

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 АЛАЯ 732.141.714 з
дослідженням процесу токарної обробки поверхонь із змінною глибиною
різання

Виконав: студент VI курсу, групи МПм-61
спеціальності 131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Деревляний В.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Лазарюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ткаченко І.Г.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Окіпний І.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2021

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи: “Розроблення технології виготовлення корпусу АЛАЯ 732.141.714 з дослідженням процесу токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання”.

У кваліфікаційній роботі проведено дослідження динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання. Встановлено, що зміна глибини різання пов’язана як із зміною геометричних параметрів заготовки, так і особливостями наданій траєкторії руху вершини різця відносно заготовки. Розроблено ідеалізовану механічну модель, до якої включено заготовку із змінною поверхнею, токарний прохідний різець, затискний патрон верстата, різцетримач. Виведено систему диференціальних рівнянь, що описують коливання елементів еквівалентної багатомасової системи, яку розв’язано числовим методом. При дослідженні динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання розглянуто випадки геометричного відхилення поверхні заготовки від ідеальної поверхні, пов’язане із хвилястістю поверхні, із ексцентриситетом циліндричної поверхні, із огранкою циліндричної поверхні, із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки, із поєднанням огранки, хвилястості та шорсткості оброблюваної поверхні. При цьому розв’язок представлено у вигляді числових даних та графіків. На основі побудованих графіків встановлено, що найбільша частота коливань токарного прохідного різця виникає при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні, а найменша - при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки.

Також вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу АЛАЯ 732.141.714. Проведено розрахунок заготовки, розроблено схеми базування, підбрано інструменти, обладнання, режими різання, спроектовано пристосування.

ЗМІСТ

Вступ	
1 Аналітична частина	
1.1. Аналіз стану питання.....	
1.2. Службове призначення деталі.....	
1.3. Висновки та постановка задач.....	
2 Науково-дослідна частина	
2.1. Дослідження динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання.....	
2.2. Висновки.....	
3 Технологічно-конструкторська частина	
3.1. Аналіз технологічності деталі.....	
3.2. Вибір способу одержання заготовки.....	
3.4. Формування технологічного процесу	
3.5. Визначення припусків на оброблення.....	
3.6. Визначення режимів різання.....	
3.7. Розрахунок пристосування.....	
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	
4.1. Планування робіт з охорони праці та контроль за їх безпекою.....	
4.2. Забезпечення стійкості виробничих об'єктів.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	

ВСТУП

В процесі токарної обробки поверхонь обертання виникає зміна режимів різання, зокрема глибини різання, що пов'язано як із зміною геометричних параметрів заготовки, так і особливостями наданій траєкторії руху вершини різця відносно заготовки.

Зміна геометричних параметрів заготовки пов'язана із заданими параметрами при конструюванні, або ж геометричними відхиленнями від ідеальної поверхні, пов'язаними з похибками виготовлення заготовки та попередньої механічної обробки. Такі відхилення включають шорсткість поверхні, хвилястість поверхні, огранка циліндричної поверхні, відхилення від круглості, ексцентриситет циліндричної поверхні, відхилення від циліндричності вздовж осі заготовки (конусність, хвилястість).

Зміна глибини різання в процесі токарної обробки поверхонь обертання призводить до зміни проєкцій сили різання, а особливості взаємного впливу змінної поверхні заготовки та токарного прохідного різця створює передумови дослідження динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання.

При моделюванні процесу токарної обробки також враховується змінна глибина різання, що виникає внаслідок похибки обробки на попередніх операціях чи переходах. Основною причиною зміни глибини різання в цьому випадку є примусові коливання системи ВПД а також автоколивання. Отже, токарна обробка із змінною глибиною різання суттєво впливає на параметри цього процесу, а тому дослідження такого процесу є актуальним завданням.

Актуальним є також вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу АЛАЯ 732.141.714 із проведенням розрахунків заготовки, розробленням схем базування, підбиранням інструментів, обладнання, режимів різання, проектуванням пристосування.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз стану питання

У багатьох випадках токарної обробки заготовок виникають ситуації, коли глибина різання має змінний характер. Це може бути пов'язане із похибками виготовлення заготовок, похибками попередньої обробки та особливостями геометрії оброблюваних деталей.

У роботі [25], звичайні цикли чорнової токарної обробки перетворено на цикли із змінною глибиною різання, для програмування яких використано САМ системи. Такі цикли включали:

1. Зменшення глибини різання при наближенні різця до остаточної поверхні обробки (рис. 1.1).
2. Проектування траєкторій руху різця по конічних поверхнях (рис. 1.2).
3. Проектування траєкторій руху різця із використанням нелінійних методів (рис. 1.3).

При постійній глибині різання зношення ріжучої кромки різця відбувається в одній точці. При змінній глибині різання зношенню піддаються різні частини ріжучої кромки, проте при цьому методі зростає основний час обробки. Цей недолік компенсується збільшенням стійкості інструменту, нижчими навантаженнями на шпинделі верстата та зменшенням інтенсивності шуму на ділянці механічної обробки.

На рис. 1.2 представлено процес різання, при якому формування конічної поверхні починається із найбільшої глибини різання, що зменшується у напрямку подачі. На другому переході різець переміщується паралельно осі обертання заготовки. Завдяки такому підходу точка зношення різця переміщується вздовж ріжучої кромки від максимального значення $a_{p\max}$ до мінімального - $a_{p\min}$.

Нелінійні переміщення різця (рис. 1.3) також забезпечують змінну глибину різання та одержання подібного ефекту, як при попередньому методі.

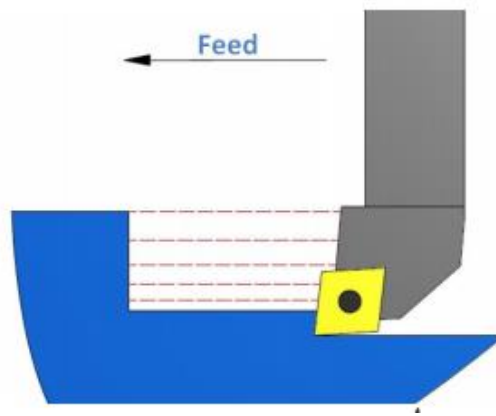


Рисунок 1.1 – Траєкторія руху вершини інструменту при зменшенні глибини різання із наближенням різця до остаточної поверхні обробки [25]

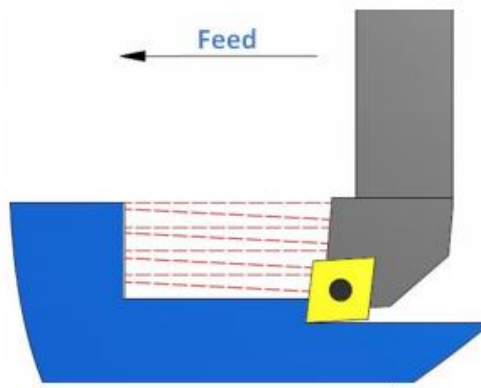


Рисунок 1.2 – Траєкторії руху різця по конічних поверхнях [25]

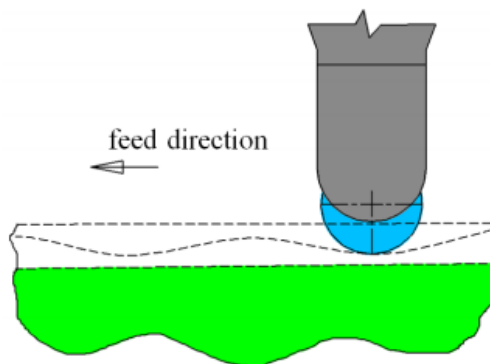


Рисунок 1.3 – Проектування траєкторії руху різця із використанням нелінійних методів [25]

У роботі [26] представлено результати експериментальних досліджень із порівнянням результатів токарної обробки поверхонь із постійною та змінною глибиною різання. Розташування зрізаних шарів представлено на рис. 1.4.

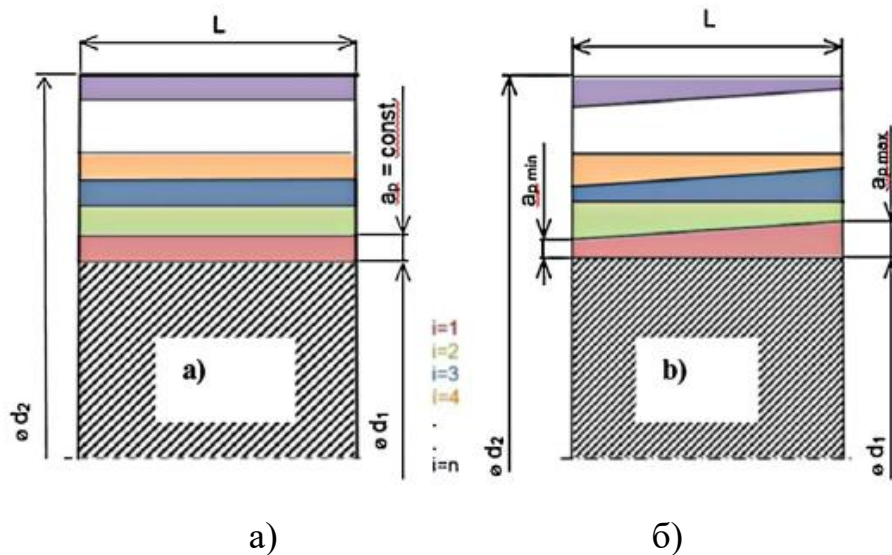


Рисунок 1.4 – Розташування зрізаних шарів токарної обробки при постійній а) та змінній б) глибині різання [26]

В результаті досліджень у роботі [25] представлено графіки залежності величини зношення ріжучої кромки різця від часу обробки для постійної та змінної глибини різання (рис. 1.5) при інших однакових режимах різання. За критерій зношування інструмента прийнято 0,25 мм.

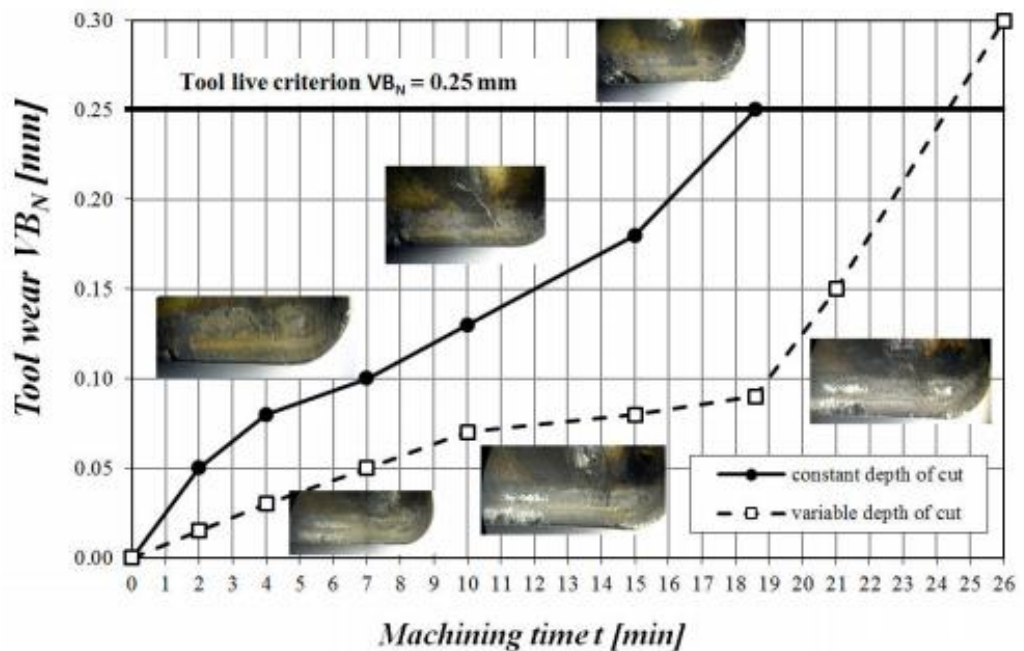


Рисунок 1.5 – Графіки залежності величини зношення ріжучої кромки різця від часу обробки для постійної (суцільна лінія) та змінної (штрихова лінія) глибини різання [25]

При постійній глибині різання стійкість інструменту становила 18 хв., тоді як при змінній глибині різання ця величина становила 26 хв. Отже, стійкість різця зростає на 44% при токарній обробці із змінною глибиною різання порівняно із постійною глибиною різання.

Підвищення стійкості інструментів знижує загальні витрати на інструменти, зменшує кількість зупинок процесу на заміну інструментів.

Також у роботі [26] представлено результати експериментальних досліджень складових сили різання при постійній та змінній глибині різання. Досліджувані складові сили різання за допомогою динамометра Kistler представлено на рис. 1.6.

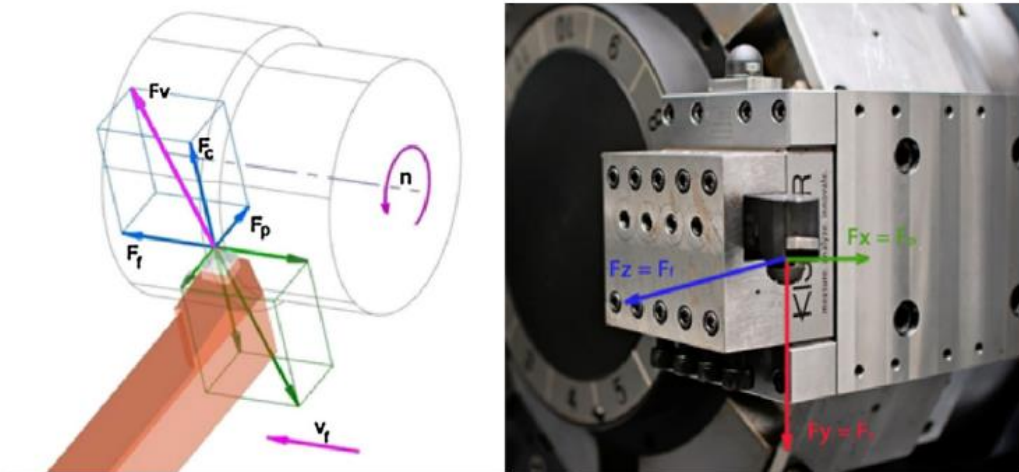


Рисунок 1.6 – Досліджувані складові сили різання за допомогою динамометра Kistler при токарній обробці [26]

На рисунку 1.7 представлено графіки залежності складових сили різання при змінній глибині різання від $a_{p\min} = 1,5$ мм до $a_{p\max} = 2,5$ мм. Подача різця становила 0,4 мм/об, швидкість різання – 230 м/хв. На рис. 1.8 представлено порівняння величин складових сили різання при постійній $a_p = 2$ мм та змінній глибині різання. На основі даних рисунків встановлено, що застосування у режимах різання змінної глибини різання дозволяє зменшити величини складових сили різання при використанні різця більше двох хвилин. Зокрема, складова сили різання F_v зменшується на 658 Н (10,8%), складова сили різання

F_c зменшується на 482 Н (11,9%), складова сили різання F_f зменшується на 480 Н (11,5%). При збільшенні зношення ріжучої кромки різця складові сили різання також зростають для двох варіантів обробки.

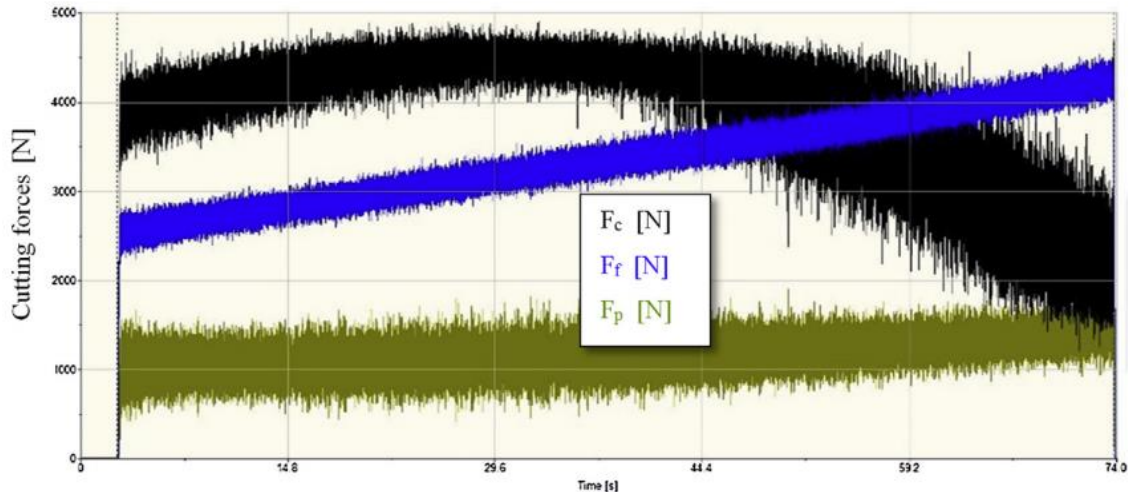


Рисунок 1.7 – Графіки залежності складових сили різання токарної обробки при змінній глибині різання від $a_{p\min} = 1,5$ мм до $a_{p\max} = 2,5$ мм [26]

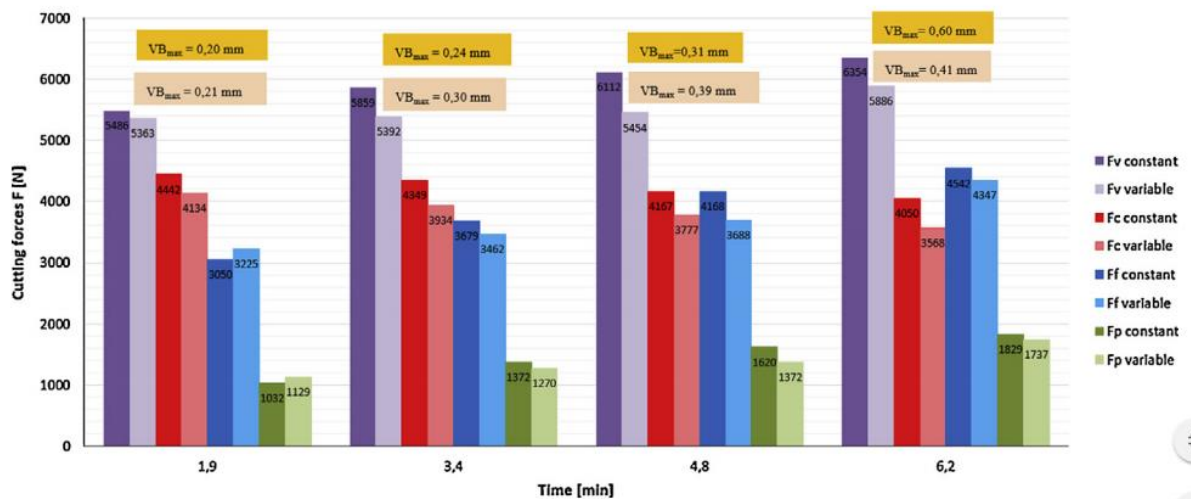


Рисунок 1.8 – Порівняння величин складових сили різання при постійній $a_p = 2$ мм та змінній глибині різання від $a_{p\min} = 1,5$ мм до $a_{p\max} = 2,5$ мм [26]

При моделюванні процесу токарної обробки також враховується змінна глибина різання, що виникає внаслідок похибки обробки на попередніх операціях чи переходах. Основною причиною зміни глибини різання в цьому

При цьому встановлено, що радіальні деформації призводять до зміни як глибини різання так і ширини зрізуваного шару, тоді як осеві деформації не впливають на глибину різання.

Також у роботі [28] представлено трьохмірну динамічну модель токарної обробки, що представлена на рис. 1.11.

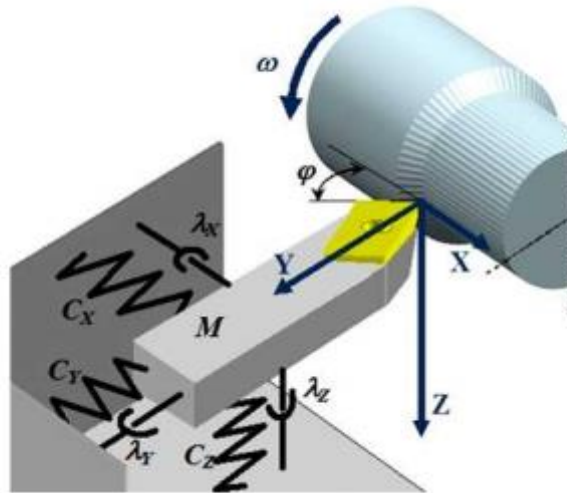


Рисунок 1.11 – Трьохмірна динамічна модель токарної обробки [28]

При токарній обробці переміщення елементів еквівалентної багатомасової системи представлено системою диференціальних рівнянь [28]:

$$\begin{cases} \frac{d^2 \delta_x}{dt^2} m + \lambda_x \frac{d\delta_x}{dt} + c_x \delta_x = P_x; \\ \frac{d^2 \delta_y}{dt^2} m + \lambda_y \frac{d\delta_y}{dt} + c_y \delta_y = P_y; \\ \frac{d^2 \delta_z}{dt^2} m + \lambda_z \frac{d\delta_z}{dt} + c_z \delta_z = P_z. \end{cases} \quad (1.1)$$

Розв'язок системи диференціальних рівнянь (1.1) проведено чисельним методом. При цьому моделювання проводилось як із постійною частотою обертання шпинделя, так і змінною. В результаті досліджень побудовано графічні залежності за допомогою спеціального програмного забезпечення. Результати перевірялись експериментальним методом.

1.2. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” АЛЯЯ 732.141.714 входить у конструкцію світлодіодного світильника, що використовується для освітлення адміністративно-громадських приміщень. Виготовляється методом лиття із алюмінієвого сплаву АК12.

До основних поверхонь деталі віднесено такі поверхні: торцева поверхня $24h14_{(-0,52)}$; Ra 12.7; зовнішня поверхня 250; 175; Rz 52 – призначені для правильного взаємного розміщення, суміщення та встановлення елементів конструкції виробу; криволінійний торцевий паз $b=3H14^{(+0,3)}$; $5\pm 0,1$; Ra 12.7 – призначений для встановлення в нього ущільнювача; дванадцять отворів $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$; $l=8$; Ra 12.7 – для кріплення світлодіодних панелей саморізами; чотири отвори $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$; $l=6,5$; Ra 12.7 – для кріплення драйвера саморізами; два отвори $\varnothing 12H7^{(+0,018)}$; $l=4$; Ra 1,6 – призначені для встановлення кріпильних елементів; глухий різевий отвір М3-7Н; $l=6$; Ra 6.5 – для кріплення датчика світла; глухий різевий отвір М4-7Н; $l=6$; Ra 6.5 – для кріплення гвинта заземлення; наскрізний отвір $\varnothing 4H14^{(+0,3)}$; Ra 12.7 – для кріплення захисного ланцюга, необхідного при ремонті; два наскрізних різевих отвори М4-7Н; $l=7$; Ra 6.5 – для кріплення розсіювача зі світлостабілізованого полікарбонату; ступінчастий отвір $\varnothing 14^{+0,43}$; $\varnothing 20^{+0,52}$; $180\pm 0,2$; Ra 12.7 – для кріплення сальника

Результати аналізу технічних вимог до деталі представлено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Аналіз технічних вимог

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Зовнішня поверхня 250 × 175	Не підлягає обробці різанням	Rz 52
2	Криволінійний торцевий паз $b=3H14^{(+0,3)}$; $5\pm 0,1$	14	Ra 12.7
3	Торцева поверхня $24h14_{(-0,52)}$	14	Ra 12.7
4	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 14H14^{(+0,43)}$; $180\pm 0,2$	14	Ra 12.7

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3	4
5	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 20H14^{(+0,52)}$; $180\pm 0,2$	14	Ra 12.7
6, 7	Два наскрізних отвори $\varnothing 12H7^{(+0,018)}$; $l=4$	7	Ra 1,6
8-11	Чотири глухих отвори $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$; $l=6,5$	14	Ra 12.7
12-15	Чотири внутрішні фаски $0,5\times 45^\circ$	14	Ra 12.7
16-27	Дванадцять глухих отворів $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$; $l=8$	14	Ra 12.7
28-39	Дванадцять внутрішніх фасок $0,5\times 45^\circ$	14	Ra 12.7
40	Отвір глухий під різь М3-7Н $\varnothing 2,5^{+0,14}$; $l=9$	13	Ra 6.5
41	Внутрішня фаска $0,5\times 45^\circ$	14	Ra 12.7
42	Різевий глухий отвір М3-7Н; $l=6$	(7)	Ra 6.5
43	Отвір глухий під різь М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=9,5$	13	Ra 6.5
44	Внутрішня фаска $0,5\times 45^\circ$	14	Ra 12.7
45	Різевий глухий отвір М4-7Н; $l=6$	(7)	Ra 6.5
46,47	Два наскрізних отвори під різь М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $237\pm 0,2$	13	Ra 6.5
48,49	Дві внутрішні фаски $2\times 45^\circ$	14	Ra 12.7
50,51	Два наскрізних різевих отвори М4-7Н	(7)	Ra 6.5
52	Наскрізний отвір під різь М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $12\pm 0,5$	13	Ra 6.5
53	Внутрішня фаска $0,5\times 45^\circ$	14	Ra 12.7
54	Різевий отвір М4-7Н	(7)	Ra 6.5
55	Наскрізний отвір $\varnothing 4H14^{(+0,3)}$; $14\pm 0,2$	14	Ra 12.7

1.3. Висновки та постановка задач

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що у багатьох випадках токарної обробки заготовок виникають ситуації, коли глибина різання має змінний характер. Це може бути пов'язане із похибками виготовлення заготовок, похибками попередньої обробки та особливостями геометрії оброблюваних деталей.

При постійній глибині різання зношення ріжучої кромки різця відбувається в одній точці. При змінній глибині різання зношенню піддаються різні частини ріжучої кромки, проте при цьому методі зростає основний час обробки. Цей недолік компенсується збільшенням стійкості інструменту, нижчими навантаженнями на шпинделі верстата та зменшенням інтенсивності шуму на ділянці механічної обробки. Стійкість різця зростає на 44% при токарній обробці із змінною глибиною різання порівняно із постійною глибиною різання. Підвищення стійкості інструментів знижує загальні витрати на інструменти, зменшує кількість зупинок процесу на заміну інструментів.

Застосування у режимах різання змінної глибини різання дозволяє зменшити величини складових сили різання при використанні різця більше двох хвилин.

При моделюванні процесу токарної обробки також враховується змінна глибина різання, що виникає внаслідок похибки обробки на попередніх операціях чи переходах. Основною причиною зміни глибини різання в цьому випадку є примусові коливання системи ВПД а також автоколивання. Отже, токарна обробка із змінною глибиною різання суттєво впливає на параметри цього процесу, а тому дослідження такого процесу є актуальним завданням.

У кваліфікаційній роботі потрібно вирішити такі завдання:

1. Провести дослідження динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання.

2. Розробити ідеалізовану механічну модель, до якої включено заготовку із змінною поверхнею, токарний прохідний різець, затискний патрон верстата, різцетримач.

3. Вивести та розв'язати числовим методом систему диференціальних рівнянь, що описують коливання елементів еквівалентної багатомасової системи конструктивних елементів процесу токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання.

4. При дослідженні динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання розглянути випадки геометричного відхилення поверхні заготовки від ідеальної поверхні, пов'язане із хвилястістю поверхні, із ексцентриситетом циліндричної поверхні, із огранкою циліндричної поверхні, із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки

5. Вдосконалити відомий технологічний процес виготовлення корпусу АЛАЯ 732.141.714.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Дослідження динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання

В процесі токарної обробки поверхонь обертання виникає зміна режимів різання, зокрема глибини різання, що пов'язано як із зміною геометричних параметрів заготовки, так і особливостями наданій траєкторії руху вершини різця відносно заготовки.

Зміна геометричних параметрів заготовки пов'язана із заданими параметрами при конструюванні, або ж геометричними відхиленнями від ідеальної поверхні, пов'язаними з похибками виготовлення заготовки та попередньої механічної обробки. Такі відхилення включають шорсткість поверхні, хвилястість поверхні, огранка циліндричної поверхні, відхилення від круглості, ексцентриситет циліндричної поверхні, відхилення від циліндричності вздовж осі заготовки (конусність, хвилястість).

Зміна глибини різання в процесі токарної обробки поверхонь обертання призводить до зміни проєкцій сили різання, а особливості взаємного впливу змінної поверхні заготовки та токарного прохідного різця створює передумови дослідження динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання.

Процес токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання характеризується зміною силових параметрів процесу в часі, зокрема із виникненням ударних навантажень. Тому така токарна обробка пов'язана із складними процесами взаємодії заготовки та різця і цей процес можливо дослідити на основі формування динамічної моделі, що забезпечує визначення деформації елементів розробленої дещо ідеалізованої приведеної системи, до складу якої входять такі елементи: заготовка із змінною поверхнею, токарний прохідний різець, затискний патрон верстата, різцетримач.

Процес токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання можна

заготовкою із змінною поверхнею та патроном верстата; k_{1z} , k_{1y} - приведені лінійні жорсткості заготовки із змінною поверхнею у напрямках осей z та y відповідно; k_{23z} , k_{23y} - приведені лінійні жорсткості токарного прохідного різця у напрямках осей z та y відповідно; k_{3z} , k_{3y} - приведені лінійні жорсткості різцетримача у напрямках осей z та y відповідно.

Також на рисунку 2.1 відображено приведені коефіцієнти демпфування: β_{12} - коефіцієнт демпфування між заготовкою із змінною поверхнею та патроном верстата; β_{1z} , β_{1y} - коефіцієнти демпфування коливань заготовки із змінною поверхнею у напрямках осей z та y відповідно; β_{23z} , β_{23y} - коефіцієнти демпфування коливань токарного прохідного різця у напрямках осей z та y відповідно; β_{3z} , β_{3y} - коефіцієнти демпфування коливань різцетримача у напрямках осей z та y відповідно.

На заготовку із змінною поверхнею, що закріплена у патроні верстата I_1 в процесі токарної обробки діє тангенціальна сила різання $P_z(\tau)$ та радіальна сила різання $P_y(\tau)$, а також крутний момент $M_w = P_z(\tau) \cdot R$, де R - радіус токарної обробки заготовки.

На токарний прохідний різець із масою m_1 діє тангенціальна сила різання $P_z(\tau)$ та радіальна сила різання $P_y(\tau)$.

Під час токарної обробки поверхонь заготовки зміну глибини різання апроксимовано у вигляді синусоїди, відповідно глибина різання заготовки періодично зростає та спадає із певною амплітудою і частотою, які залежать від характеристик геометричних відхилень поверхні заготовки від ідеальної поверхні, пов'язаними з похибками виготовлення заготовки та попередньої механічної обробки. Відповідно тангенціальна сила різання $P_z(\tau)$ та радіальна сила різання $P_y(\tau)$ періодично спочатку зростають до максимального значення, а потім зменшуються до мінімального значення. Максимальні і мінімальні значення тангенціальних та радіальних сил різання залежно від режимів різання визначаються за відомими емпіричними залежностями [20]:

$$P_z = 10 \cdot C_{Pz} \cdot t_P^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_z, \quad (2.1)$$

$$P_y = 10 \cdot C_{Py} \cdot t_P^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_y, \quad (2.2)$$

де враховано глибину різання t_p , подачу S , швидкість різання V , степені та поправочні коефіцієнти, одержані в результаті експериментальних досліджень.

Зміну глибини різання представлено загальним рівнянням:

$$t_p(\tau) = t_{p0} + t_{p\max} \sin(\omega\tau + \varphi) + k\tau, \quad (2.3)$$

де t_{p0} - початкова постійна глибина різання;

$t_{p\max}$ - максимальна змінна глибина різання;

ω - частота зміни глибини різання протягом обертання заготовки;

φ - початковий кут розміщення заготовки;

τ - час;

k - коефіцієнт, що визначає конусність поверхні.

Також зміну глибини різання можна представити:

$$t(\tau) = t_{p0} + t_{p\max} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{\tau_k} \tau\right), \quad (2.4)$$

де τ_k - час, на протязі якого відбувається зміна глибини різання.

При цьому виконується умова $t(\tau)=0$, якщо $\tau < \tau_k$.

Зміна глибини різання для наступних нерівностей поверхні

$$t_i(\tau) = t_{p0} + t_{p\max} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{\tau_k} \tau - \frac{(i-1)\pi\tau_1}{\tau_k}\right), \quad (2.5)$$

де i – порядковий номер нерівності,

τ_1 - час, протягом якого не відбувається зміна глибини різання.

При цьому дійсна умова $t_{p\max}=0$, якщо $\tau < i\tau_1$ і $\tau > i\tau_1 + \tau_k$.

Кути повороту φ_1, φ_2 та лінійні переміщення елементів ідеалізованої системи: $z_1, z_2, z_3, y_1, y_2, y_3$ вибрано як розрахункові узагальнені координати [22].

Кінетична енергія приведеної механічної системи:

$$T = \frac{I_1 \cdot \dot{\varphi}_1^2}{2} + \frac{I_2 \cdot \dot{\varphi}_2^2}{2} + \frac{m_1 \cdot \dot{z}_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot \dot{z}_2^2}{2} + \frac{m_3 \cdot \dot{z}_3^2}{2} + \frac{m_1 \cdot \dot{y}_1^2}{2} + \frac{m_2 \cdot \dot{y}_2^2}{2} + \frac{m_3 \cdot \dot{y}_3^2}{2}. \quad (2.6)$$

Потенціальна енергія приведеної механічної системи:

$$\Pi = \frac{C_{12} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)^2}{2} + \frac{k_{1z} \cdot z_1^2}{2} + \frac{k_{1y} \cdot y_1^2}{2} + \frac{k_{23z} \cdot (z_3 - z_2)^2}{2} + \frac{k_{3z} \cdot z_3^2}{2} + \frac{k_{23y} \cdot (y_3 - y_2)^2}{2} + \frac{k_{3y} \cdot y_3^2}{2}. \quad (2.7)$$

Функція розсіювання приведеної механічної системи:

$$\Phi = \frac{\beta_{12} \cdot (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2)^2}{2} + \frac{\beta_{1z} \cdot \dot{z}_1^2}{2} + \frac{\beta_{1y} \cdot \dot{y}_1^2}{2} + \frac{\beta_{23z} \cdot (\dot{z}_3 - \dot{z}_2)^2}{2} + \frac{\beta_{3z} \cdot \dot{z}_3^2}{2} + \frac{\beta_{23y} \cdot (\dot{y}_3 - \dot{y}_2)^2}{2} + \frac{\beta_{3y} \cdot \dot{y}_3^2}{2}. \quad (2.8)$$

Рівняння Лагранжа другого роду для визначення коливань елементів приведеної системи:

- крутних

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_n} + \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi_n} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\varphi}_n} = P_z(\tau) \cdot R. \quad (2.9)$$

- лінійних:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{z}_n} + \frac{\partial \Pi}{\partial z_n} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{z}_n} = P_z(\tau), \quad (2.10)$$

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{y}_n} + \frac{\partial \Pi}{\partial y_n} + \frac{\partial \Phi}{\partial y_n} = P_y(\tau). \quad (2.11)$$

На основі рівнянь (2.9), (2.10) та (2.11) виведено систему диференціальних рівнянь, що описують коливання елементів еквівалентної багатомасової системи рис. 2.1:

$$\left. \begin{aligned} I_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 + C_{12} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) + \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) &= P_z(\tau) \cdot R; \\ I_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 + C_{12} \cdot (\varphi_2 - \varphi_1) + \beta_{12} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_1) &= -M_s; \\ m_1 \cdot \ddot{z}_1 + k_{1z} \cdot z_1 - \beta_{1z} \cdot \dot{z}_1 &= P_z(\tau); \\ m_2 \cdot \ddot{z}_2 + k_{23z} \cdot (z_2 - z_3) + \beta_{23z} \cdot (\dot{z}_2 - \dot{z}_3) &= P_z(\tau); \\ m_3 \cdot \ddot{z}_3 + k_{23z} \cdot (z_3 - z_2) + \beta_{23z} \cdot (\dot{z}_3 - \dot{z}_2) + k_{3z} \cdot z_3 + \beta_{3z} \cdot \dot{z}_3 &= 0; \\ m_1 \cdot \ddot{y}_1 + k_{1y} \cdot y_1 - \beta_{1y} \cdot \dot{y}_1 &= P_y(\tau); \\ m_2 \cdot \ddot{y}_2 + k_{23y} \cdot (y_2 - y_3) + \beta_{23y} \cdot (\dot{y}_2 - \dot{y}_3) &= P_y(\tau); \\ m_3 \cdot \ddot{y}_3 + k_{23y} \cdot (y_3 - y_2) + \beta_{23y} \cdot (\dot{y}_3 - \dot{y}_2) + k_{3y} \cdot y_3 + \beta_{3y} \cdot \dot{y}_3 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2.12)$$

де M_s – крутний момент на патроні верстата.

Для розв'язку системи рівнянь (2.14) прийнято граничні умови в момент контакту між токарним прохідним різцем та заготовкою із змінною поверхнею, при цьому для часу $t = 0$ для числового розрахунку прийнято початкові умови:

$$\begin{aligned} \varphi_1(0) = 0, \quad \varphi_2(0) = 0, \quad z_1(0) = 0, \quad z_2(0) = 0, \quad z_3(0) = 0, \\ y_1(0) = 0, \quad y_2(0) = 0, \quad y_3(0) = 0, \\ \dot{\varphi}_1(0) = 0, \quad \dot{\varphi}_2(0) = 0, \quad \dot{z}_1(0) = 0, \quad \dot{z}_2(0) = 0, \quad \dot{z}_3(0) = 0, \\ \dot{y}_1(0) = 0, \quad \dot{y}_2(0) = 0, \quad \dot{y}_3(0) = 0. \end{aligned}$$

При дослідженні динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання розглянуто такі випадки:

1. Геометричне відхилення поверхні заготовки від ідеальної поверхні, пов'язане із хвилястістю поверхні. Графіки зміни глибини різання при токарній

обробці такої поверхні представлено на рисунках 2.2, 2.3, 2.4. На рисунку 2.2 зображено випадок, коли процес токарної обробки проходить по впадинах хвилястості. На рисунку 2.3 зображено випадок, коли процес токарної обробки проходить по середині виступів хвилястості. На рисунку 2.4 зображено випадок, коли процес токарної обробки проходить нижче впадин хвилястості.

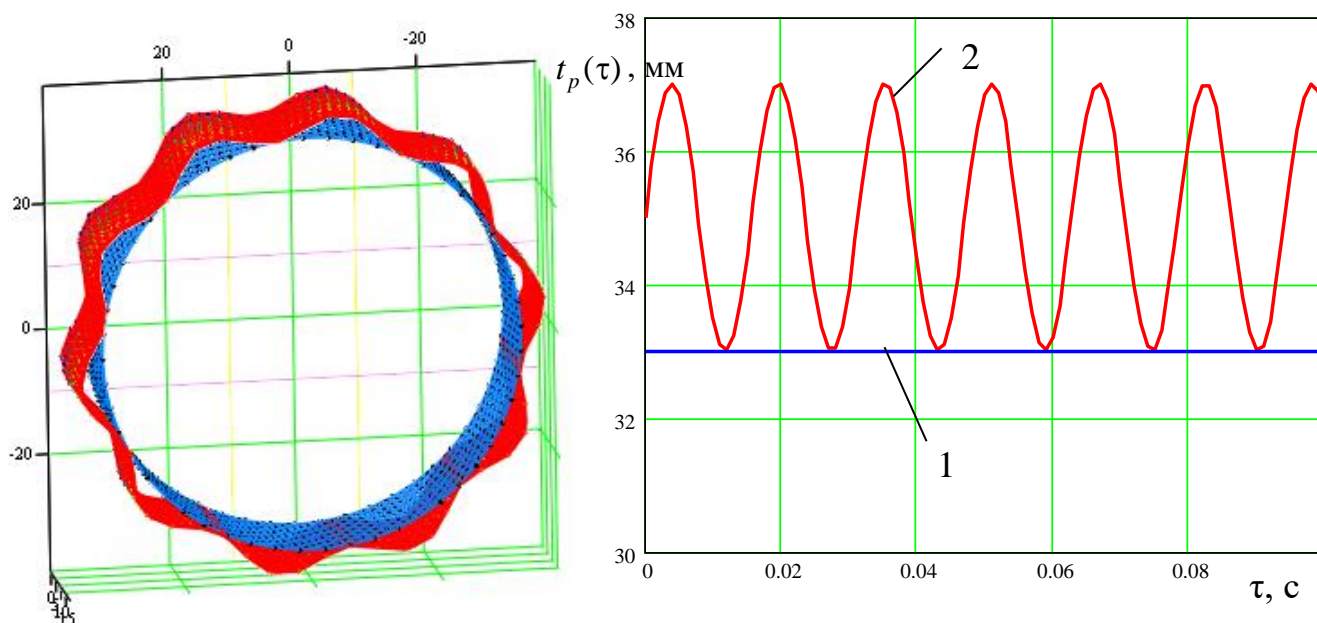


Рисунок 2.2 - Графіки зміни глибини різання при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні: 1 – радіус токарної обробки, 2 – шар металу, що зрізається

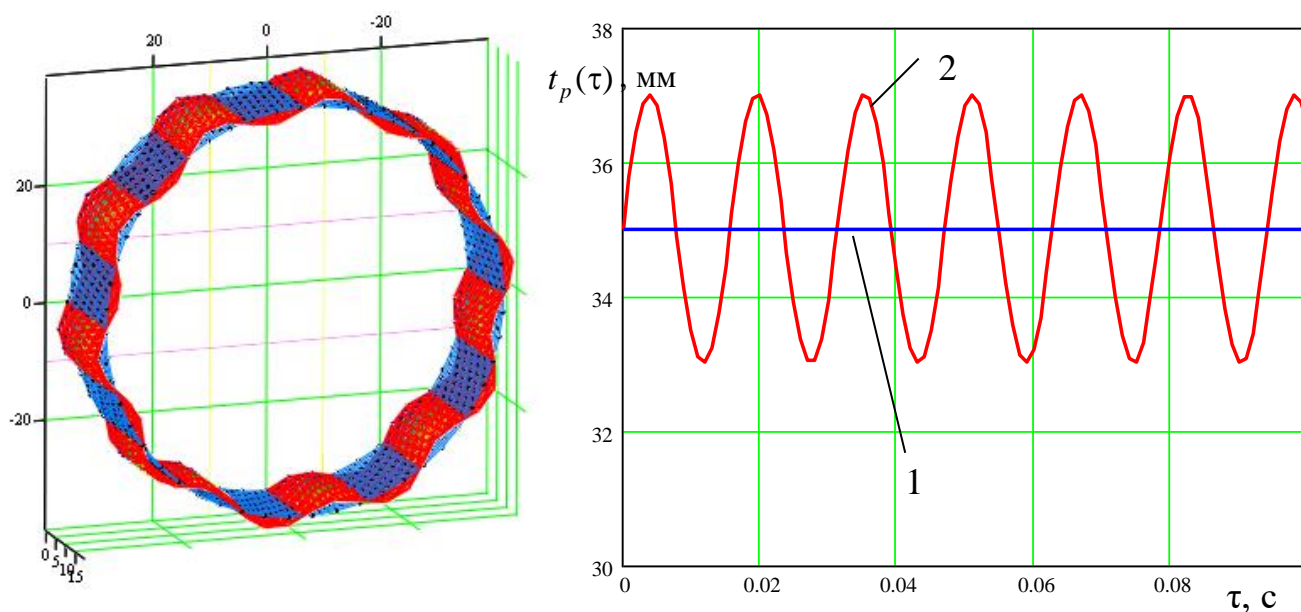


Рисунок 2.3 - Графіки зміни глибини різання при токарній обробці по середині виступів хвилястості: 1 – радіус токарної обробки, 2 – шар металу, що зрізається

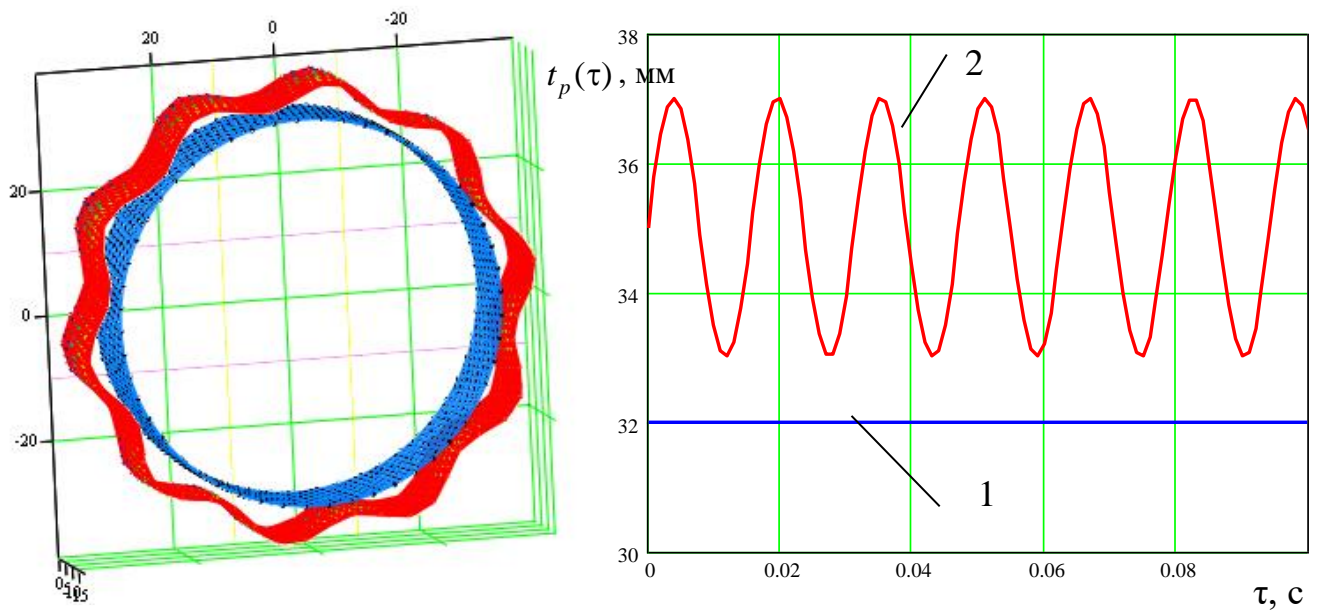


Рисунок 2.4 - Графіки зміни глибини різання при токарній обробці нижче впадин хвилястості: 1 – радіус токарної обробки, 2 – шар металу, що зрізається

2. Геометричне відхилення поверхні заготовки від ідеальної поверхні, пов'язане із ексцентриситетом циліндричної поверхні. Графіки зміни глибини різання при токарній обробці такої поверхні представлено на рисунку 2.5.

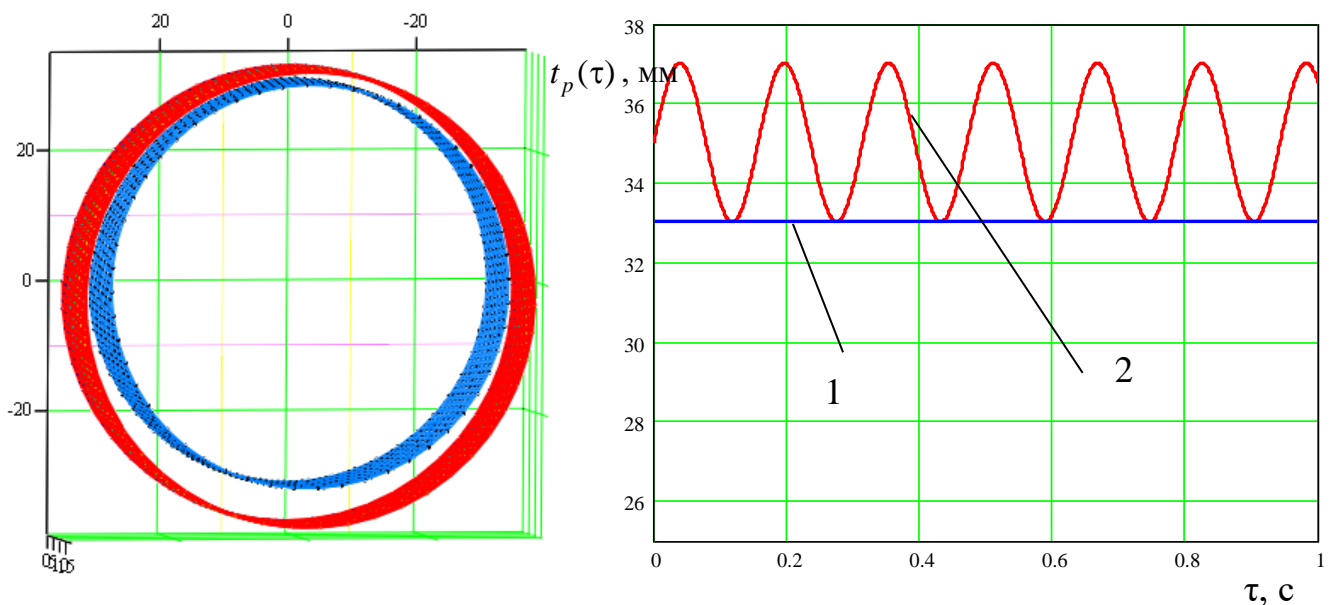


Рисунок 2.5 - Графіки зміни глибини різання при токарній обробці циліндричної поверхні із ексцентриситетом: 1 – радіус токарної обробки, 2 – шар металу, що зрізається

3. Геометричне відхилення поверхні заготовки від ідеальної поверхні, пов'язане із огранкою циліндричної поверхні. Графіки зміни глибини різання при токарній обробці такої поверхні представлено на рисунку 2.6.

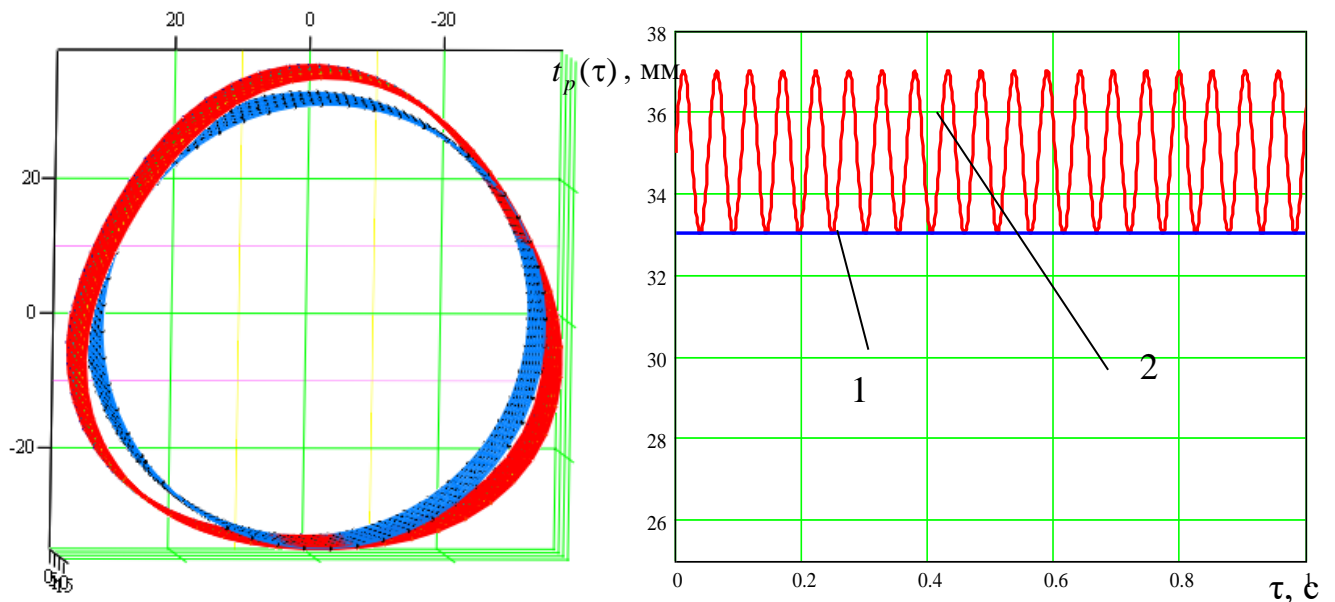


Рисунок 2.6 - Графіки зміни глибини різання при токарній обробці циліндричної поверхні із огранкою: 1 – радіус токарної обробки, 2 – шар металу, що зрізається

4. Геометричне відхилення поверхні заготовки від ідеальної поверхні, пов'язане із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки. Графіки зміни глибини різання при токарній обробці таких поверхонь представлено на рисунках 2.7, 2.8, 2.9. На рисунках 2.7 та 2.8 показано хвилястість вздовж осі заготовки, на рисунку 2.9 – конусність заготовки.

5. Геометричне відхилення поверхні заготовки від ідеальної поверхні, пов'язане із поєднанням різних відхилень. Графіки зміни глибини різання при токарній обробці таких поверхонь представлено на рисунках 2.10, 2.11. На рисунку 2.10 показано графіки зміни глибини різання при поєднанні огранки та хвилястості оброблюваної поверхні. На рисунку 2.11 показано графіки зміни глибини різання при поєднанні огранки, хвилястості та шорсткості оброблюваної поверхні.

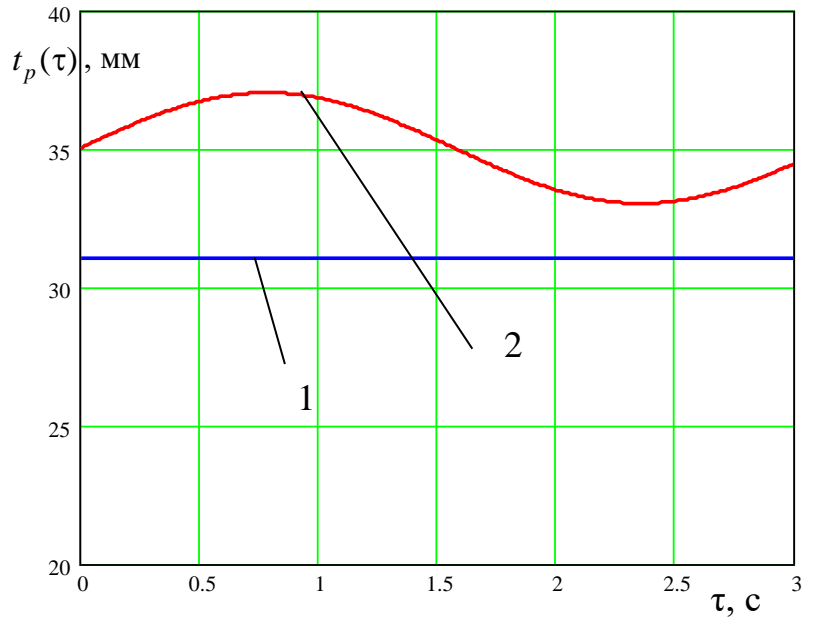
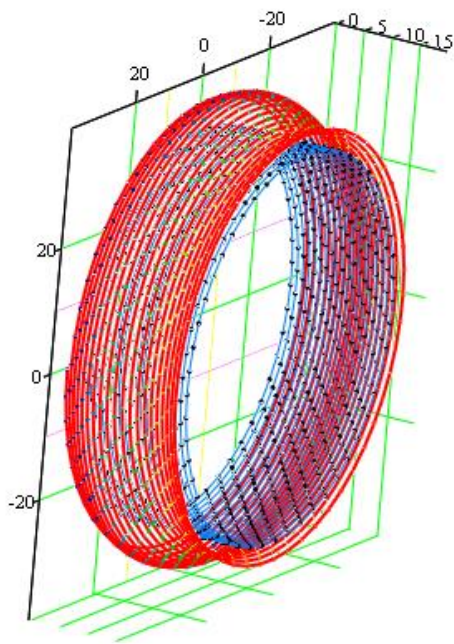


Рисунок 2.7 - Графіки зміни глибини різання при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки: 1 – радіус токарної обробки, 2 – шар металу, що зрізається

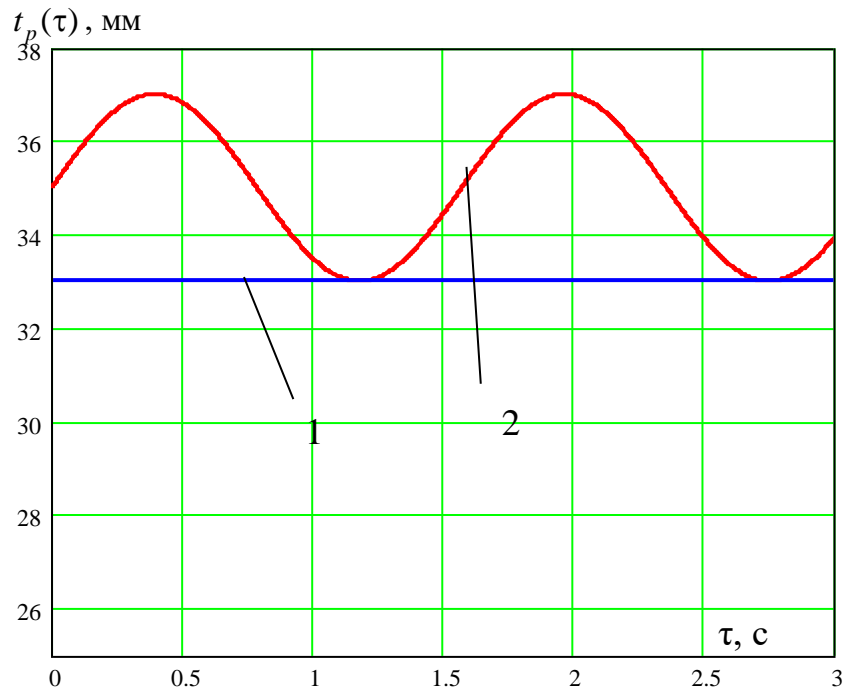
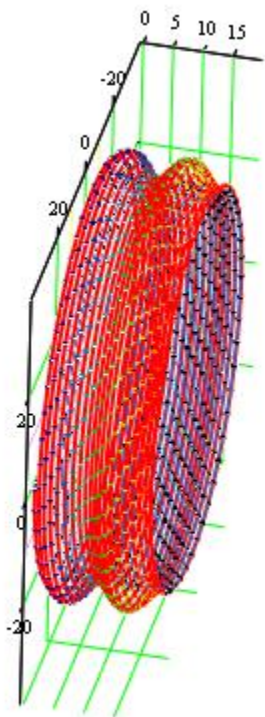


Рисунок 2.8 - Графіки зміни глибини різання при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки: 1 – радіус токарної обробки, 2 – шар металу, що зрізається

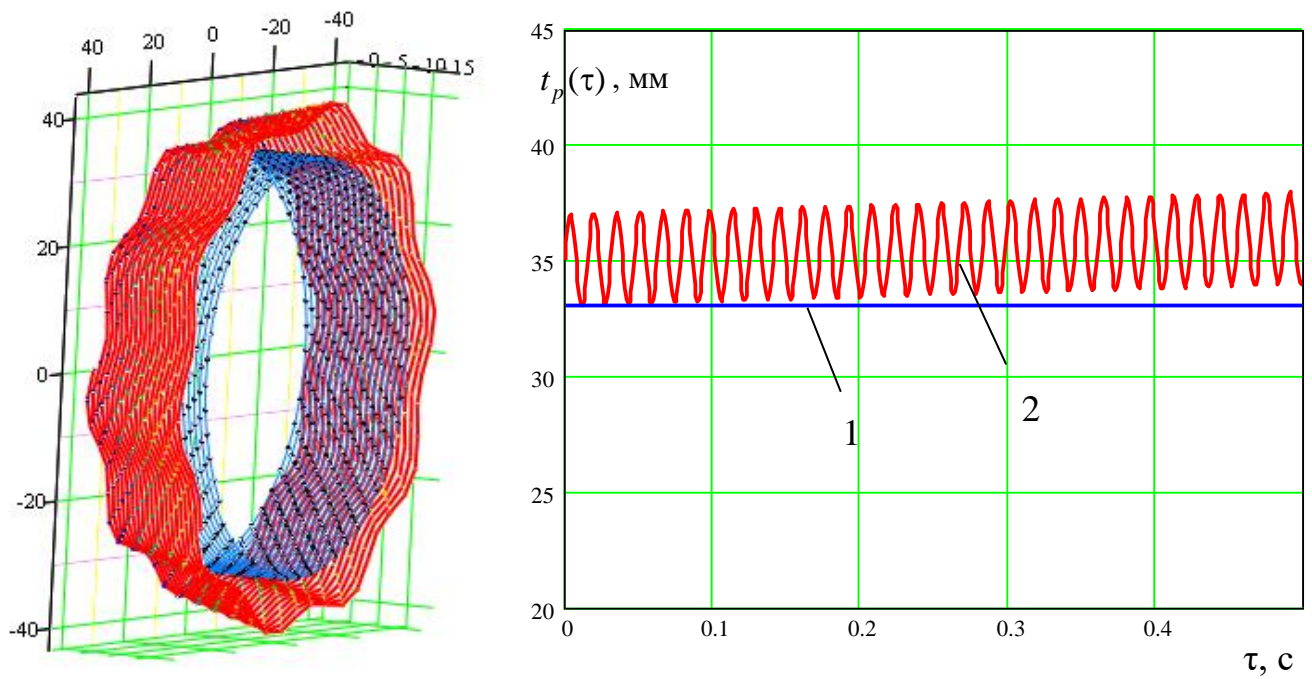


Рисунок 2.9 - Графіки зміни глибини різання при токарній обробці циліндричної поверхні із конусністю: 1 – радіус токарної обробки, 2 – шар металу, що зрізається

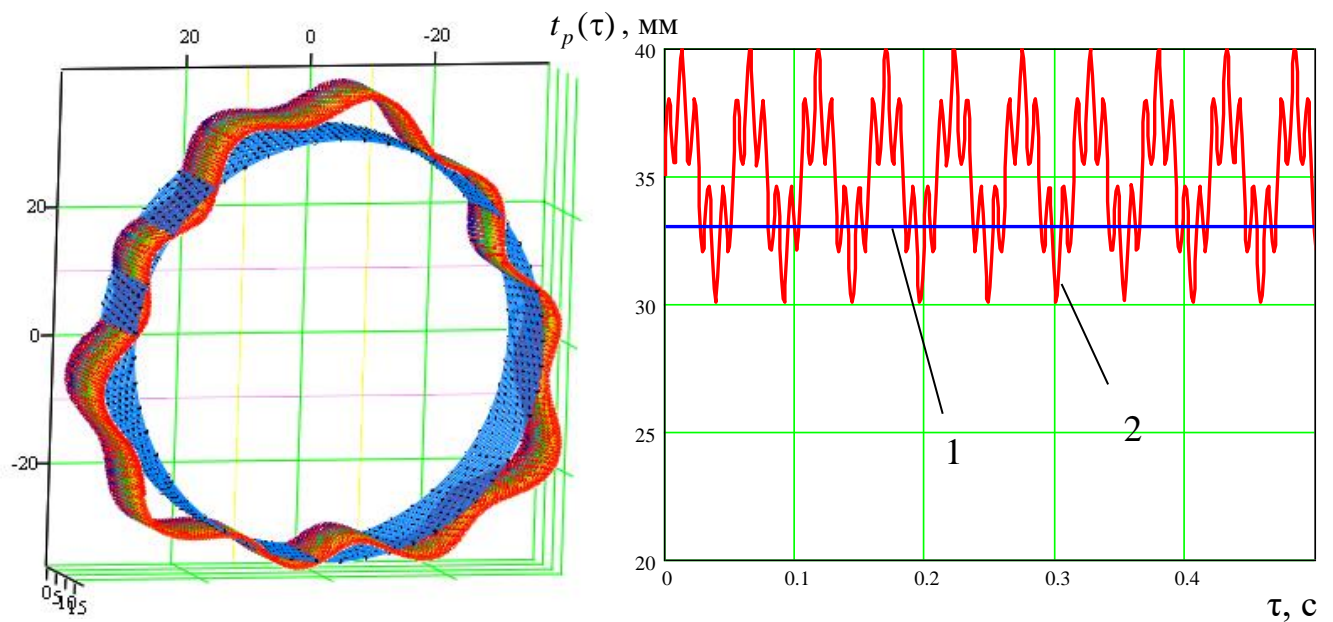


Рисунок 2.10 - Графіки зміни глибини різання при токарній обробці циліндричної поверхні із поєднаною огранкою та хвилястістю оброблюваної поверхні: 1 – радіус токарної обробки, 2 – шар металу, що зрізається

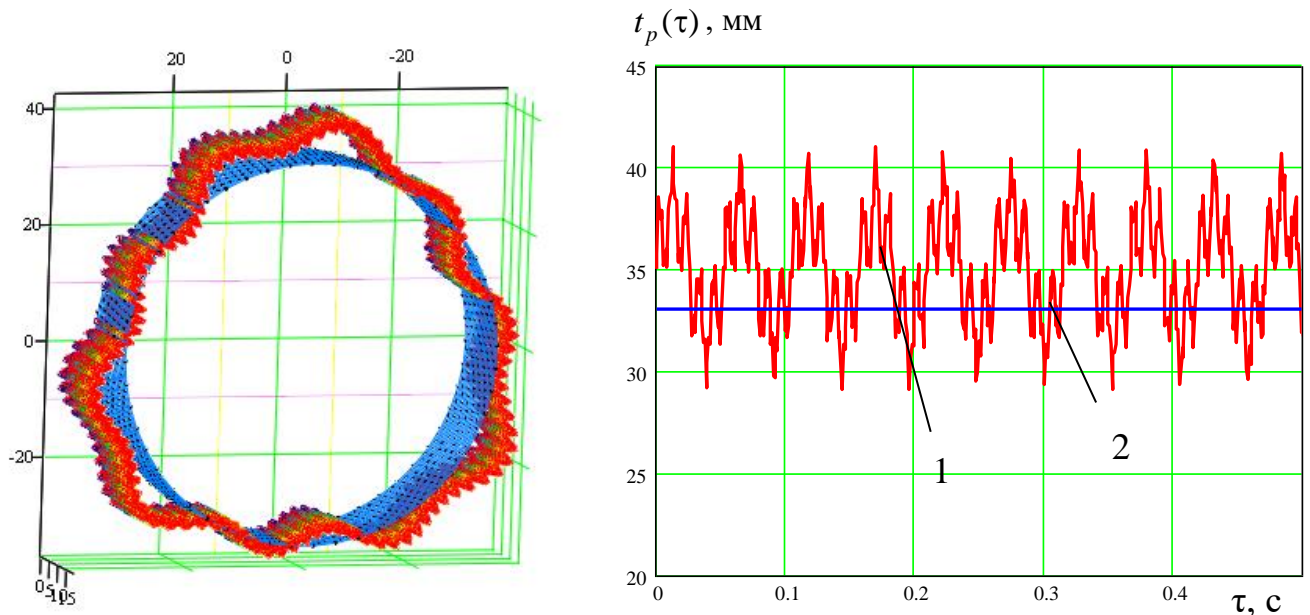


Рисунок 2.11 - Графіки зміни глибини різання при токарній обробці циліндричної поверхні із поєднаною огранкою, хвилястістю та шорсткістю оброблюваної поверхні: 1 – радіус токарної обробки, 2 – шар металу, що зрізається

В результаті розв'язку системи диференціальних рівнянь (2.12) із використанням розробленого алгоритму та підпрограми побудовано графіки, де показано залежності величини деформації токарного прохідного різця при токарній обробці: по впадинах хвилястості поверхні для рис. 2.2 (рис. 2.12), при токарній обробці циліндричної поверхні із ексцентриситетом для рис. 2.5 (рис. 2.13), при токарній обробці циліндричної поверхні із огранкою для рис. 2.6 (рис. 2.14), при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки для рис. 2.8 (рис. 2.15). Також побудовано залежності швидкості деформації токарного прохідного різця при токарній обробці: по впадинах хвилястості поверхні для рис. 2.2 (рис. 2.16), при токарній обробці циліндричної поверхні із ексцентриситетом для рис. 2.5 (рис. 2.17), при токарній обробці циліндричної поверхні із огранкою для рис. 2.6 (рис. 2.18), при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки для рис. 2.8 (рис. 2.19). Для усіх випадків встановлювалась однакова максимальна глибина різання.

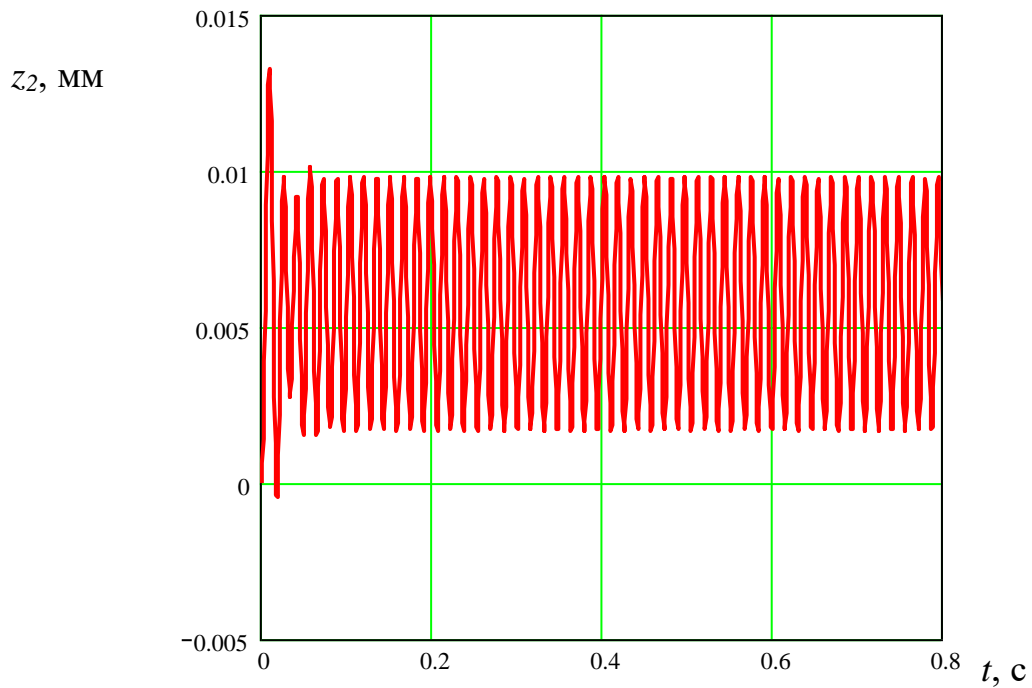


Рисунок 2.12 - Графік зміни величини деформації токарного прохідного різця при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні в напрямку осі z в часі

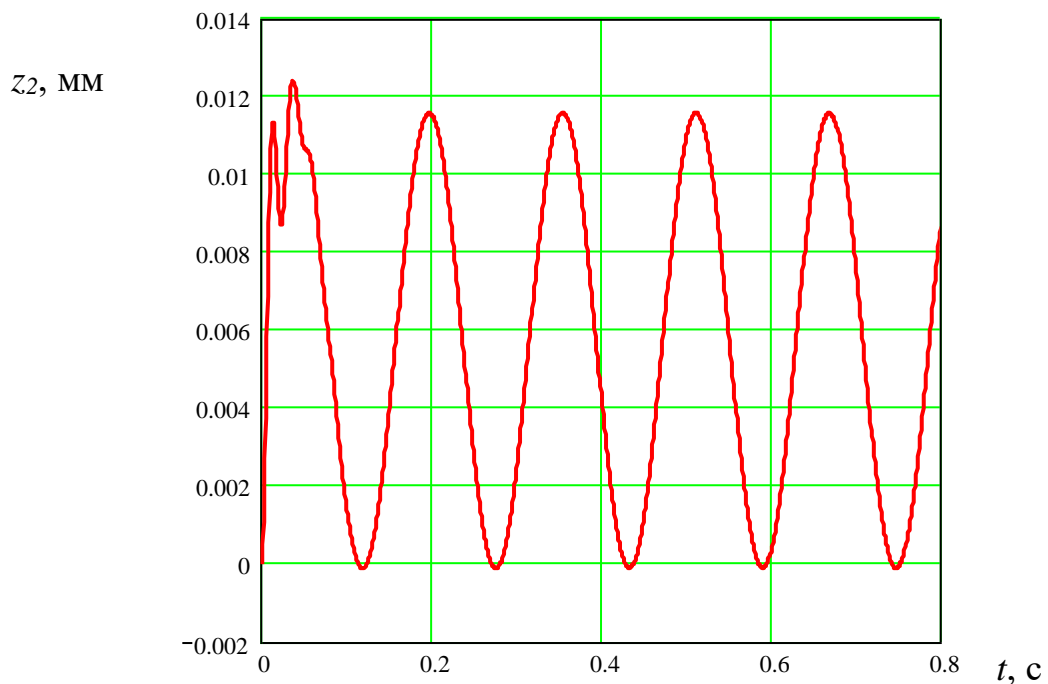


Рисунок 2.13 - Графік зміни величини деформації токарного прохідного різця при токарній обробці циліндричної поверхні із ексцентриситетом в напрямку осі z в часі

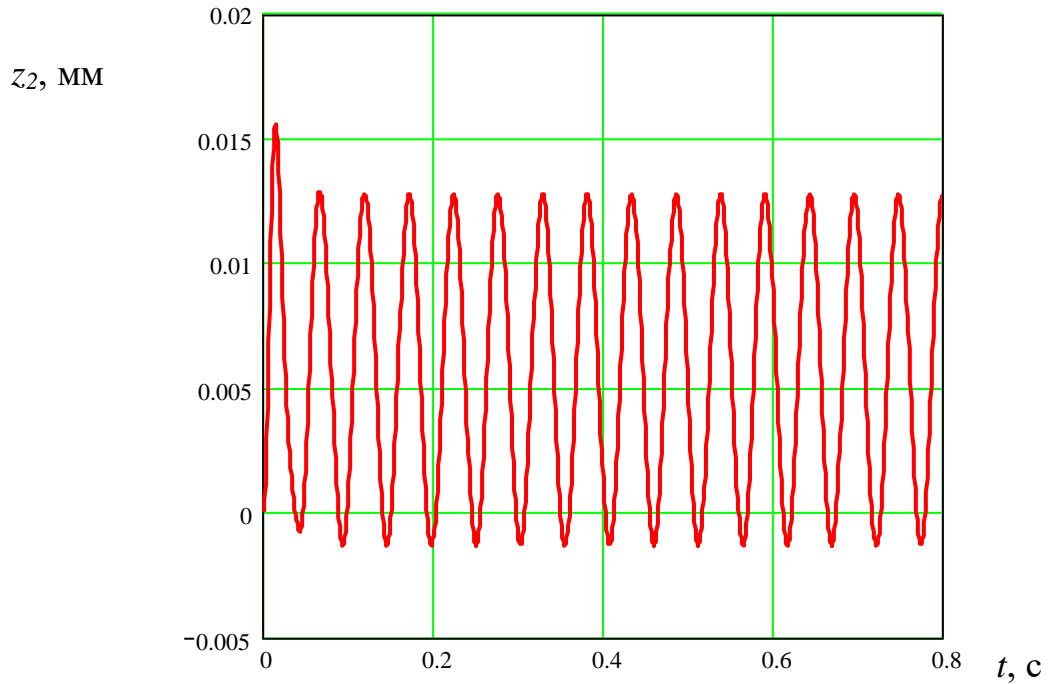


Рисунок 2.14 - Графік зміни величини деформації токарного прохідного різця при токарній обробці циліндричної поверхні із огранкою в напрямку осі z в часі

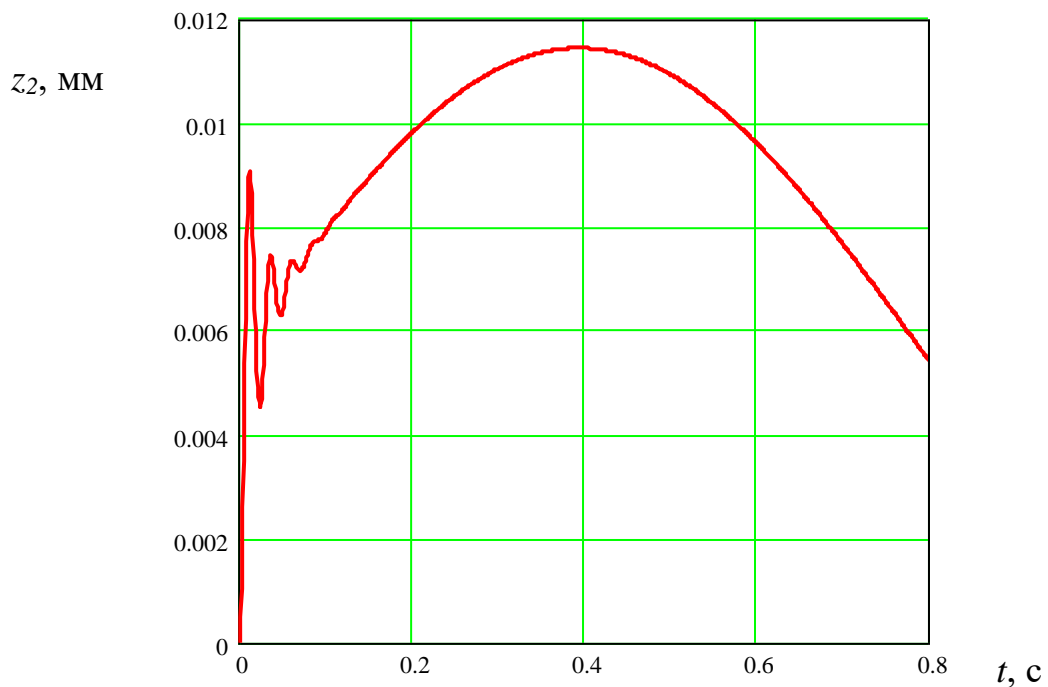


Рисунок 2.15 - Графік зміни величини деформації токарного прохідного різця при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки в напрямку осі z в часі

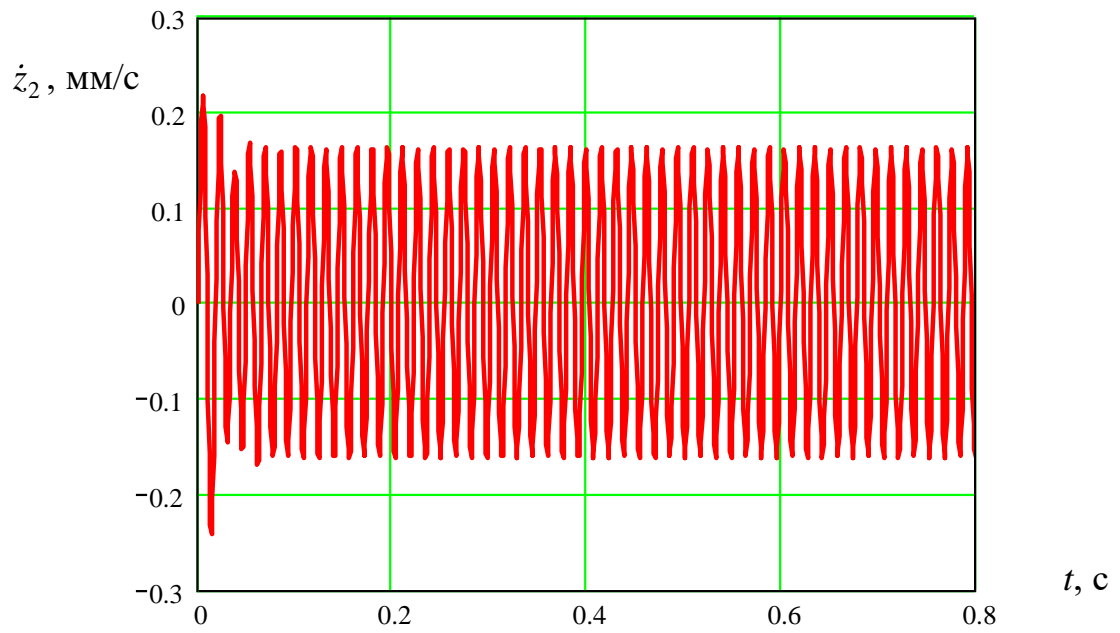


Рисунок 2.16 - Графік зміни величини швидкості деформації токарного прохідного різця при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні в напрямку осі z в часі

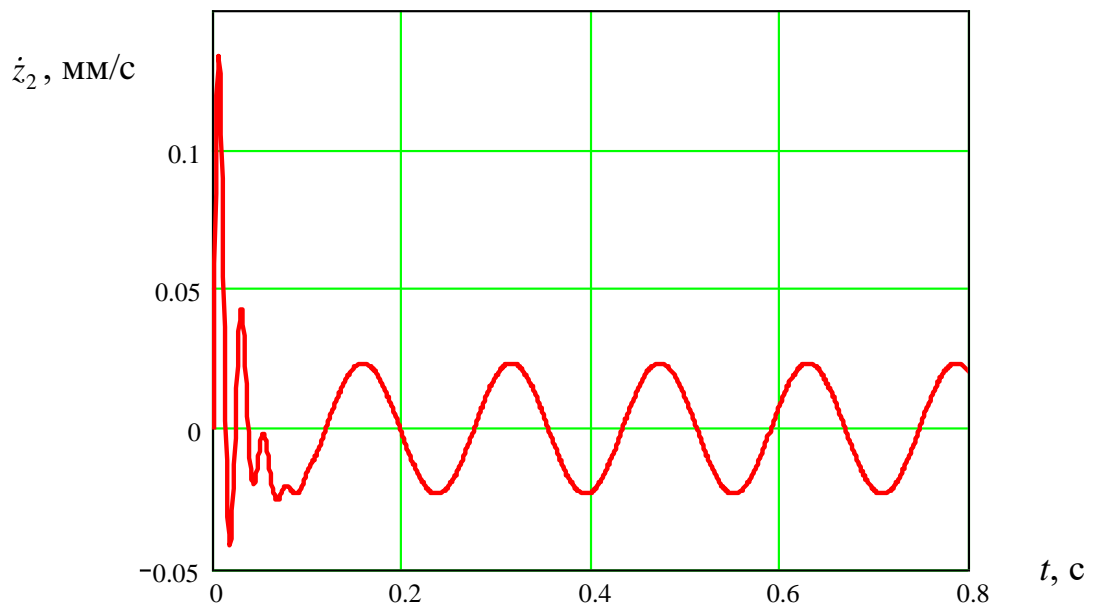


Рисунок 2.17 - Графік зміни величини швидкості деформації токарного прохідного різця при токарній обробці циліндричної поверхні із ексцентриситетом в напрямку осі z в часі

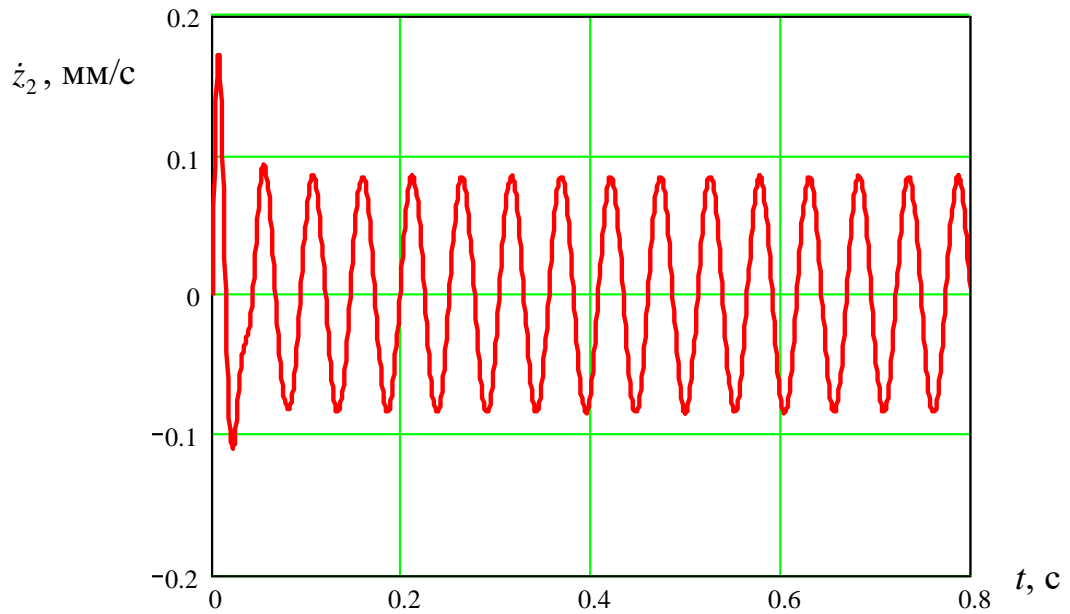


Рисунок 2.18 - Графік зміни величини швидкості деформації токарного прохідного різця при токарній обробці циліндричної поверхні із огранкою в напрямку осі z в часі

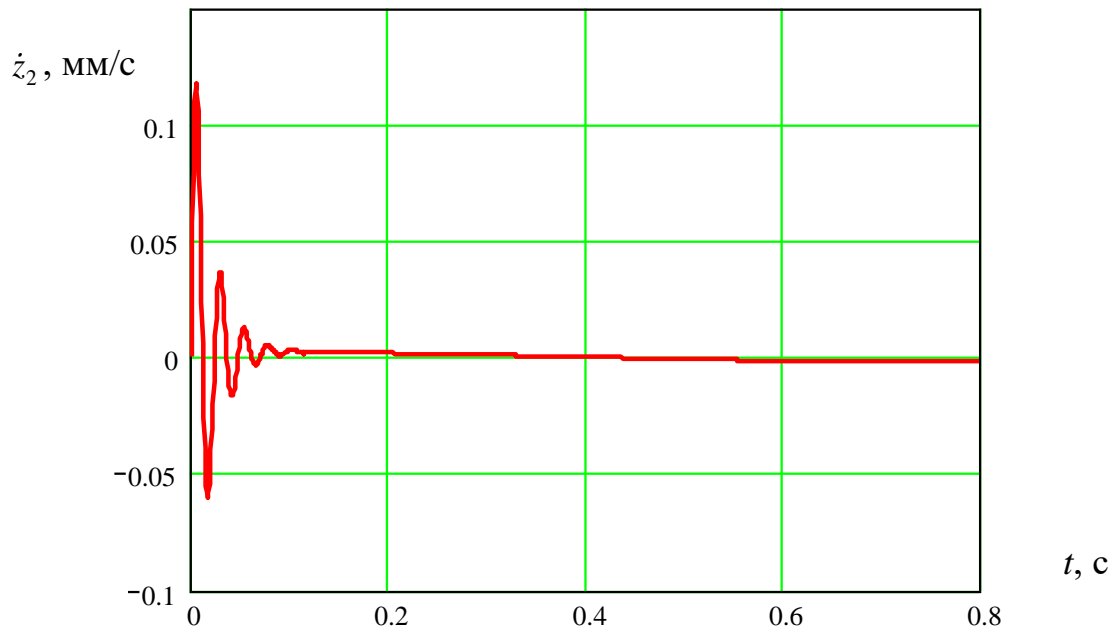


Рисунок 2.19 - Графік зміни величини швидкості деформації токарного прохідного різця при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки в напрямку осі z в часі

Складові системи рівнянь (2.12) визначались на основі аналітичних методів а також на основі даних експериментальних досліджень щодо приведених коефіцієнтів жорсткості та коефіцієнтів демпфування. На основі побудованих графіків (рис. 2.12 – рис. 2.15) встановлено, що найбільша частота коливань токарного прохідного різця виникає при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні, а найменша - при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки.

Найбільша амплітуда коливань різця виникає в початковий момент врізання у заготовку і досягає максимального значення 0,015 мм при токарній обробці циліндричної поверхні із огранкою і мінімального значення 0,011 мм при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки. Найменша амплітуда коливань при усталеному процесі різання виникає при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні і становить 0,004 мм, а найбільша – 0,007 мм при токарній обробці циліндричної поверхні із огранкою.

Найбільша швидкість деформації токарного прохідного різця досягається при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні і становить 0,21 мм/с, а найменша швидкість - 0,12 мм/с при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки.

Отже, найменші динамічні навантаження на різець виникають при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні, що забезпечує найвищу точність деталі після обробки.

2.2. Висновки

В розділі проведено дослідження динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання. Встановлено, що зміна глибини різання пов'язана як із зміною геометричних параметрів заготовки, так і особливостями наданій траєкторії руху вершини різця відносно заготовки. Розроблено ідеалізовану механічну модель, до якої включено заготовку із змінною поверхнею, токарний

прохідний різець, затискний патрон верстата, різцетримач. Виведено систему диференціальних рівнянь, що описують коливання елементів еквівалентної багатомасової системи, яку розв'язано числовим методом. При дослідженні динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання розглянуто випадки геометричного відхилення поверхні заготовки від ідеальної поверхні, пов'язане із хвилястістю поверхні, із ексцентриситетом циліндричної поверхні, із огранкою циліндричної поверхні, із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки, із поєднанням огранки, хвилястості та шорсткості оброблюваної поверхні. При цьому розв'язок представлено у вигляді числових даних та графіків. На основі побудованих графіків встановлено, що найбільша частота коливань токарного прохідного різця виникає при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні, а найменша - при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки.

Найбільша амплітуда коливань різця виникає в початковий момент врізання у заготовку і досягає максимального значення 0,015 мм при токарній обробці циліндричної поверхні із огранкою і мінімального значення 0,011 мм при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки. Найменша амплітуда коливань при усталеному процесі різання виникає при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні і становить 0,004 мм, а найбільша – 0,007 мм при токарній обробці циліндричної поверхні із огранкою.

Найбільша швидкість деформації токарного прохідного різця досягається при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні і становить 0,21 мм/с, а найменша швидкість - 0,12 мм/с при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки.

Отже, найменші динамічні навантаження на різець виникають при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні, що забезпечує найвищу точність деталі після обробки.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Аналіз технологічності деталі

Визначення показників технологічності корпусу АЛАЯ 732.141.714 ґрунтуються на числових даних, приведених в таблиці 1.1.

Розрахунок коефіцієнта точності обробки корпусу АЛАЯ 732.141.714:

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{cp}}}, \quad (3.1)$$
$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 42 + 13 \cdot 5 + 7 \cdot 7}{54} = 13,01;$$
$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{13,01} = 0,92.$$

Якщо $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$, то корпус АЛАЯ 732.141.714 є технологічним.

Розрахунок коефіцієнта шорсткості поверхонь корпусу АЛАЯ 732.141.714:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{cp}}}, \quad (3.2)$$
$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 2 + 4 \cdot 10 + 3 \cdot 42}{54} = 3,26,$$
$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{3,26} = 0,31.$$

Якщо $K_{\text{ш}} = 0,31 > 0,16$, то корпус АЛАЯ 732.141.714 є технологічним.

Розрахунок коефіцієнта уніфікації конструктивних елементів корпусу АЛАЯ 732.141.714

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_e} = \frac{50}{54} = 0,93. \quad (3.3)$$

Якщо $K_{\text{у.е.}} = 0,93 > 0,6$, то корпус АЛАЯ 732.141.714 є технологічним.

На основі одержаних розрахунків встановлено, що деталь “Корпус” АЛАЯ 732.141.714 є технологічною і немає потреби щодо зміни її конструкції, технічних вимог, матеріалу.

3.2. Вибір способу одержання заготовки

Існують різноманітні способи виготовлення заготовки корпуса АЛАЯ 732.141.714, серед яких приділено увагу двом способам:

- 1) литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин;
- 2) литво у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей.

Розрахунки припусків для корпуса АЛАЯ 732.141.714 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.1).

Формули для розрахунку об’єму та маси заготовок:

$$Q = q + m_{\text{пр}}, \quad (3.4)$$

$q = 0,49$ – маса деталі, кг;

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho. \quad (3.5)$$

Таблиця 3.1 – Припуски корпуса АЛАЯ 732.141.714

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) литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин – 7 клас; ряд – 1				
Зовнішня поверхня 250	Rz52	1,4	Не підлягає механічній обробці	250±0,7
Зовнішня поверхня 175	Rz52	1,4	Не підлягає механічній обробці	175±0,7

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Торцева поверхня 24h14 _(-0,52)	Ra12,7	0,8	1,0	25±0,4
Отвір Ø14H14 ^(+0,43) ; 180±0,2	Ra12,7	0,7	1,0 × 2 = 2,0	Ø12±0,35
Отвір Ø12H7 ^(+0,018) ; l=4	Ra2,7	0,7	1,4 × 2 = 2,8	Ø9,2±0,35
2) литво у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей – 11 клас; ряд– 3.				
Зовнішня поверхня 250	Rz52	5,6	Не підлягає механічній обробці	250±2,8
Зовнішня поверхня 175	Rz52	5,6	Не підлягає механічній обробці	175±2,8
Торцева поверхня 24h14 _(-0,52)	Ra12,7	3,2	3,4	27,4±1,6

Об'єми циліндричних та призматичних частин деталі:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}, \quad V_{\text{пр}} = B \cdot L \cdot H, \quad (3.6)$$

Визначаємо об'єм припусків:

– литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$V_{\text{пр1}} = 7 \cdot 664,6 \cdot 1 = 4652,2 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = 3 \cdot 664,6 \cdot 5 = 9969 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (14^2 - 12^2) \cdot 2}{4} = 204,1 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (20^2 - 12^2) \cdot 5}{4} = 10,903 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot (12^2 - 9,2^2) \cdot 6}{4} = 559,17 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = 12 \cdot \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 8}{4} = 471 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 6,5}{4} = 127,56 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 3,3^2 \cdot 7}{4} = 119,68 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр9}} = \frac{\pi \cdot 3,3^2 \cdot 9,5}{4} = 24,61 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр10}} = \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 9}{4} = 44,16 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр11}} = \frac{\pi \cdot 3,3^2 \cdot 6}{4} = 51,29 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр12}} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 3}{4} = 37,68 \text{ мм}^3;$$

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

$$\begin{aligned} \sum V_{\text{прi}} &= 4652,2 + 9969 + 204,1 + 10,903 + 559,17 + 471 + 127,56 + \\ &+ 119,68 + 24,61 + 44,16 + 51,29 + 37,68 = 16271,353 \text{ мм}^3 = 16,27 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

- литво у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей:

$$V_{\text{пр1}} = 7 \cdot 664,6 \cdot 3,4 = 15817,48 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = 3 \cdot 664,6 \cdot 5 = 9969 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot 14^2 \cdot 2}{4} = 307,72 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot 20^2 \cdot 5}{4} = 1570 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 12^2 \cdot 6}{4} = 1356,48 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = 12 \cdot \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 8}{4} = 471 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 6,5}{4} = 127,56 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 3,3^2 \cdot 7}{4} = 119,68 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр9}} = \frac{\pi \cdot 3,3^2 \cdot 9,5}{4} = 24,61 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр10}} = \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 9}{4} = 44,16 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр11}} = \frac{\pi \cdot 3,3^2 \cdot 6}{4} = 51,29 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр12}} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 3}{4} = 37,68 \text{ мм}^3;$$

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

$$\begin{aligned} \sum V_{\text{пр2}} &= 15817,48 + 9969 + 307,72 + 1570 + 1356,48 + 471 + 127,56 + \\ &+ 119,68 + 24,61 + 44,16 + 51,29 + 37,68 = 29896,66 \text{ мм}^3 = 29,9 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Загальні маси припусків:

– литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$m_{\text{пр1}} = 16,27 \cdot 2,6 = 42,302 \text{ г} = 0,042 \text{ кг.}$$

– литво у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей:

$$m_{\text{пр2}} = 29,9 \cdot 2,6 = 77,74 \text{ г} = 0,078 \text{ кг.}$$

На основі попередніх розрахунків визначаємо маси заготовок:

– литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$Q_1 = 0,49 + 0,042 = 0,532 \text{ кг.}$$

– литво у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей

$$Q_2 = 0,49 + 0,078 = 0,568 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (3.7)$$

– для литва під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,49}{0,532} = 0,92.$$

– для литва у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,49}{0,568} = 0,86.$$

Порівнюючи коефіцієнти використання матеріалу, для виготовлення заготовки використовуємо литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин.

3.4. Формування технологічного процесу

Порівняння двох маршрутів механічної обробки корпусу АЛЯЯ 732.141.714 із вибором оптимального надано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняння двох маршрутів механічної обробки корпусу АЛЯЯ 732.141.714

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1	Зовнішня поверхня 250 × 175	7 клас точності розмірів і мас	Rz 52	Не підлягає обробці різанням	–

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
2	Криволінійний торцевий паз $b=3H14^{(+0,3)}$; $5\pm 0,1$	14	Ra 12,7	Фрезерування кінцевою фрезою	—
3	Торцева поверхня $24h14_{(-0,52)}$	14	Ra 12,7	Фрезерування торцевою фрезою	—
4	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 14H14^{(+0,43)}$; $180\pm 0,2$	14	Ra 12,7	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
5	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 20H14^{(+0,52)}$; $180\pm 0,2$	14	Ra 12,7	Цекування	—
6, 7	Два наскрізних отвори $\varnothing 12H7^{(+0,018)}$; $l=4$	7	Ra 1,6	Зенкерування Розвертання чорнове Розвертання чистове	—
8-11	Чотири глухих отвори $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$; $l=6,5$	14	Ra 12,7	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
12-15	Чотири внутрішні фаски $0,5\times 45^\circ$	14	Ra 12,7	Формування при свердлінні комбінованим інструментом	Зенкування
16-27	Дванадцять глухих отворів $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$; $l=8$	14	Ra 12,7	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
28-39	Дванадцять внутрішніх фасок $0,5\times 45^\circ$	14	Ra 12,7	Формування при свердлінні комбінованим інструментом	Зенкування
40	Отвір глухий під різь МЗ-7Н $\varnothing 2,5^{+0,14}$; $l=9$	13	Ra 6,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
41	Внутрішня фаска $0,5\times 45^\circ$	14	Ra 12,7	Формування при свердлінні комбінованим інструментом	Зенкування
42	Різовий глухий отвір МЗ-7Н; $l=6$	(7)	Ra 6,5	Нарізання різі мітчиком	—

Закінчення таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
43	Отвір глухий під різь М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $l=9,5$	13	Ra 6,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
44	Внутрішня фаска $0,5 \times 45^\circ$	14	Ra 12,7	Формування при свердлінні комбінованим інструментом	Зенкування
45	Різовий глухий отвір М4-7Н; $l=6$	(7)	Ra 6,5	Нарізання різі мітчиком	—
46, 47	Два наскрізних отвори під різь М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $237 \pm 0,2$	13	Ra 6,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
48, 49	Дві внутрішні фаски $2 \times 45^\circ$	14	Ra 12,7	Зенкування	—
50, 51	Два наскрізних різевих отвори М4-7Н	(7)	Ra 6,5	Нарізання різі мітчиком	—
52	Наскрізний отвір під різь М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $12 \pm 0,5$	13	Ra 6,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
53	Внутрішня фаска $0,5 \times 45^\circ$	14	Ra 12,7	Формування при свердлінні комбінованим інструментом	Зенкування
54	Різовий отвір М4-7Н	(7)	Ra 6,5	Нарізання різі мітчиком	—
55	Наскрізний отвір $\varnothing 4H14^{(+0,3)}$; $14 \pm 0,2$	14	Ra 12,7	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору

Оптимальний маршрут обробки корпусу АЛАЯ 732.141.714.

005. Програмна з ЧПК.

1. Фрезерувати остаточно торець 3, витримуючи розмір $24_{-0,52}$.
2. Центрувати двадцять один отвір 8-11, 16-27, 40, 43, 46, 47, витримуючи розміри $\varnothing 1,0^{+0,10}$; $\varnothing 2,12^{+0,12}$; 1,3; $0,97^{+0,06}$; $104 \pm 0,2$; $46 \pm 0,2$; $138 \pm 0,2$; $130 \pm 0,2$; $237 \pm 0,2$ по програмі.
3. Свердлити технологічний отвір, витримуючи розміри $\varnothing 3^{+0,14}$; $l=4 \pm 0,1$; R9,75.

4. Фрезерувати торцевий криволінійний паз 2 по контуру, витримуючи розміри $3^{+0,3}$; $241,2\pm 0,3$; $166,2\pm 0,3$ по програмі.
5. Свердлити сімнадцять отворів 8-11, 16-27, 40, витримуючи розміри $\varnothing 2,5^{+0,14}$; $8\pm 0,2$; $6,5\pm 0,2$; $104\pm 0,2$; $46\pm 0,2$; $138\pm 0,2$; $130\pm 0,2$; $87\pm 0,2$ по програмі.
6. Свердлити три отвори 43, 46, 47, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $9,5\pm 0,2$; $7\pm 0,2$; $237\pm 0,2$; $17,5\pm 0,2$ по програмі.
7. Зенкувати двадцять фасок 12-15, 28-39, 41, 44, 48, 49, витримуючи розміри $0,5\times 45^\circ$; $2\times 45^\circ$ по програмі.
8. Нарізати різь 42 в глухому отворі, витримуючи розміри М3-7Н; $l= 6$; $87\pm 0,2$.
9. Нарізати різь 44, 50, 51 в трьох отворах, витримуючи розміри М4-7Н; $l= 6$; $87\pm 0,2$; $237\pm 0,2$; $17,5\pm 0,2$.
10. Зенкерувати два наскрізних отвори 6, 7, витримуючи розміри $\varnothing 11,8^{+0,18}$; $6\pm 0,2$; $180\pm 0,2$ по програмі.
11. Розвернути попередньо два наскрізних отвори 6, 7, витримуючи розміри $\varnothing 11,958^{+0,043}$; $6\pm 0,2$; $180\pm 0,2$ по програмі.
12. Розвернути остаточно два наскрізних отвори 6, 7, витримуючи розміри $\varnothing 12^{+0,018}$; $6\pm 0,2$; $180\pm 0,2$ по програмі.
13. Розкріпити деталь, зняти.
14. Перевірити розміри: $24_{-0,52}$; $3^{+0,3}$; $241,2\pm 0,3$; $166,2\pm 0,3$; $\varnothing 2,5^{+0,14}$; $8\pm 0,2$; $6,5\pm 0,2$; $104\pm 0,2$; $46\pm 0,2$; $138\pm 0,2$; $130\pm 0,2$; М3-7Н; $l=6$; М4-7Н; $l=6$; $87\pm 0,2$; $237\pm 0,2$; $17,5\pm 0,2$; $\varnothing 12^{+0,018}$; $6\pm 0,2$; $180\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$; $2\times 45^\circ$.

Контроль 30%.

010. Свердлильна з ЧПК

1. Розсвердлити отвір 4, витримуючи розміри $\varnothing 14^{+0,43}$; $180\pm 0,2$.
2. Цекувати отвір 5, витримуючи розміри $\varnothing 20^{+0,52}$; $180\pm 0,2$.

Перевірити розміри: $\varnothing 14^{+0,43}$; $\varnothing 20^{+0,52}$; $180\pm 0,2$. Контроль 30%.

015. Вертикально-свердлильна

1. Свердлити отвір 55, витримуючи розмір $\varnothing 4^{+0,3}$; $14\pm 0,2$.

Перевірити розміри: $\varnothing 4^{+0,3}$; $14 \pm 0,2$. Контроль 30%.

020. Вертикально-свердлильна

1. Свердлити отвір 52 під різь М4-7Н з одночасним формуванням фаски 53, витримуючи розмір $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $12 \pm 0,2$; $0,5 \times 45^\circ$.

Перевірити розміри: $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $12 \pm 0,2$; $0,5 \times 45^\circ$. Контроль 30%.

025. Різенарізна

1. Нарізати різь 54, витримуючи розмір М4-7Н; $12 \pm 0,2$.

Перевірити розміри: М4-7Н; $12 \pm 0,2$. Контроль 30%.

030. Контроль.

3.5. Визначення припусків на оброблення

Розрахунки припусків для корпусу АЛАЯ 732.141.714 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4 – Розрахункові припуски

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 24h14 _(-0,52)					
Фрезерування торцевою фрезою	14	Ra12,7	0,62	1,0	24 _{-0,52}
Заготовка	7-мий кл.	R _z 52	0,8	–	25 \pm 0,4
Отвір $\varnothing 14H14^{(+0,43)}$;					
Розсвердлювання	14	Ra12,7	0,52	1,0 \times 2 = 2,0	$\varnothing 14^{+0,43}$
Заготовка	7-мий кл.	R _z 52	0,7	2,0	$\varnothing 12 \pm 0,35$
Криволінійний торцевий паз b=3H14 ^(+0,3)					

Закінчення таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
Фрезерування кінцевою фрезею	14	Ra12,7	0,3	3	3 ^{+0,3}
Заготовка	7-мий кл.	Rz52	–	–	Суцільний матеріал

3.6. Визначення режимів різання

Режими різання для конкретних операцій, ріжучі та допоміжні інструменти, моделі обладнання представлено в додатках.

Розрахунки режимів різання для операцій обробки корпусу АЛАЯ 732.141.714 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Таблиця режимів різання для операцій обробки корпусу АЛАЯ 732.141.714

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _m , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S _m , мм/хв	T _о , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Операція 005. Програмна з ЧПК										
Перехід 2 Фрезерувати остаточно торець 3, витримуючи розмір 24 _{-0,52}	1,0	293	1	354	S _z , мм/зуб 0,2	764	598	3954	0,06	0,62
Перехід 3 Центрувати двадцять один отвір 8-11, 16-27, 40, 43, 46, 47, витримуючи розміри Ø1,0 ^{+0,10} ; Ø2,12 ^{+0,12} ; 1,3; 0,97 ^{+0,06} ; 104±0,2; 46±0,2; 138±0,2; 130±0,2; 237±0,2	0,5	5,27	21	17	0,14	2704	26,5	327	0,36	0,17
Перехід 4 Свердлити технологічний отвір, витримуючи розміри Ø3 ^{+0,14} ; l=4±0,1; R9,75	1,5	7,5	1	17	0,17	2004	18,85	325	0,022	0,04

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 5 Фрезерувати торцевий криволінійний паз 2 по контуру, витримуючи розміри $3^{+0,3}$; $241,2\pm 0,3$; $166,2\pm 0,3$ по програмі	3	670,1	1	34	S_z , мм/зуб 0,03	3154	320	379	1,78	0,09
Перехід 6 Свердлити сімнадцять отворів 8-11, 16-27, 40, витримуючи розміри $\varnothing 2,5^{+0,14}$; $8\pm 0,2$; $6,5\pm 0,2$; $104\pm 0,2$; $46\pm 0,2$; $138\pm 0,2$; $130\pm 0,2$; $87\pm 0,2$	1,25	11,5 9	12 5	12	0,14	2004	15,8	244	0,77	0,02
Перехід 7 Свердлити три отвори 43, 46, 47, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $9,5\pm 0,2$; $7\pm 0,2$; $237\pm 0,2$; $17,5\pm 0,2$ по програмі	1,65	13 11	3	17	0,18	2004	20,8	324	0,11	0,03
Перехід 8 Зенкувати двадцять фасок 12-15, 28-39, 41, 44, 48, 49, витримуючи розміри $0,5\times 45^\circ$; $2\times 45^\circ$	0,5	3	20	17	0,11	1404	35,1	144	0,44	0,08
Перехід 9 Нарізати різь 42 в глухому отворі, витримуючи розміри М3-7Н; $l=6$; $87\pm 0,2$	0,433	15,5	1	12	0,51	854	8	427	0,05	0,04
Перехід 10 Нарізати різь 44, 50, 51 в трьох отворах, витримуючи розміри М4-7Н; $l=6$; $87\pm 0,2$; $237\pm 0,2$; $17,5\pm 0,2$	0,606	16,1	3	12	0,71	642	8	449	0,109	0,04
Перехід 11 Зенкерувати два наскрізних отвори 6, 7, витримуючи розміри $\varnothing 11,8^{+0,18}$; $6\pm 0,2$; $180\pm 0,2$ по програмі	0,485	11	2	27	0,36	604	22,1	211	0,106	0,06

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 12 Розвернути попередньо два наскрізних отвори 6, 7, витримуючи розміри $\varnothing 11,958^{+0,043}$; $6\pm 0,2$; $180\pm 0,2$ по програмі	0,1475	17	2	27	0,9	224	8,4	199	0,18	0,05
Перехід 13 Розвернути остаточно два наскрізних отвори 6, 7, витримуючи розміри $\varnothing 12^{+0,018}$; $6\pm 0,2$; $180\pm 0,2$ по програмі	0,0425	17	2	27	0,62	304	11,4	182	0,19	0,01
Операція 010. Свердлильна з ЧПК										
Перехід 2 Розсвердливати отвір 4, витримуючи розміри $\varnothing 14^{+0,43}$; $180\pm 0,2$	1,0	15	1	32	0,62	1254	56	754	0,021	0,1
Перехід 3 Цекувати отвір 5, витримуючи розміри $\varnothing 20^{+0,52}$; $180\pm 0,2$	3	9	1	42	0,21	504	31,4	102	0,08	0,14
Операція 015. Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердливати отвір 55, витримуючи розмір $\varnothing 4^{+0,3}$; $14\pm 0,2$	2	7	1	175	0,15	1402	17,7	197	0,05	0,05
Операція 020. Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердливати отвір 52 під різь М4-7Н з одночасним формуванням фаски 53, витримуючи розмір $\varnothing 3,3^{+0,16}$; $12\pm 0,2$; $0,5\times 45^\circ$	1,65	9	1	17	0,16	2004	20,8	322	0,04	0,03
Операція 025. Різенарізна										
Перехід 2 Нарізати різь 54, витри- муючи розмір М4-7Н; $12\pm 0,2$	0,606	18,2	1	12	0,72	644	8	447	0,04	0,05

Розрахунки технічних норм часу виготовлення корпусу АЛАЯ 732.141.714 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 – Норми часу виготовлення корпусу АЛАЯ 732.141.714

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			T _{оп} , хв	Час обслуговування, T _{об} , хв			T _{штг} , хв.	T _{п.з.} , хв.	п, шт	T _{штг.к.} , хв
		T _у .	T _{пер}	T _{вим}		T _{тех.об.}	T _{орг.об.}	T _{відп.}				
005 Програмна ЧПК	5,716	0,12	0,84	0,82	6,66	0,9324			7,59	75,75		7,88
010 Свердлильна з ЧПК	0,11										265	0,44
015 Вертикально-свердлильна	0,04											0,14
020 Вертикально-свердлильна	0,03											0,105
025 Різенарізна	0,041											0,15

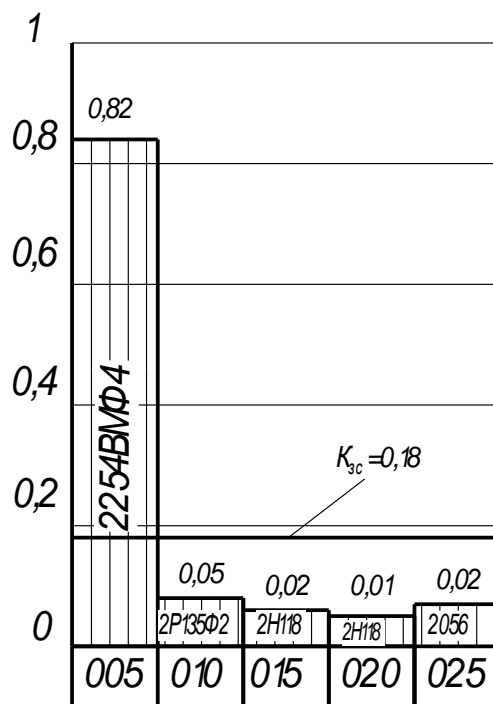


Рисунок 3.3 – Графік завантаження обладнання

3.7. Розрахунок пристосування

Для обробки корпусу АЛАЯ 732.141.714 на 005 програмній з ЧПК операції на свердлильно-фрезерно-розточному верстаті з ЧПК розроблено спеціальний пристрій, що представлений у графічній частині із розрахунковою схемою на рис. 3.4. Проведемо розрахунок необхідної сили затиску заготовки для цієї операції при зенкеруванні радіуса R16,4мм, коли виникає максимальний момент різання.

Заготовка корпусу базується в пристосуванні по торцю та зовнішніх поверхнях R156 на базу поз. 5, призму 26, центрування деталі виконується за допомогою рухомої призми поз. 14.

Сила затиску необхідна на при призмах для виконання операції:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{кр}}{D_3 \cdot \frac{f_2}{\sin \alpha}}, \quad (3.8)$$

де $f_2 = 0,16$; $\alpha = 45^0$;

D_3 – діаметр затиску заготовки.

Момент різання [20]:

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

де $C_M = 0,031$; $q = 0,85$; $y = 0,8$, $x=1$ [20].

$D = 11,8$ мм;

$S = 0,35$ мм/об;

$t = 0,485$ мм;

$K_p = K_{MP} = 1,0$.

Отже, $M_{кр} = 10 \cdot 0,031 \cdot 11,8^{0,85} \cdot 0,485 \cdot 0,35^{0,8} \cdot 1 = 0,53$ Н·м.

Коефіцієнт запасу K [20]:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 4,212.$$

Отже, сила затиску необхідна на призмах для виконання операції:

$$P_{\text{зат}} = \frac{4,212 \cdot 0,54}{0,312 \cdot \left(\frac{0,16}{\sin 45} \right)} = 32,22 \text{ Н.}$$

Перевірочний розрахунок сили затиску:

$$P_{\text{зат}} \leq F_{\text{шт.тяг.}} \cdot i, \quad (3.10)$$

де $F_{\text{шт.тяг.}}$ – сила, що виникає на штоці пневмоциліндра.

Сила, що виникає на штоці пневмоциліндра [14]:

$$F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{шт}}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.11)$$

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

Сила тяги пневмоциліндра із врахуванням підсилення за допомогою клинового та важільного механізмів [23]:

$$W = \frac{F_{\text{шт.тяг.}} \cdot l_1}{2 \text{tg}(\beta + \varphi) l_2} \cdot \eta, \quad (3.12)$$

де $l_1 = 57 \text{ мм}$; $l_2 = 56 \text{ мм}$; $\eta = 0,9$, $\beta = 10^\circ$, $\varphi = 11^\circ$.

Тоді

$$W = \frac{2689,2}{2 \text{tg}(10 + 11)} \cdot \frac{57}{56} \cdot 0,9 = 3208 \text{ Н.}$$

Розглядаємо умову закріплення заготовки:

$$W > P_{\text{зат}}.$$

В нашому випадку $W = 3208 \text{ Н} > P_{\text{зат}} = 32,2 \text{ Н}$.

Висновок: умова затиску заготовки корпусу АЛЯЯ 732.141.714 на 005 програмній з ЧПК операції 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 ЗІЗ і ЗКЗ.

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. Забезпечення стійкості виробничих об'єктів

Під стійкістю роботи виробничих об'єктів розуміють здатність об'єкта виготовляти встановлені види продукції в обсязі і номенклатурі, що відповідають вимогам певних планів в умовах надзвичайних ситуацій, а також пристосованість цього об'єкта до відновлення в умовах його ушкодження. Для об'єктів, які не пов'язані з виробництвом матеріальних цінностей, стійкість визначається їх здатністю виконувати свої функції.

Більш підготовленими до стійкої роботи будуть ті об'єкти, які реально оціняють чинники, що можуть формувати стан об'єкта і розвиток подій в умовах надзвичайних ситуацій.

Підвищення стійкості технічних систем і об'єктів досягається здебільшого організаційно-технічними заходами, яким завжди передували дослідження стійкості конкретного об'єкта.

На першому етапі дослідження аналізують стійкість і уразливість його елементів в умовах надзвичайних ситуацій, а також оцінюють небезпеку виходу з ладу чи руйнування елементів, чи всього об'єкта в цілому. На цьому етапі аналізують:

- надійність устаткування і технологічних комплексів;
- наслідки аварій окремих систем виробництв;
- розповсюдження вибухової хвилі по території підприємства під час

вибухів посудин, комунікацій, ядерних зарядів;
— розсівання речовин, що звільняються під час надзвичайних ситуацій;
можливість вторинного утворення токсичних, пожежо- і вибухонебезпечних сумішей тощо

Кожного разу для виявлення впливів небезпечних чинників необхідно виявити склад тих елементів, на які впливають ті небезпеки, чи які беруть участь у формуванні впливів.

На другому етапі досліджень розробляються заходи з підвищення стійкості і підготовки об'єкта до відновлення його дії після надзвичайних ситуацій. У плані зазначаються об'єм і кошторис планованих робіт, джерела фінансування, основні матеріали та їх кількість, машини і механізми, робоча сила, відповідальні виконавці, термін виконання тощо.

Дослідження стійкого функціонування об'єкта починається задовго до початку його експлуатації. На стадії проектування це якоюсь мірою робить проєктант. Таке саме дослідження об'єкта проводиться відповідними службами на стадії технічних, економічних, екологічних та інших видів експертиз. Кожна реконструкція чи розширення об'єкта також потребує нових досліджень щодо його стійкості. Отже, дослідження стійкості — це не одноразова дія, а тривалий, динамічний процес, який потребує постійної уваги з боку керівництва, технічного персоналу, служб цивільної оборони.

Будь-який виробничий об'єкт містить наземні будівлі і споруди основного і допоміжного виробництва, складські приміщення та приміщення адміністративно-побутового призначення. У будинках та спорудах основного і допоміжного виробництва розміщується типове технологічне обладнання, мережі газо-, тепло-, електропостачання. Між собою приміщення і споруди з'єднані мережею внутрішнього транспорту, мережею енергоносіїв і системами зв'язку й управління. На території виробничих об'єктів можуть бути розташовані споруди автономних систем електро- і водопостачання, а також окремі технологічні пристрої, що знаходяться окремо від інших будівель і споруд. Будинки і споруди побудовані за типовими проєктами з уніфікованих

матеріалів. Проекти виробництва виконуються за єдиними нормами технологічного проектування, що зумовлює середній рівень щільності забудови (звичайно 30—60 %). Все це дає підстави вважати, що для всіх об'єктів, незалежно від профілю виробництва і призначення, характерні загальні чинники, що впливають на стійкість об'єкта, його роботу в умовах НС.

На працездатність виробничого об'єкта мають негативний вплив специфічні умови і перш за все — район його знаходження. Він визначає рівень і вірогідність впливу небезпечних чинників природного походження (сейсмічний вплив, селі, зсуви, тайфуни, цунамі, кількість гроз, липневих дощів та ін.). Тому велика увага приділяється дослідженню й аналізу району розташування об'єкта. Одночасно з'ясовуються метеорологічні умови району (кількість опадів, напрямки дії пануючих вітрів, максимальна і мінімальна температура найбільш спекотного та найбільш холодного місяців, вивчається рельєф місцевості, характер ґрунту, глибина залягання ґрунтових вод, їх хімічний склад). На стійкість об'єкта впливають: характер забудови території (структура, тип, щільність забудови), наявність розташованих поблизу об'єкта суміжних виробництв, транспортні магістралі, природні умови місцевості (лісові масиви — джерела пожеж; водні об'єкти — можливі транспортні комунікації, вогнегороджуючі зони і одночасно джерела повеней та ін.).

Район розташування може відігравати роль головного чинника в забезпеченні захисту і працездатності об'єкта в умовах необхідного виходу з експлуатації штатних шляхів подання сировини чи енергоносіїв. Наприклад, наявність річки поблизу об'єкта дозволяє при порушенні шляхових і трубопровідних магістралей здійснити подачу матеріалів, сировини і комплектуючих водним транспортом.

Під час вивчення стійкості об'єкта дають характеристику будинкам основного і допоміжного виробництва, а також будинкам, які не беруть участь у виробництві основної продукції у випадках НС. Визначають основні особливості їх конструкції, технічні відомості, поверховість, розміри, вид каркасу, стикові заповнення, світові прорізи, покрівлю, перекриття, ступень

зношення, вогнетривкість будинків, кількість робітників і службовців, які одночасно працюють у приміщеннях (найбільша робоча зміна), наявність убудованих в будинок сховищ чи сховищ, які знаходяться поблизу від основних будинків, наявність в будинках засобів евакуації та їх пропускну здатність.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведено дослідження динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання. Встановлено, що зміна глибини різання пов'язана як із зміною геометричних параметрів заготовки, так і особливостями наданій траєкторії руху вершини різця відносно заготовки. Розроблено ідеалізовану механічну модель, до якої включено заготовку із змінною поверхнею, токарний прохідний різець, затискний патрон верстата, різцетримач. Виведено систему диференціальних рівнянь, що описують коливання елементів еквівалентної багатомасової системи, яку розв'язано числовим методом. При дослідженні динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання розглянуто випадки геометричного відхилення поверхні заготовки від ідеальної поверхні, пов'язане із хвилястістю поверхні, із ексцентриситетом циліндричної поверхні, із огранкою циліндричної поверхні, із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки, із поєднанням огранки, хвилястості та шорсткості оброблюваної поверхні. При цьому розв'язок представлено у вигляді числових даних та графіків. На основі побудованих графіків встановлено, що найбільша частота коливань токарного прохідного різця виникає при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні, а найменша - при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки.

Найбільша амплітуда коливань різця виникає в початковий момент врізання у заготовку і досягає максимального значення 0,015 мм при токарній обробці циліндричної поверхні із огранкою і мінімального значення 0,011 мм при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки. Найменша амплітуда коливань при усталеному процесі різання виникає при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні і становить 0,004 мм, а найбільша – 0,007 мм при токарній обробці циліндричної поверхні із огранкою.

Найбільша швидкість деформації токарного прохідного різця досягається при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні і становить 0,21 мм/с, а найменша швидкість - 0,12 мм/с при токарній обробці циліндричної поверхні із відхиленням від циліндричності вздовж осі заготовки.

Отже, найменші динамічні навантаження на різець виникають при токарній обробці по впадинах хвилястості поверхні, що забезпечує найвищу точність деталі після обробки.

Вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу АЛАЗ 732.141.714. Проведено розрахунок заготовки, розроблено схеми базування, підібрано інструменти, обладнання, режими різання, спроектовано пристосування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Классификатор ЕСКД. Иллюстрированный определитель деталей. Классы 71,72,73,74,75,76 (в отдельных книгах). М.: Издательство стандартов, 1986. 235 с.
3. Орлова П. Н., Скороходова Е. А. Краткий справочник металлиста. М.: Машиностроение, 1986. 456 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Дьячков В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: справочник. М.: Машиностроение, 1983. 328 с.
6. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 2. 496 с.
7. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
8. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
9. Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 1. 1986. 656 с.
10. Барановский Ю. В. Режимы резания металлов. М.: Машиностроение, 1972. 258 с.
11. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
12. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 288 с.
13. Итин А. М., Родичев Ю. Я. Наладка и эксплуатация токарных многошпиндельных полуавтоматов. М. : Машиностроение, 1977. 136 с.
14. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. М.:

Машиностроение, 1966. 650 с.

15. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. М.: Машиностроение, 1965. 461 с.

16. Кухарський О. М. Методичні вказівки на тему “Проектування калібра-пробки, калібра-скоби” для виконання конструкторської частини дипломного проекту. Тернопіль, 2005.

17. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

18. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.

19. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 198 с.

20. 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.

21. Деревляний В.С. Дослідження динаміки токарної обробки поверхонь із змінною глибиною різання / В.С. Деревляний, А.Є. Дячун, А.М. Елшербіни // Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій": 24-25 листопада 2021 р.: тези доп. Тернопіль: вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. С. 42.

22. Nevko I., Diachun A., Lyashuk O., Vovk Y., Hupka A. (2021) Study of Dynamic and Power Parameters of the Screw Workpieces with a Curved Profile Turning. In: Advances in Design, Simulation and Manufacturing IV. DSMIE 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7_38.

23. 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.

24. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.
25. M. Sadilek, L. Petrkovska, J. Kratochvil. Turning Thin-Walled Workpieces with Variable Depth of Cut, World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Mechanical and Mechatronics Engineering Vol 7, No 9, 2013, 1868—1872.
26. M. Sadílek, J. Dubský, Z. Sadílková, Z. Poruba. Cutting forces during turning with variable depth of cut, Perspectives in Science (2016) 7, 357—363.
27. Fansen Kong, Peng Liu, Xiaoming Wang. Experimental Investigation of Evolution Process of Nonlinear Characteristics from Chatter Free to Chatter. Journal of Modern Physics. 2011. No. 2. P. 1041-1050.
28. Данильченко М.А. Забезпечення динамічної якості технологічної обробної системи при точінні: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Данильченко Марія Андріївна ; Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”. - К., 2021. - 133 с.
29. Study of power parameters of forming profile elliptical screw workpieces / Oleg Lyashuk, Andrii Diachun, Ivan Kuchvara, Yuriy Vovk, Volodymyr Dzyura // The International Journal of Integrated Engineering. - Universiti Tun Hussein Onn Malaysia Publisher's Office, 2021. - Vol. 13 No. 4. - p. 142-151.
30. Луців І.В. Розробка алгоритмів створення багатолезового оснащення адаптивного типу для обробки поверхонь обертання / І.В. Луців, Р.Я.Лещук // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. №26, 2009. С.164 - 171.
31. Луців І.В. Динамічні характеристики підсистем верстатного оснащення адаптивного типу / І.В. Луців, Р.Я.Лещук // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 2009, Том 14, №4. С.144-149.
32. Гевко І.Б. Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І.Б.Гевко, Р.Я., Лещук, І.І.Стойко, Н.М.Марчук, М.Д.Сіправська // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.–Вип. 40.–Луцьк, 2018. С.21-31.