмежується лінією t налаштованої глибини різання на одному переході.

Представлено графіки залежності реальної глибини різання t_r від кута повороту циліндричної заготовки β . Зроблено висновки, що при збільшенні порядкового номера i переходу кут повороту циліндричної заготовки, при якому виконується процес різання зростає, при цьому збільшення величини

ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні призводить до зменшення кута повороту циліндричної заготовки, при якому виконується процес різання.

Виведено рівняння та побудовано графіки залежності часу контакту між різцем та ексцентриковою поверхнею від конструктивних та технологічних параметрів процесу. Встановлено, що збільшення радіуса R_1 циліндричної заготовки, налаштованої глибини різання t на одному переході, порядкового номера i переходу призводить до зростання часу контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при цьому збільшення величини ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні призводить до зменшення вказаного часу контакту.

Побудовано графіки зміни реальної глибини різання t_r в часі τ на основі яких зроблено висновки, що при збільшенні порядкового номера i переходу час контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при якому виконується процес різання зростає. Також збільшення величини ексцентриситету e між центром заготовки та ексцентрикової поверхні призводить до зменшення часу контакту ріжучої крайки різця із ексцентриковою поверхнею, при якому виконується процес різання.

Розроблено технологічний процес виготовлення корпусу 954252.004.

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., Малафєєв 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://cncswissmation.com/eccentric-turning/>
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. https://compost.gibbscam.com/index.php?title=V13_Elliptical_Turning.
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. Свистун П.А., Кузь Р.В., Мензак Я.В. Дослідження процесу формування канавок спеціальним інструментом. Матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій": 11-12 грудня 2025 р.: тези доп. Тернопіль: вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025.
18. Danish Handa and Sooraj, V.S. Generation of scallop free machined surfaces in CFRPs with minimum waviness and defects using eccentric sleeve grinding. Journal of Materials Processing Technology. 2022. V. 301. 117431.
19. Šogorović, D., Mišković, A. A kinematics of eccentric cutting of threads on lathe machine. Proceedings of 13th International Research/ Expert Conference Trends in the Development of Machinery and Associated Technology, TMT 2009, Hammamet, Tunisia, 16-21 October 2009. P. 61-64.
20. Uysal, E., Karaguzel, U., Budak, E., Bakkal, M. Investigating Eccentricity Effects in Turn-Milling Operations. Procedia CIRP. 2014. V. 14. P. 176-181.
21. Гевко І. Б., Дячун А. Є., Дубиняк Т. С., Стібайло О. Ю., Гупка А. Б. Технологічні особливості виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків. Центральнотернопільський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11 (42). Ч. І. С. 75- 83.

22. Гевко І. Б., Дячун А. Є., Дубиняк Т. С., Стібайло О. Ю., Золотий Р. З. Дослідження операцій технологічного процесу виготовлення ножів-подрібнювачів на спіралях шнеків. Центральнотернопільський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11 (42), Ч. II. С. 99 - 108.

23. 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.

24. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

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

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. Окіпний І.Б., Сенчишин В.С., Ткаченко І.Г., Комар Р.В., Дячун А.Є. Кваліфікаційна робота магістра. Методичні вказівки для здобувачів другого (освітньо-професійного) рівня вищої освіти за спеціальністю G9 Прикладна механіка галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво. Тернопіль : 2025. 40 с.

30. Гевко І. Б., Ляшук О. Л., Дячун А. Є., Гупка А. Б., Третьяков О. Л. Технологічне проектування та виготовлення гвинтових транспортно-технологічних робочих органів : монографія. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 457 с.

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