

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 732114.014 з  
дослідженням параметрів запобіжних патронів

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Іванов П.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Пулька Ч.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 732114.014 з дослідженням параметрів запобіжних патронів”.

У кваліфікаційній роботі представлена конструктивна схема запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками. Виведено рівняння та побудовано графіки залежності максимального крутного моменту передачі на патроні від кута нахилу лунки, коефіцієнта тертя між кулькою та лункою, радіуса розташування кульок у запобіжному патроні, кількості кульок у запобіжному патроні.

Проведено дослідження динаміки запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками. Виведено систему диференціальних рівнянь, яку розв’язано із використанням прикладного програмного забезпечення, що використовує підпрограму чисельного методу Рунге-Кутта із нульовими початковими координатами. При цьому розв’язок представлено у вигляді числових даних та графіків.

Визначено динамічні крутні моменти, що виникають в елементах патрона для випадків нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму та спрацювання запобіжного механізму патрона.

Також вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу АЛАЯ 732114.014. Проведено розрахунок заготовки, розроблено схеми базування, підібрано інструменти, обладнання, режими різання, спроектовано пристосування.

# ЗМІСТ

<b>Вступ .....</b>	<b>.....</b>
<b>1 Аналітична частина</b>	
1.1. Аналіз стану питання.....	.....
1.2. Службове призначення деталі.....	.....
1.3. Висновки та постановка задач.....	.....
<b>2 Науково-дослідна частина</b>	
2.1. Дослідження динаміки запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками.....	.....
2.2. Висновки.....	.....
<b>3 Технологічно-конструкторська частина</b>	
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.....	.....
<b>4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</b>	
4.1. Характеристика ділянки механічної обробки деталі, що проектується з точки зору охорони праці.....	.....
4.2. Аварії та ліквідації аварійних ситуацій на підприємстві.....	.....
Висновки.....	.....
Перелік посилань.....	.....

## ВСТУП

Оброблення отворів свердлінням із наступним нарізанням в них різьби досить широко використовується у машинобудуванні. Оскільки процес нарізання різьби мітчиком є однією із кінцевих операцій технологічного процесу, будь-яке погіршення якості різьби чи її руйнування, що пов'язані з відхиленнями в процесі нарізання мітчиком призводять до значних додаткових витрат і підвищення вартості продукції. Такі відхилення можуть виникати через похибку виготовлення мітчиків, похибку сформованого отвору, похибки синхронізації подачі мітчика із частотою обертання шпинделя верстата (призводять до неточного кроку різьби), зношення ріжучого інструменту. Тому для уникнення таких явищ використовуються спеціальні механічні та електромеханічні із спеціальними датчиками запобіжні патрони для свердел та мітчиків.

Під час свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками виникають ситуації, коли момент різання на ріжучих кромках інструментів перевищує допустимі межі, при яких виникає руйнування інструментів. Для уникнення такої ситуації використовують різні запобіжні механізми, зокрема запобіжні патрони.

Для проектування запобіжних патронів потрібно враховувати не тільки статичні навантаження а також і динамічні, що є актуальним завданням роботи.

Актуальним є також вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу АЛАЯ 732114.014 із проведенням розрахунків заготовки, розробленням схем базування, підбиранням інструментів, обладнання, режимів різання, проектуванням пристосування.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Аналіз стану питання

Оброблення отворів свердлінням із наступним нарізання в них різьби досить широко використовується у машинобудуванні. Оскільки процес нарізання різьби мітчиком є однією із кінцевих операцій технологічного процесу, будь-яке погіршення якості різьби чи її руйнування, що пов'язані з відхиленнями в процесі нарізання мітчиком призводять до значних додаткових витрат і підвищення вартості продукції. Такі відхилення можуть виникати через похибку виготовлення мітчиків, похибку сформованого отвору, похибки синхронізації подачі мітчика із частотою обертання шпинделя верстата (призводять до неточного кроку різьби), зношення ріжучого інструменту. Тому для уникнення таких явищ використовуються спеціальні запобіжні патрони для свердел та мітчиків.

Основні похибки отворів, що призводять до зростання крутного моменту на мітчику та його руйнування представлено на рис. 1.1. [22].

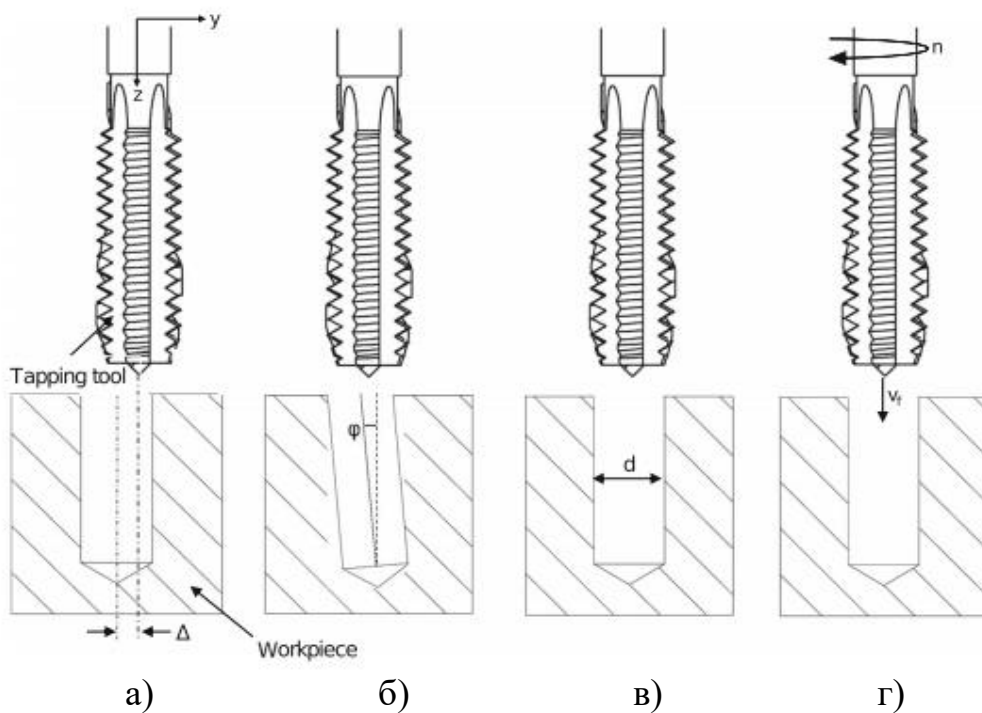


Рисунок 1.1 - Основні похибки отворів, що призводять до зростання крутного моменту на мітчику та його руйнування [22]

Зміщення осі отвору (рис. 1.1а ) виникає, коли центр отвору не співпадає із віссю обертання мітчика, похибки, що виникають під час свердління включають відведення осі отвору (рис. 1.1б), неточний діаметр отвору, або наявність у ньому залишків стружки (рис. 1.1в), зношення свердла призводить до відхилення від циліндричності отвору, похибка синхронізації та биття мітчика (рис. 1.1г). Накладання дисбалансів мітчика, патрона для мітчика та шпинделя призводять до похибок радіального биття. Також до руйнування мітчика призводять зношення інструмента та не правильне відведення стружки.

Тому у машинобудуванні при нарізанні різьби мітчиками застосовуються запобіжні механічні та електромеханічні патрони із спеціальними датчиками. Компанією Emuge Franken розроблено запобіжний патрон Softsynchro 3, що представлено на рис. 1.2.

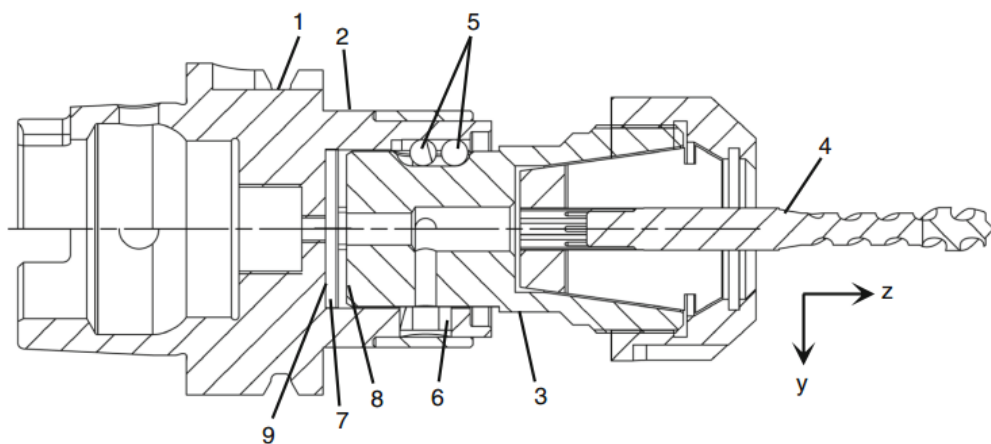


Рисунок 1.2 - Запобіжний патрон Softsynchro 3 компанії Emuge Franken [22]

Передача крутного моменту від державки 1 до інструмента 4 передається через кульки 5. Особливістю цього патрона є вбудовані датчики на торці для вимірювання вібрації інструменту (рис. 1.3) та датчик 7 осьової деформації (рис. 1.4). Для вимірювання вібрацій інструмента в радіальних взаємно перпендикулярних напрямках  $a_x$  та  $a_y$  використано датчики прискорень 3 та 4 на основі мікро електромеханічної системи MEMS (рис. 1.3). Датчик осьової

деформації (рис. 1.4) складається із зовнішнього 1 та внутрішнього 2 кілець, що з'єднані між собою перетинками 3, в яких розміщено тензометричні датчики.

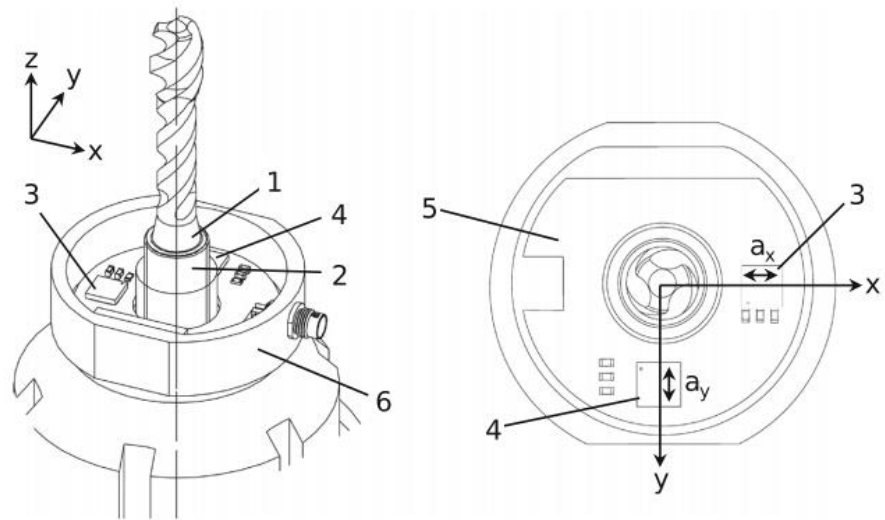


Рисунок 1.3 – Розміщення датчиків вібрації інструмента на торці запобіжного патрона [22]

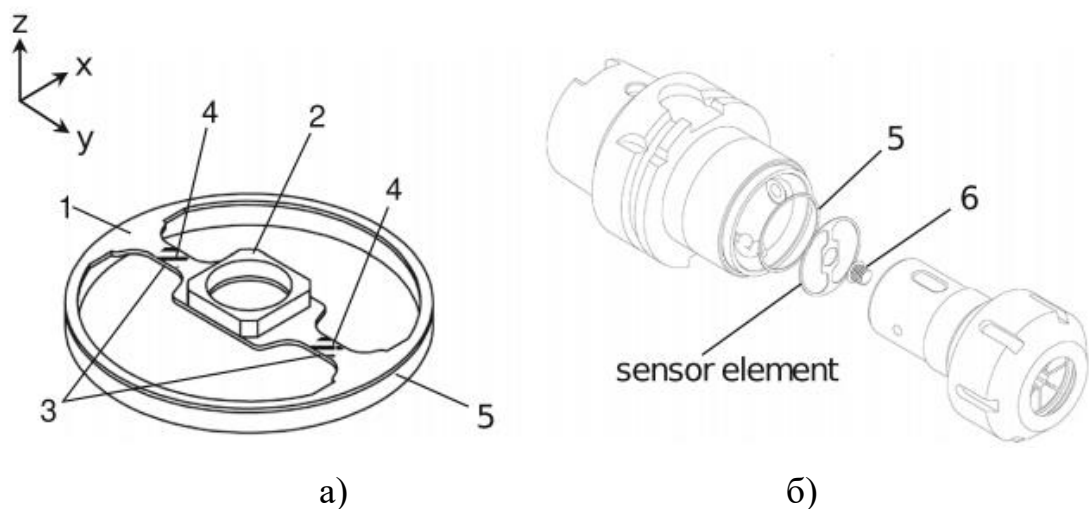


Рисунок 1.4 – Датчик осьової деформації інструмента а) та його розташування у запобіжному патроні [22]

На рисунку 1.5 зображено виміряні сигнали від двох датчиків вібрації інструмента та датчика осьової вібрації інструмента для одного циклу нарізання різьби мітчиком. Цей цикл складається із трьох стадій: 1 – нарізання різьби, 2 – реверс обертання мітчика, 3 – викручування мітчика. На основі аналізів

встановлено, що перша стадія надає найбільше інформації про визначення похибок процесу різання. Тому ці сигнали піддавалися подальшій обробці.

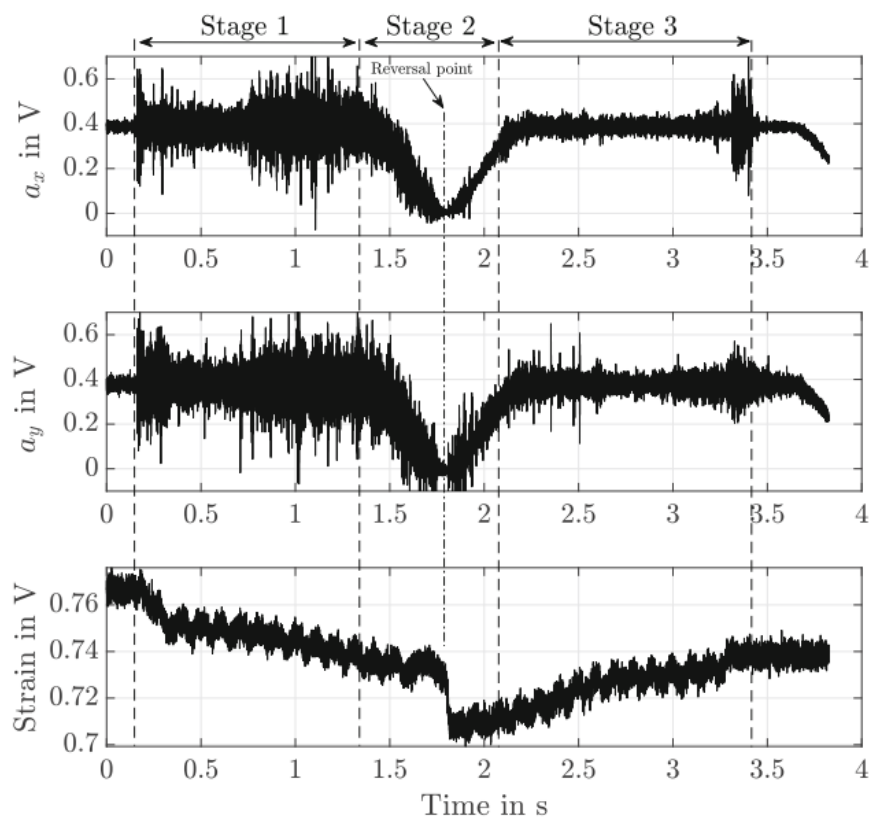


Рисунок 1.5 – Виміряні сигнали від двох датчиків вібрації інструмента та датчика осьової вібрації інструмента для одного циклу нарізання різьби мітчиком [22]

Сигнали передаються на обробку програмою комп'ютера, що визначає максимальні значення вібрацій інструмента та вимикає обертовий рух шпинделя у випадку досягнення критичних значень, що запобігає руйнуванню інструмента.

На рис. 1.6 зображено запобіжний патрон, розроблений у роботі [25]. Крутний момент від хвостовика 1 до ріжчого інструмента 14 передається через підпружинені кульки 5. Особливістю цього патрона є те, що при виникненні осьової сили різання, що перевищує максимальне допустиме значення, кульки 5 переміщуються у канавку 15 і обертовий рух не передається інструменту, що запобігає його деформації.



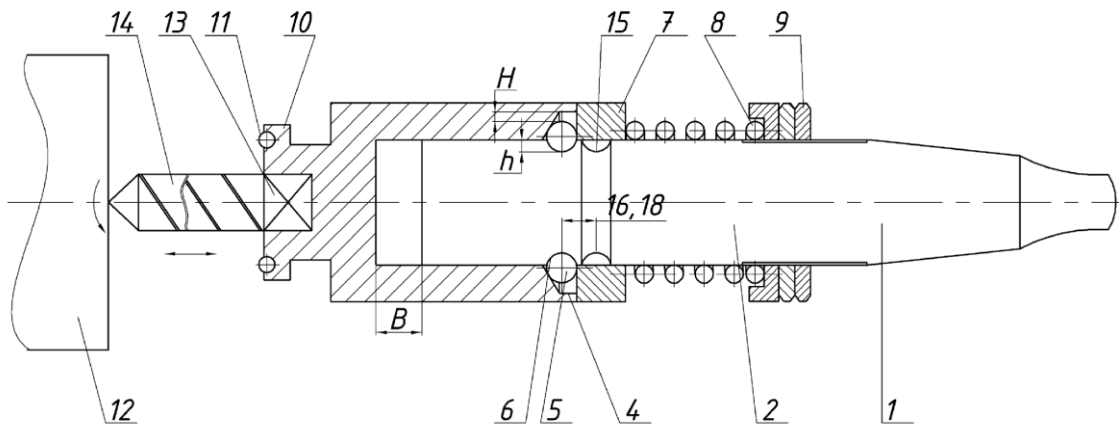


Рисунок 1.6 – Запобіжний патрон [25]

Для визначення максимального навантаження, при якому спрацює запобіжний патрон (рис. 1.6) використано розрахункову схему на рис. 1.7, на основі якої виведено відповідне рівняння [25]:

$$F_{\max} = \frac{C \left[ \Delta_0 + h_n + \left( (r - h_n) - r(1 - \cos \beta) \right) \right]}{\operatorname{ctg}(\beta + \rho)}. \quad (1.1)$$

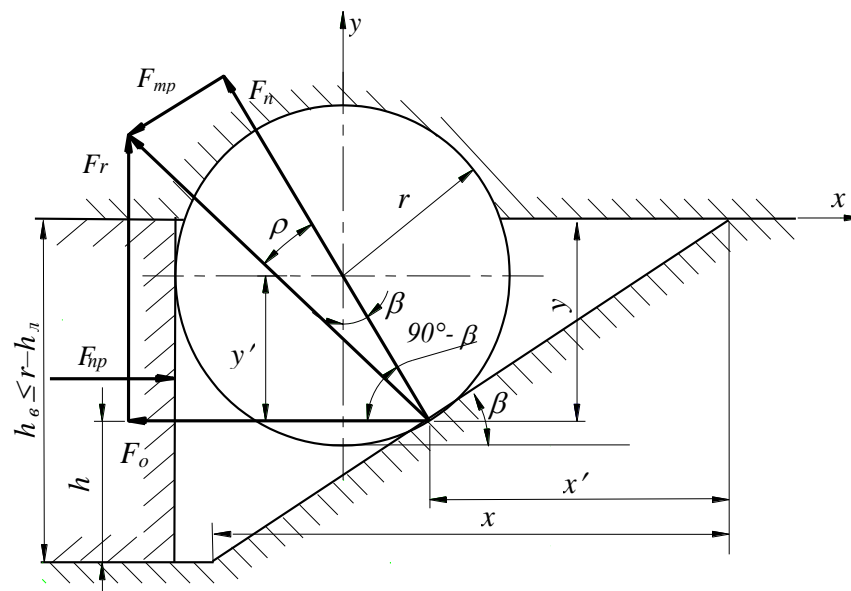


Рисунок 1.7 - Розрахункова схема для визначення максимального навантаження, при якому спрацює запобіжний патрон [25]

На рисунку 1.8 зображено запобіжний патрон, у якому для передачі крутного моменту від хвостовика 22 до інструмента 18 використовується

декілька кульок 4 із пружинами 11. Передача крутного моменту до інструменту призупиняється при перевищенні допустимого моменту різання.

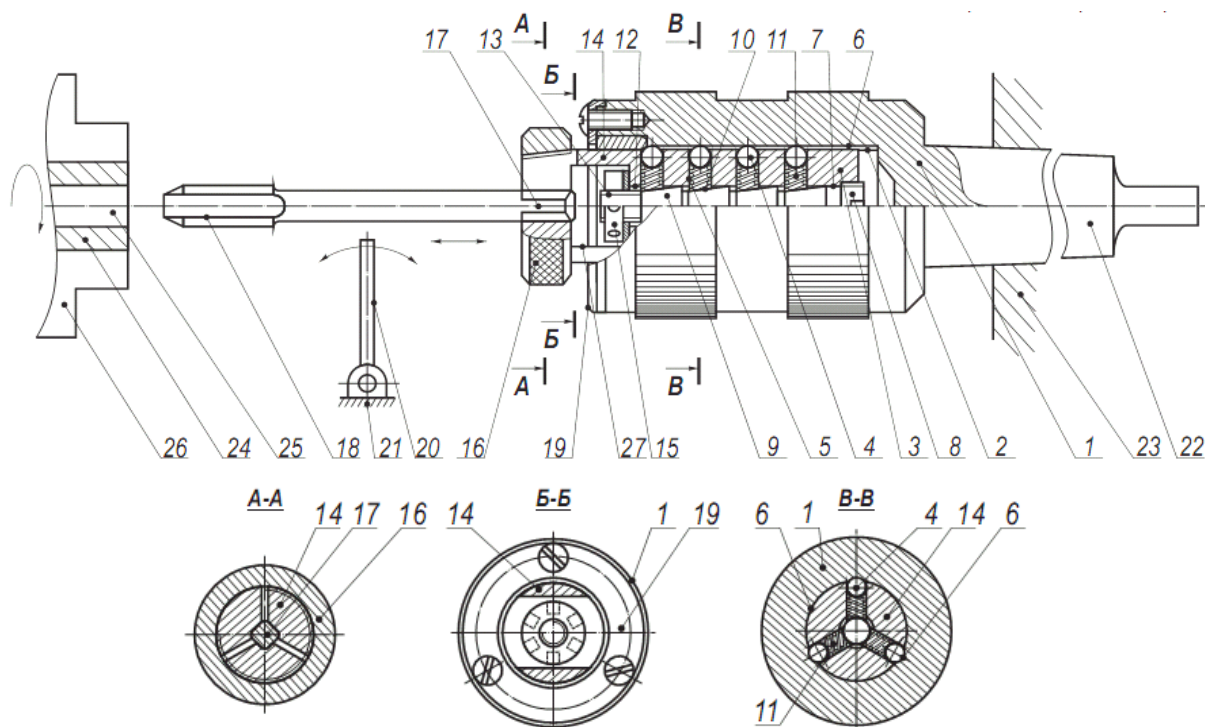


Рисунок 1.8 – Запобіжний патрон із рівномірно розміщеними кульками [25]

Графіки залежності максимального навантаження, при якому спрацьовує запобіжний патрон від конструктивних параметрів патрона представлено на рис. 1.9.

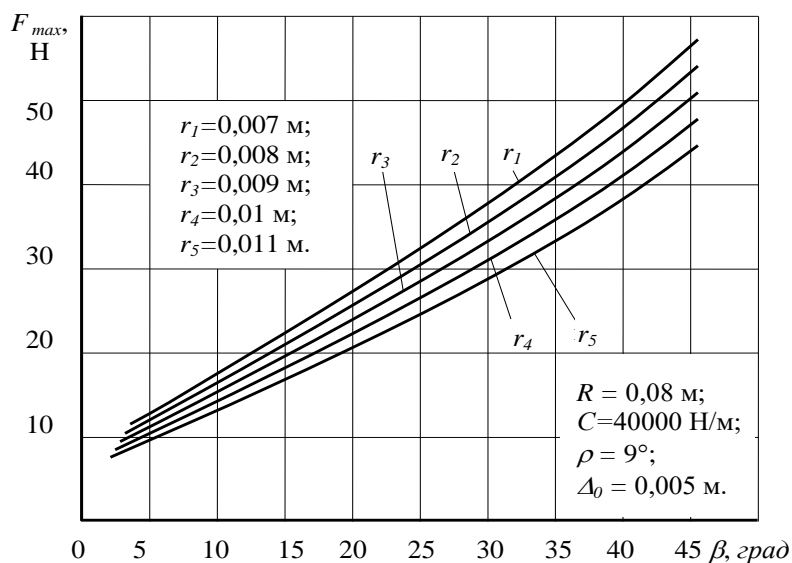


Рисунок 1.9 – Графіки залежності максимального навантаження, при якому спрацьовує запобіжний патрон від конструктивних параметрів патрона [25]

На рис. 1.10 зображено запобіжний патрон, розроблений у роботі [26]. Особливістю цього патрона є використання у конструкції як запобіжних елементів спеціальних підпружинених овальних вставок 4 замість кульок. Це дозволяє підвищити контактну міцність найбільш навантажених частин патрона при виконанні процесу різання.

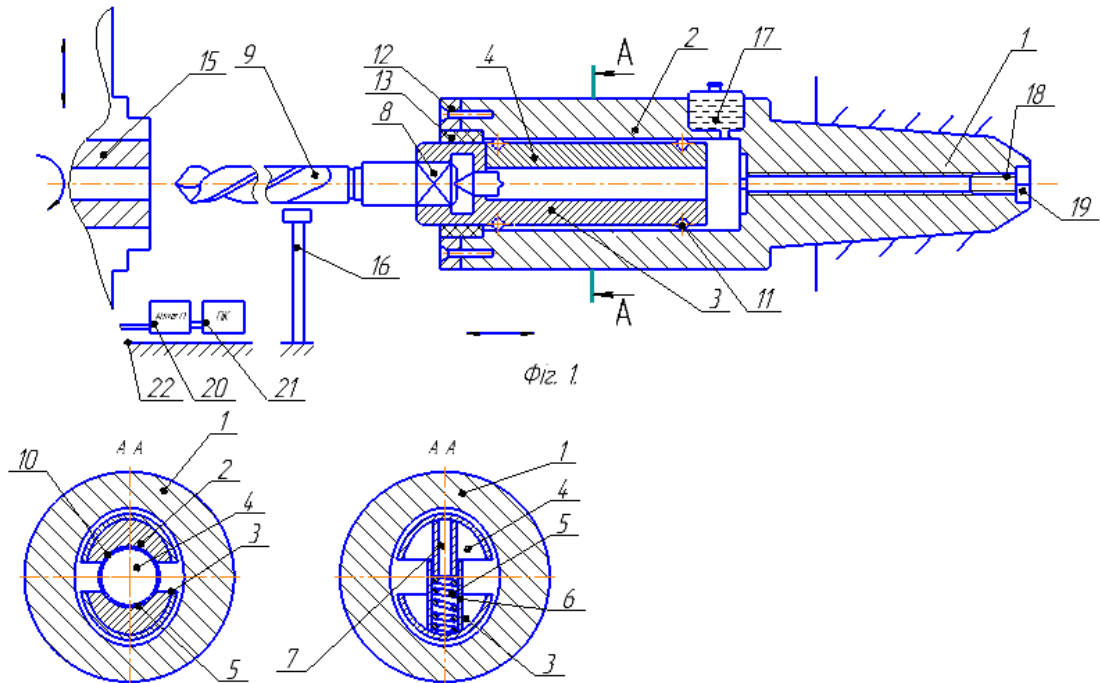


Рисунок 1.10 – Запобіжний патрон із овальними запобіжними елементами [26]

## 1.2. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” АЛАЯ 732114.014 входить у конструкцію світлодіодного прожектора, що використовується для освітлення промислових об’єктів. Виготовляється методом лиття із алюмінієвого сплаву АК12.

До основних поверхонь деталі віднесено такі поверхні: зовнішня торцева поверхня  $65h14_{(-0,74)}$ ;  $Ra\ 12,7$ ; зовнішня поверхня  $310,7$ ;  $438,42$ ;  $Rz\ 52$  – призначені для правильного взаємного розміщення, суміщення та встановлення елементів конструкції виробу; криволінійний торцевий паз  $b=4H14^{(+0,3)}$ ;  $3,5\pm 0,1$ ;  $Ra\ 12,7$  – призначений для встановлення в нього ущільнювача; шість глухих

отворів  $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$ ;  $l=7,5$ ;  $207\pm 0,5$ ;  $103,5\pm 0,5$ ;  $210\pm 0,3$ ; Ra 12,7; чотири глухих отвори  $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$ ;  $l=7,5$ ;  $87\pm 0,2$ ; Ra 12,7; вісім глухих отворів  $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$ ;  $l=7,5$ ;  $60\pm 0,2$ ;  $87\pm 0,2$ ;  $207\pm 0,2$ ;  $15\pm 0,2$ ; Ra 12,7 – для відбивача та світлодіодних панелей саморізами; чотири різевих глухих отвори M4-7H;  $l=11$ ;  $132\pm 0,5$ ;  $51,5\pm 0,5$ ;  $97,5\pm 0,5$ ; Ra 6,3 – для кріплення драйвера гвинтами; два глухих отвори  $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$ ;  $l=7,5^{+1}$ ;  $11,5\pm 0,2$ ; Ra 12,7 – призначені для кріплення клемної колодки саморізами; глухий різевий отвір M6-7H;  $l=12$ ;  $90\pm 0,2$ ;  $118\pm 0,3$ ; Ra 6,3 – для кріплення гвинта заземлення; наскрізний отвір  $\varnothing 16,5H7^{(+0,018)}$ ;  $l=22$ ;  $70\pm 0,2$ ;  $21,5\pm 0,1$ ; Ra 2,7 – для кріплення сальника; два наскрізних різевих отвори M8-7H;  $l=7,55$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $12,5\pm 0,1$ ; Ra 6,3 – для кріплення ліри до світильника.

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 торцева поверхня $65h14_{(-0,74)}$	14	Ra 12,7
2	Криволінійний торцевий паз $b=4H14^{(+0,3)}$ ; $3,5\pm 0,1$	14	Ra 12,7
3-8	Шість глухих отворів $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$ ; $l=7,5$ ; $207\pm 0,5$ ; $103,5\pm 0,5$ ; $210\pm 0,3$	14	Ra 12,7
9-12	Чотири глухих отвори $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$ ; $l=7,5$ ; $87\pm 0,2$	14	Ra 12,7
13-20	Вісім глухих отворів $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$ ; $l=7,5$ ; $60\pm 0,2$ ; $87\pm 0,2$ ; $207\pm 0,2$ ; $15\pm 0,2$	14	Ra 12,7
21-26	Шість внутрішніх фасок $0,5\times 45^\circ$ ; $207\pm 0,5$ ; $103,5\pm 0,5$ ; $210\pm 0,3$	14	Ra 12,7
27-30	Чотири внутрішні фаски $0,5\times 45^\circ$ ; $87\pm 0,2$	14	Ra 12,7
31-33 115-119	Вісім внутрішніх фасок $0,5\times 45^\circ$ ; $60\pm 0,2$ ; $87\pm 0,2$ ; $207\pm 0,2$ ; $15\pm 0,2$	14	Ra 12,7
34-37	Чотири наскрізних отвори під різь M6-7H $\varnothing 4,95^{+0,26}$ ; $l=7,5$ ; $283\pm 0,5$ ; $409\pm 0,4$	12	Ra 6,3

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
38-41	Чотири внутрішні фаски $1 \times 45^\circ$ ; $283 \pm 0,5$ ; $409 \pm 0,4$	14	Ra 12,7
42-45	Чотири наскрізних різевих отворів M6-7H; $l=14$ ; $283 \pm 0,5$ ; $409 \pm 0,4$	12	Ra 6,3
46	Глухий отвір під різь M6-7H $\varnothing 4,95^{+0,26}$ ; $l=17^{+1}$ ; $90 \pm 0,2$ ; $118 \pm 0,3$	12	Ra 6,3
47	Внутрішня фаска $1 \times 45^\circ$ ; $90 \pm 0,2$ ; $118 \pm 0,3$	14	Ra 12,7
48	Глухий різевий отвір M6-7H; $l=12$ ; $90 \pm 0,2$ ; $118 \pm 0,3$	12	Ra 6,3
49-52	Чотири глухих отвори під різь M4- 7H $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=15^{+1}$ ; $132 \pm 0,5$ ; $51,5 \pm 0,5$ ; $97,5 \pm 0,5$	12	Ra 6,3
53-56	Чотири внутрішні фаски $0,5 \times 45^\circ$ ; $132 \pm 0,5$ ; $51,5 \pm 0,5$ ; $97,5 \pm 0,5$	14	Ra 12,7
57-80	Чотири різевих глухих отвори M4-7H; $l=11$ ; $132 \pm 0,5$ ; $51,5 \pm 0,5$ ; $97,5 \pm 0,5$ ;	12	Ra 6,3
81-82	Два глухих отвори $\varnothing 2,5H14^{(+0,25)}$ ; $l=7,5^{+1}$ ; $102 \pm 0,5$ ; $11,5 \pm 0,2$	14	Ra 12,7
83-84	Дві внутрішні фаски $0,5 \times 45^\circ$ ; $102 \pm 0,5$ ; $11,5 \pm 0,2$	14	Ra 12,7
85	Глухий отвір під різь M4-7H $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=12$ ; $103,5 \pm 0,5$	12	Ra 6,3
86	Внутрішня фаска $0,5 \times 45^\circ$ ; $103,5 \pm 0,5$	14	Ra 12,7
87	Глухий різевий отвір M4-7H; $l=10$ ; $103,5 \pm 0,5$	12	Ra 6,3
88-89	Два глухих отвори під різь M10-7H $\varnothing 8,43^{+0,3}$ ; $l=20$ ; $99,5 \pm 0,2$ ; $87 \pm 0,5$ ; $30 \pm 0,5$	12	Ra 6,3
90-91	Дві внутрішні фаски $2 \times 45^\circ$ ; $99,5 \pm 0,2$ ; $87 \pm 0,5$ ; $30 \pm 0,5$	14	Ra 12,7
92-93	Два глухих різевих отвори M10- 7H; $l=15$ ; $99,5 \pm 0,2$ ; $87 \pm 0,5$ ; $30 \pm 0,5$	12	Ra 6,3

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3	4
94-95	Два наскрізних отвори під різь М8-7Н $\varnothing 6,7^{+0,26}$ ; $l=7,55$ ; $99,5\pm 0,2$ ; $12,5\pm 0,1$	12	Ra 6,3
96-97	Дві внутрішні фаски $1,5\times 45^\circ$ ; $99,5\pm 0,2$ ; $12,5\pm 0,1$	14	Ra 12,7
98-99	Два наскрізних різевих отвори М8-7Н; $l=7,55$ ; $99,5\pm 0,2$ ; $12,5\pm 0,1$	12	Ra 6,3
100, 101	Дві торцеві поверхні $202\pm 0,2$ ; $24\pm 0,1$	14	Ra 12,7
102	Глухий отвір під різь М10-7Н $\varnothing 8,43^{+0,3}$ ; $l=22$ ; $50\pm 0,2$ ; $17\pm 0,1$	12	Ra 6,3
103	Внутрішня фаска $1,5\times 45^\circ$ ; $50\pm 0,2$ ; $17\pm 0,1$	14	Ra 12,7
104	Наскрізний отвір $\varnothing 5H14^{(+0,3)}$ ; $50\pm 0,2$ ; $17\pm 0,1$	14	Ra 12,7
105	Різевий глухий отвір М10-7Н; $l=15$ ; $50\pm 0,2$ ; $17\pm 0,1$	12	Ra 6,3
107	Наскрізний отвір $\varnothing 16,5H7^{(+0,018)}$ ; $l=22$ ; $70\pm 0,2$ ; $21,5\pm 0,1$	7	Ra 2,7
108-109	Два глухих отвори під різь М6-7Н $\varnothing 4,95^{+0,26}$ ; $l=11$ ; $300\pm 0,1$	12	Ra 6,3
110-111	Дві внутрішні фаски $1\times 45^\circ$ ; $300\pm 0,1$	14	Ra 12,7
112-113	Два глухих різевих отвори М6-7Н; $l=8$ ; $300\pm 0,1$	12	Ra 6,3
114	Зовнішня поверхня $310,7 \times 438,42$	виливок	Rz 52

### 1.3. Висновки та постановка задач

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що процес нарізання різьби мітчиком є однією із кінцевих операцій технологічного процесу, будь-яке погіршення якості різьби чи її руйнування, що пов'язані з відхиленнями в процесі нарізання мітчиком призводять до значних додаткових витрат і підвищення вартості продукції. Такі відхилення можуть виникати через похибку виготовлення мітчиків, похибку сформованого отвору, похибки

синхронізації подачі мітчика із частотою обертання шпинделя верстата (призводять до неточного кроку різьби), зношення ріжучого інструменту. Тому для уникнення таких явищ використовуються спеціальні механічні та електромеханічні із спеціальними датчиками запобіжні патрони для свердел та мітчиків. Для проектування запобіжних патронів потрібно враховувати не тільки статичні навантаження а також і динамічні, що є актуальним завданням роботи.

У кваліфікаційній роботі потрібно вирішити такі завдання:

1. Розробити конструктивну схему запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками.

2. Виведено рівняння та побудовано графіки залежності максимального крутного моменту передачі на патроні від кута нахилу лунки, коефіцієнта тертя між кулькою та лункою, радіуса розташування кульок у запобіжному патроні, кількості кульок у запобіжному патроні.

3. Проведено дослідження динаміки запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками.

4. Вивести та розв'язати числовим методом систему диференціальних рівнянь, що описують коливання елементів еквівалентної багатомасової системи запобіжного патрона для випадків нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму та із спрацюванням запобіжного механізму.

5. Вдосконалити відомий технологічний процес виготовлення корпусу АЛАЯ 732114.014.

## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1. Дослідження динаміки запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками

Під час свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками виникають ситуації, коли момент різання на ріжучих кромках інструментів перевищує допустимі межі, при яких виникає руйнування інструментів. Для уникнення такої ситуації використовують різні запобіжні механізми, зокрема запобіжні патрони. Одна із конструкцій такого патрона представлена на рис. 2.1.

Запобіжний патрон (рис. 2.1) складається із таких основних конструктивних елементів: нижнього корпуса 1, в якому на кульках 2 встановлено тримач 3 для закріплення інструментів 4. У конусних лунках нижнього корпуса 1 розміщено кульки 5, що підтиснуті пружинами стиску 6 та розміщені у сепараторі 7. Пружини стиску 6 розміщено у верхньому корпусі 10, а їх попередня деформація регулюється гайкою 8, що розміщена на хвостовику 9.

Робота запобіжного патрона виконується таким чином. Якщо момент різання на ріжучих кромках інструментів не перевищує допустимі межі передача крутного моменту від шпинделя верстата до інструменту 3 передається через хвостовик 9, сепаратор 7, кульки 5, нижній корпус 1, кульки 2 та тримач 3.

Якщо момент різання на ріжучих кромках інструментів перевищує допустимі межі, то внаслідок виникнення осьової сили на кульках 5, що перевищує силу деформації пружин стиску 6 кульки 5 переміщуються вгору, стискаючи пружини стиску 6. Відповідно крутний момент від шпинделя верстата передається тільки на хвостовик 9 і сепаратор 7. Нижній корпус 1, кульки 2 та тримач 3 залишаються нерухомими і крутний момент на них не



передається, що дозволяє запобігти руйнування інструментів через перевантаження.

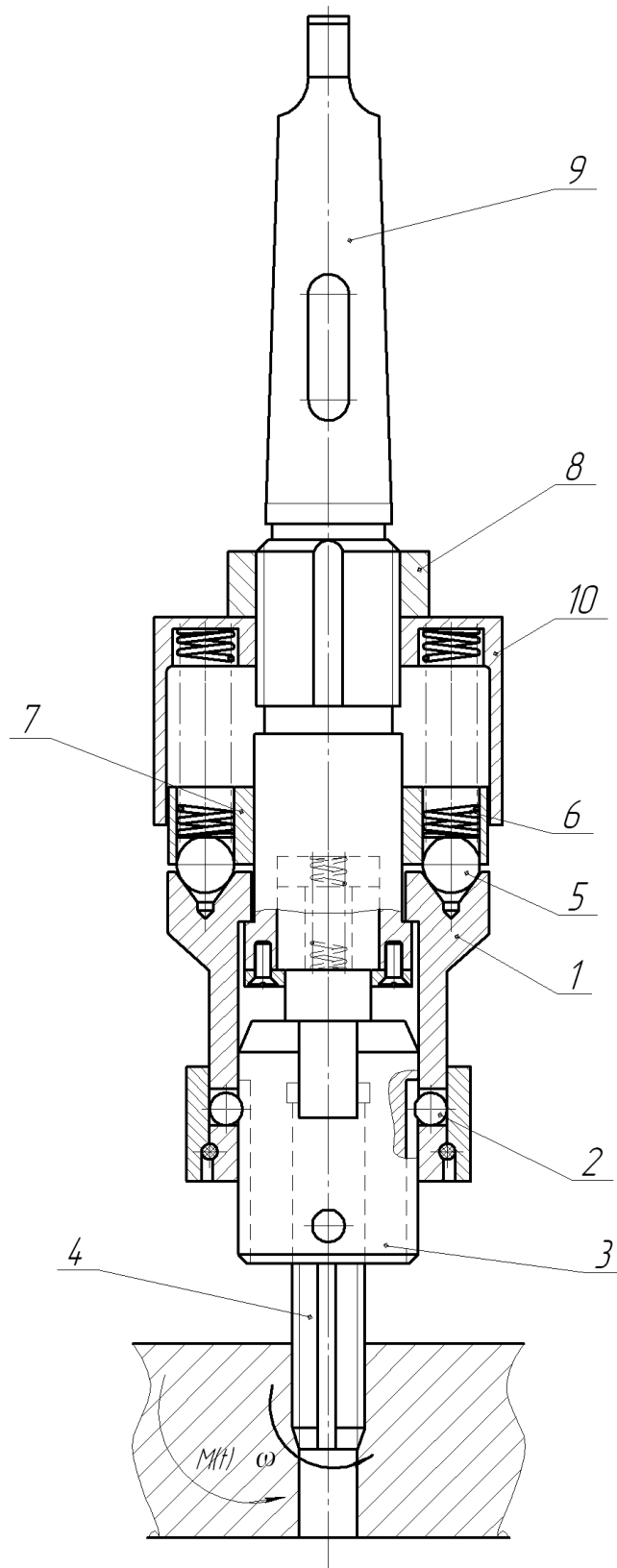


Рисунок 2.1 – Конструктивна схема запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками

Особливість роботи запобіжного патрона створює передумови для дослідження динаміки його роботи, оскільки динамічний крутний момент, що виникає в елементах патрона може перевищувати статичний крутний момент (під час свердління або нарізання різьби), при якому спрацьовує патрон, а кульки 5 переміщуються вгору. Величину динамічного крутного моменту можна визначити формуванням спрощеної ідеалізованої динамічної моделі, яка дозволяє визначити деформації та динамічні крутні моменти на елементах приведеної системи, до складу якої входять: різальний інструмент, нижній корпус, сепаратор, хвостовик, кульки і пружини стиску.

Процеси свердління отворів, нарізання різьби мітчиком відносять до перехідних динамічних процесів, що включають ударні навантаження, врізання ріжучих кромки у поверхню заготовки із змінними у часі силами різання. Систему (рис. 2.1), до якої включено різальний інструмент, нижній корпус, сепаратор, хвостовик, кульки і пружини стиску замінено ідеалізованою механічною моделлю, що складається із зосереджених мас (рис. 2.2). Такі маси пов'язані пружними зв'язками з постійними в часі коефіцієнтами жорсткості.

На рисунку 2.2 зображено маси елементів системи для дослідження динаміки запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками:  $I_1$  – момент інерції різального інструменту;  $I_2$  – приведений момент інерції нижнього корпусу;  $I_3$  – приведений момент інерції сепаратора з кульками,  $I_4$  – момент інерції хвостовика патрона;  $m$  – маса кульки.

Також на рисунку 2.2 відображено приведені коефіцієнти жорсткості та коефіцієнти демпфування:  $C_{12}$  – приведена жорсткість різального інструменту,  $C_{34}$  – приведена жорсткість з'єднання між сепаратором та хвостовиком;  $C_k$  – жорсткість пружини стиснення.

Також на рисунку 2.2 відображено приведені коефіцієнти демпфування:  $\beta_{12}$  – коефіцієнт демпфування різального інструменту,  $\beta_{34}$  – коефіцієнт демпфування з'єднання між сепаратором та хвостовиком;  $\beta_k$  – коефіцієнт демпфування пружини стиску.

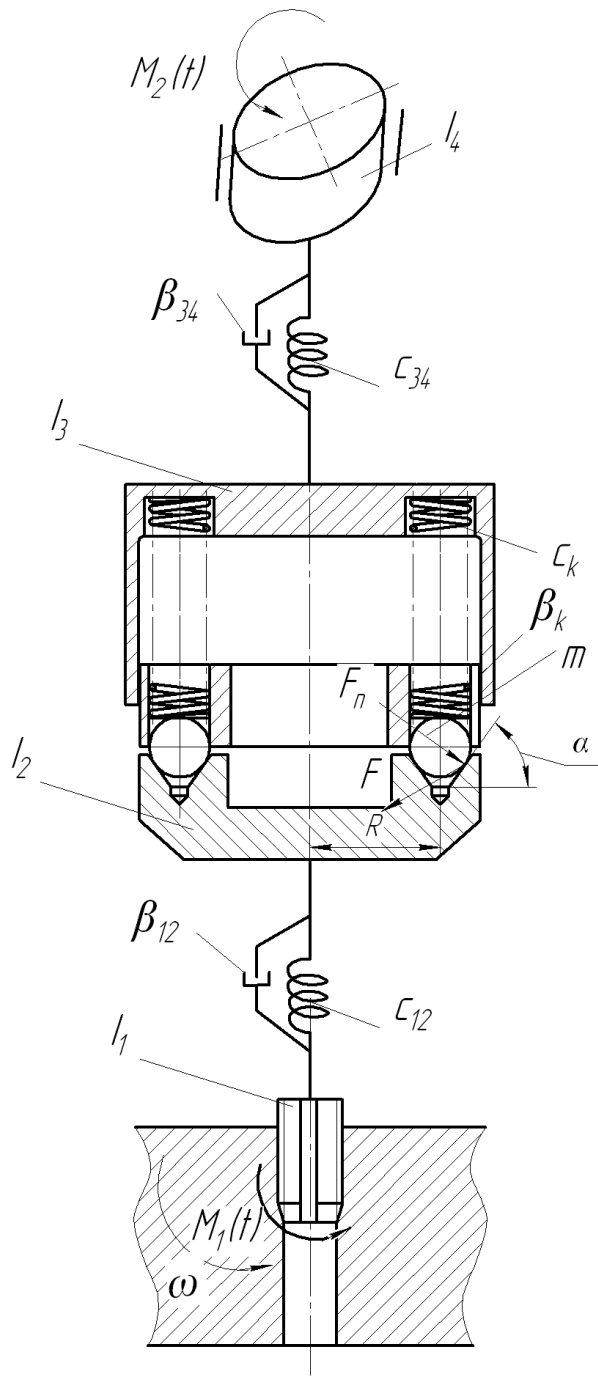


Рисунок 2.2 - Приведена схема динамічної системи для дослідження динаміки запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками

На різальний інструмент з моментом інерції  $I_1$  під час обробки отвору діє змінний у часі момент різання  $M_1(t)$ . На кульки з масою  $m$  діють колова сила  $F$  і нормальна сила  $F_n$ .

Співвідношення між коловою силою  $F$  і нормальною силою  $F_n$  можна визначити із рівнянь рівноваги

$$\begin{aligned}F - F_n \cdot \cos \alpha + F_t \cdot \sin \alpha &= 0; \\F - F_n \cdot \sin \alpha - F_t \cdot \cos \alpha &= 0; \\F_t &= F_n \cdot f.\end{aligned}\tag{2.1}$$

де  $F_t$  - сила тертя між кулькою та лункою, Н;

$\alpha$  - кут нахилу лунки, град;

$f$  - коефіцієнт тертя між кулькою та лункою.

Із системи рівнянь (2.1) встановлено:

$$F = F_n (\sin \alpha + f \cos \alpha).\tag{2.2}$$

Нормальну силу на кульці визначено за формулою:

$$F_n = \frac{C_k (h + \lambda)}{\cos \alpha - f \sin \alpha},\tag{2.3}$$

де  $h$  - величина переміщення кульки в осьовому напрямку;

$\lambda$  - початкова величина стиснення пружини.

Тоді колову силу на кульці визначено за формулою:

$$F = \frac{C_k (h + \lambda) (\sin \alpha + f \cos \alpha)}{\cos \alpha - f \sin \alpha}.\tag{2.4}$$

Відповідно максимальний крутний момент передачі на патроні:

$$M_p = \frac{zRC_k (h + \lambda) (\sin \alpha + f \cos \alpha)}{\cos \alpha - f \sin \alpha},\tag{2.5}$$

де  $z$  - кількість кульок у запобіжному патроні;

$R$  - радіус розташування кульок у запобіжному патроні.

На рисунках 2.3 – 2.7 побудовано графіки залежності максимального крутного моменту передачі на патроні від кута нахилу лунки, коефіцієнта тертя між кулькою та лункою, радіуса розташування кульок у запобіжному патроні, кількості кульок у запобіжному патроні.

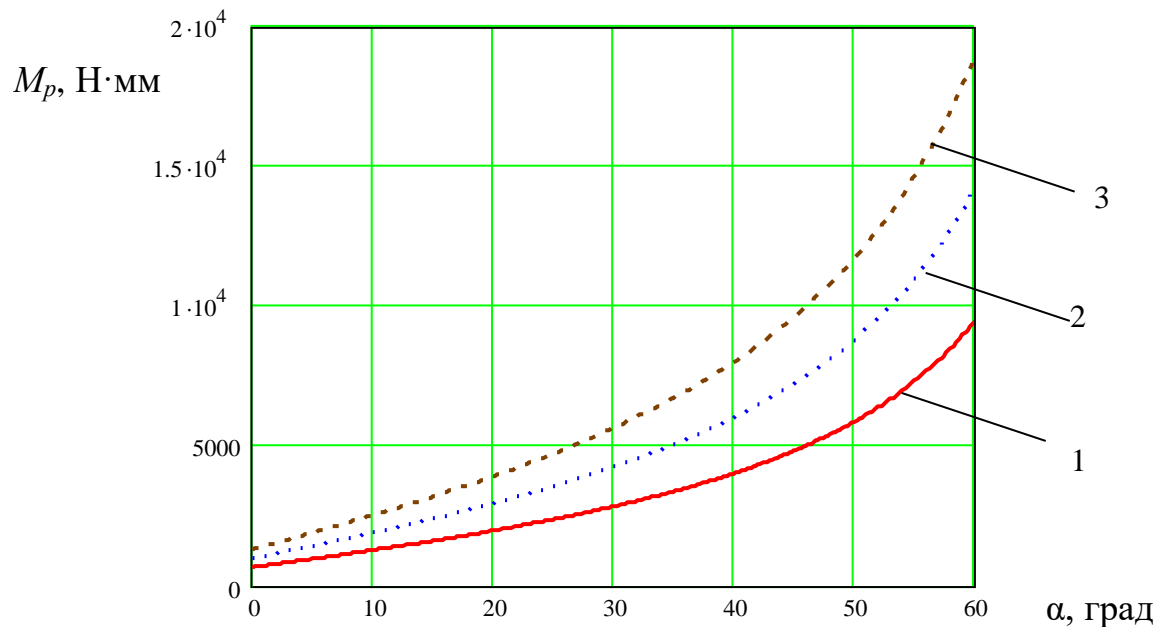


Рисунок 2.3 – Графіки залежності максимального крутного моменту передачі на патроні від кута нахилу лунки: 1 –  $R=20$ мм; 2 –  $R=30$ мм; 3 –  $R=40$ мм

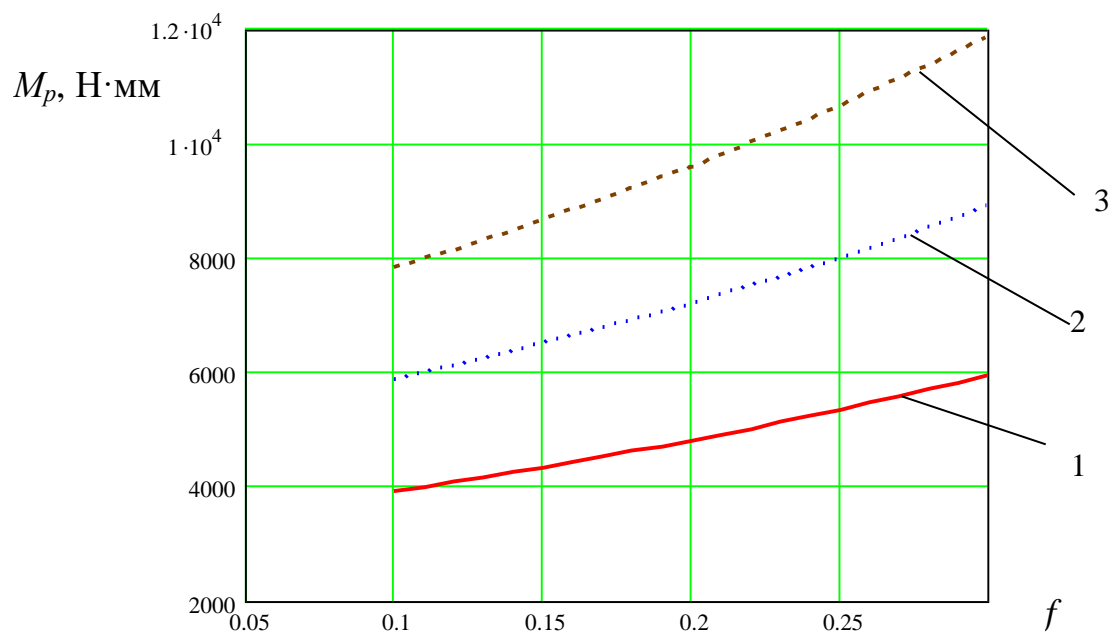
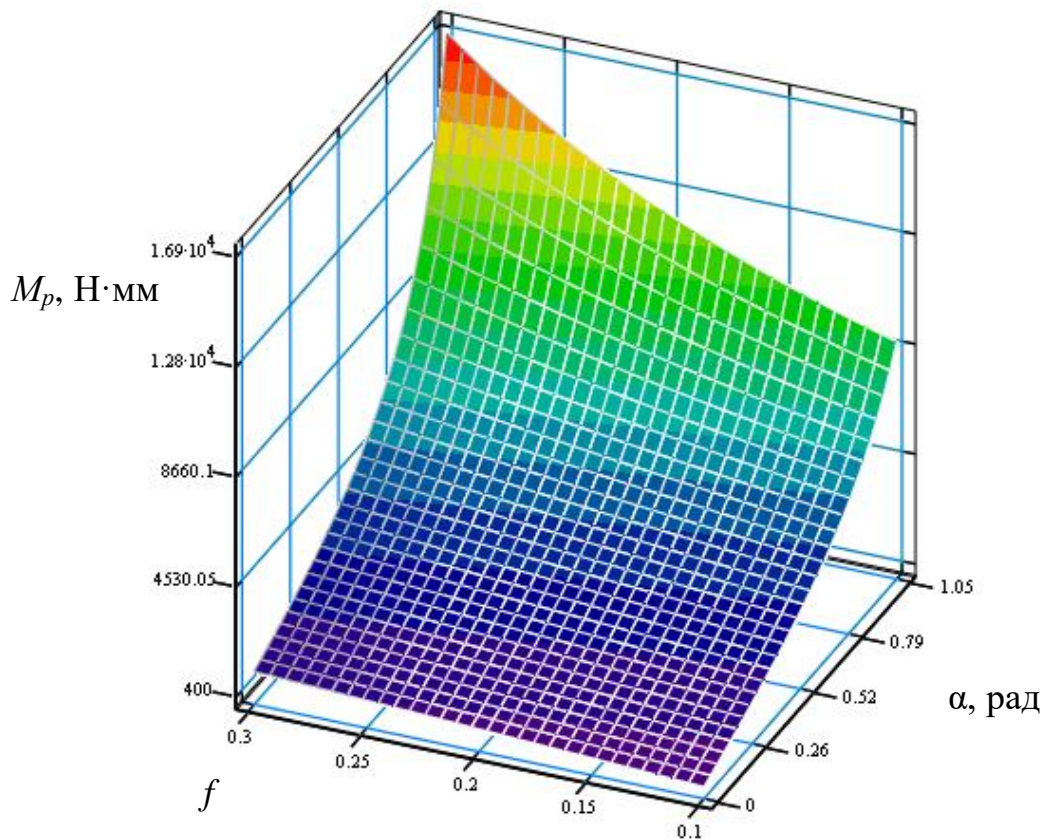
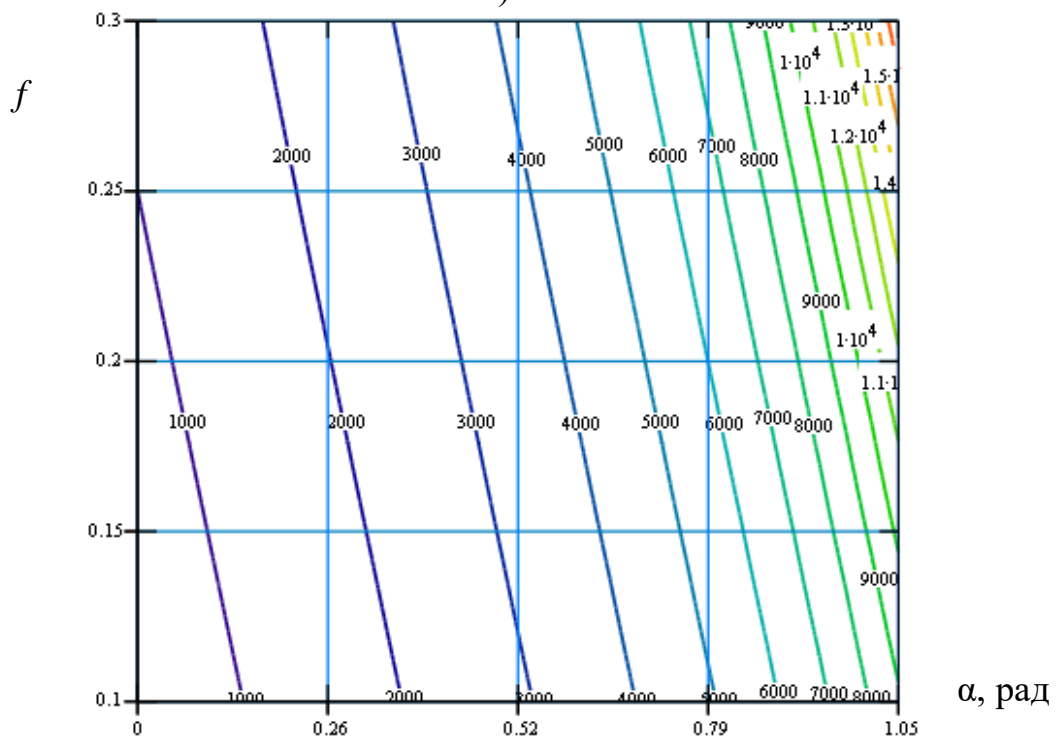


Рисунок 2.4 – Графіки залежності максимального крутного моменту передачі на патроні від коефіцієнта тертя між кулькою та лункою: 1 –  $R=20$ мм; 2 –  $R=30$ мм; 3 –  $R=40$ мм

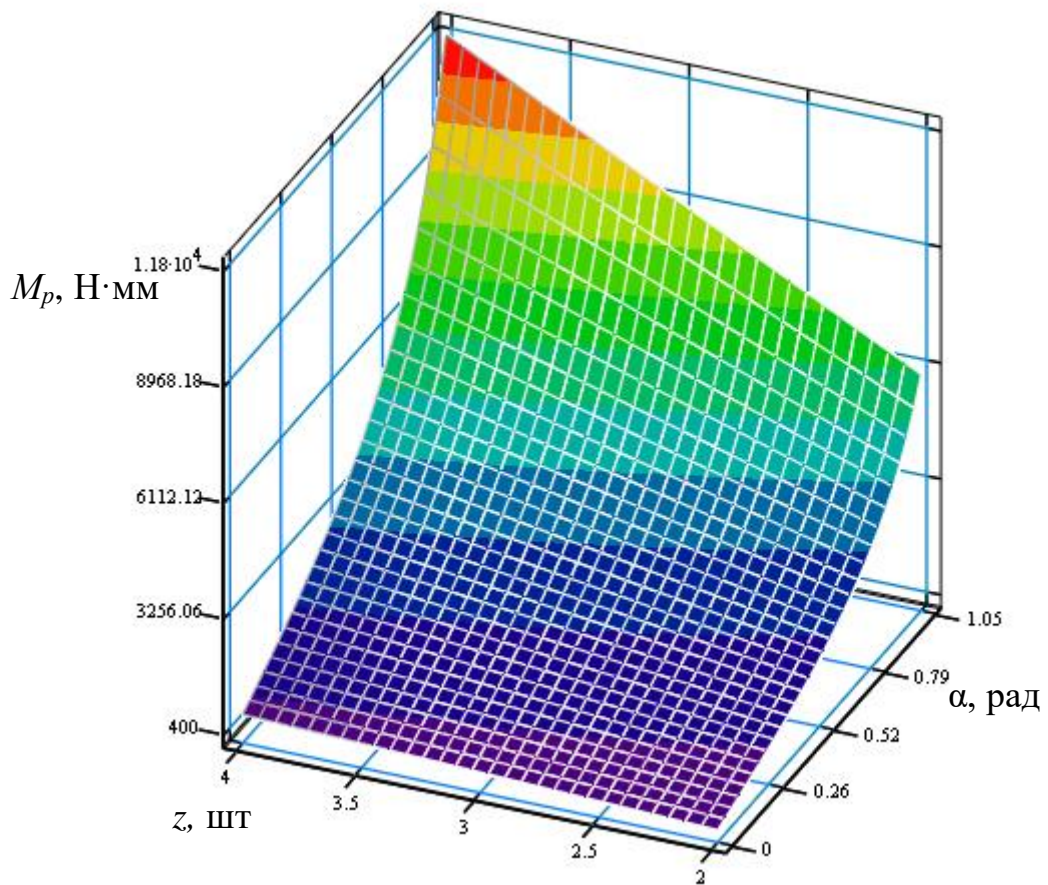


а)

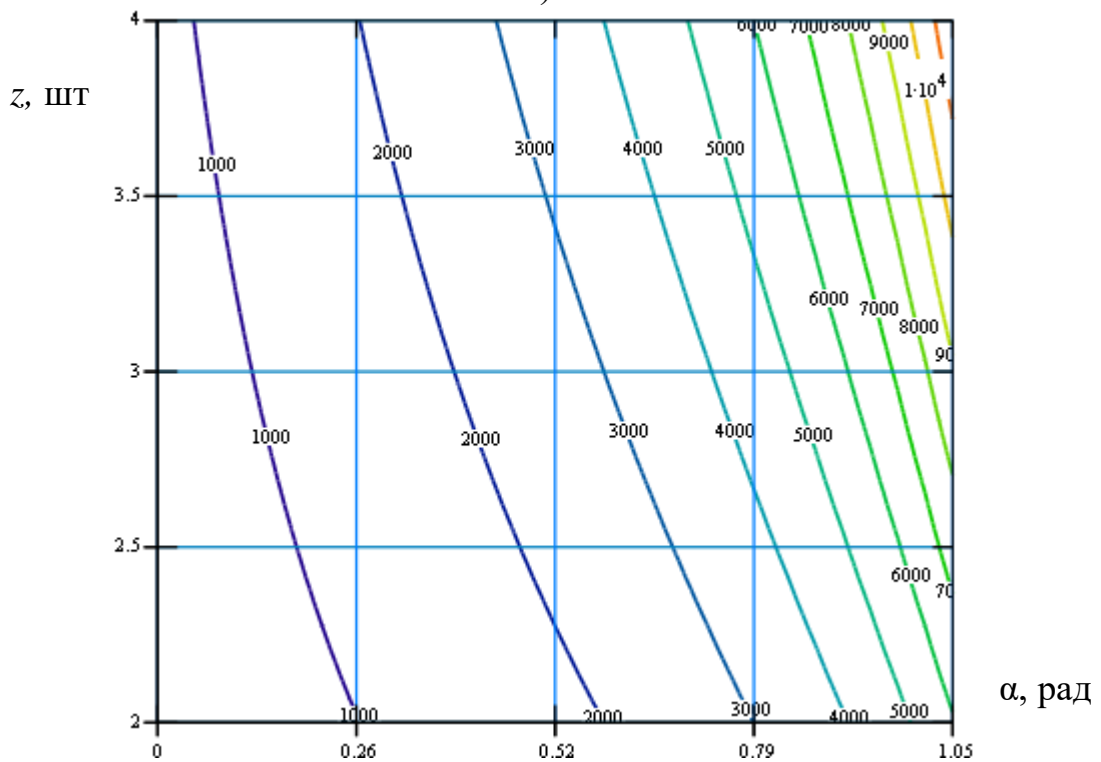


б)

Рисунок 2.5 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності максимального крутного моменту передачі на патроні від кута нахилу лунки та коефіцієнта тертя між кулькою та лункою



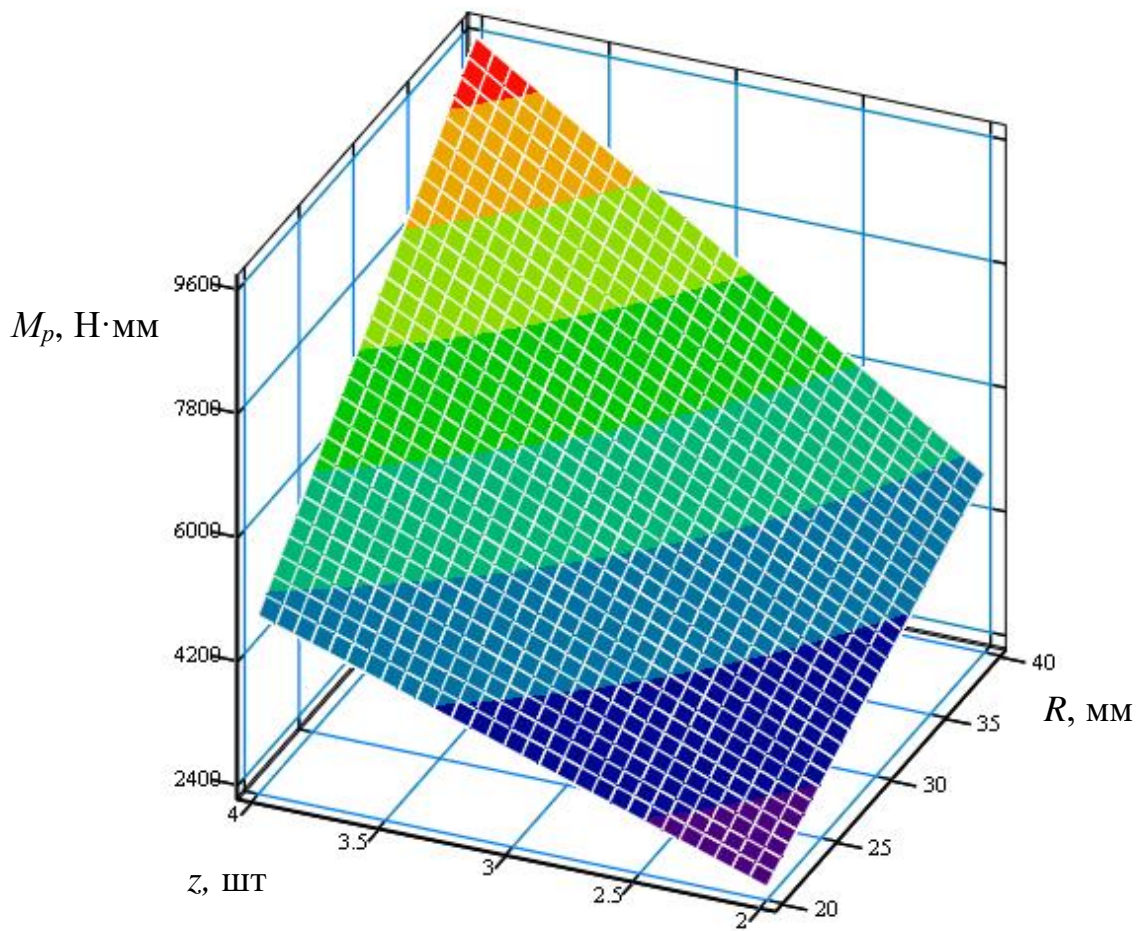
а)



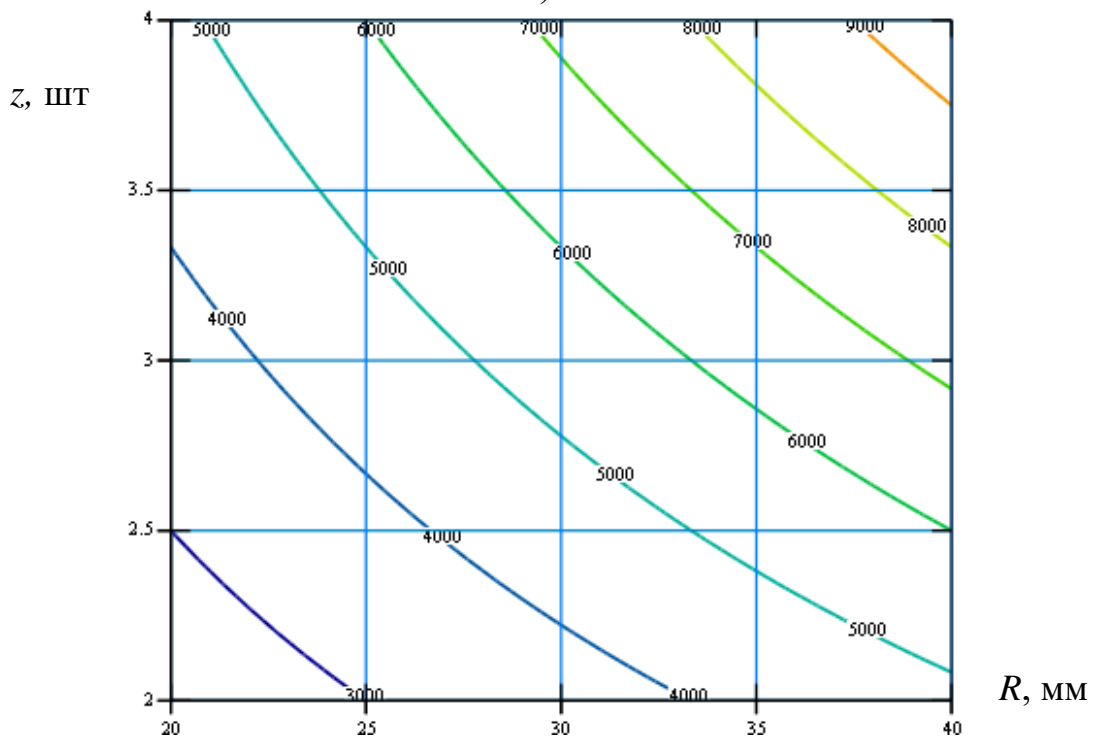
б)

Рисунок 2.6 - Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності максимального крутного моменту передачі на патроні від кута нахилу лунки та кількості кульок у запобіжному патроні





а)



б)

Рисунок 2.7 - Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності максимального крутного моменту передачі на патроні від кількості кульок у запобіжному патроні та радіуса розташування кульок



Кути повороту  $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$  та лінійне переміщення  $h$  кульок з масою  $m$  вибрано як розрахункові координати [28].

Кінетична енергія приведеної системи для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму, при якому  $\varphi_2 = \varphi_3$ :

$$T = \frac{I_1 \cdot \dot{\varphi}_1^2}{2} + \frac{(I_2 + I_3) \cdot \dot{\varphi}_2^2}{2} + \frac{I_4 \cdot \dot{\varphi}_4^2}{2}. \quad (2.6)$$

Потенціальна енергія приведеної системи для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму:

$$П = \frac{C_{12} \cdot (\varphi_2 - \varphi_1)^2}{2} + \frac{C_{34} \cdot (\varphi_4 - \varphi_2)^2}{2}. \quad (2.7)$$

Функція розсіювання приведеної механічної системи для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму:

$$\Phi = \frac{\beta_{12} \cdot (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_1)^2}{2} + \frac{\beta_{34} \cdot (\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_2)^2}{2}. \quad (2.8)$$

Кінетична енергія приведеної системи для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона, при якому  $\varphi_1 = 0$ :

$$T = \frac{I_2 \cdot \dot{\varphi}_2^2}{2} + \frac{I_3 \cdot \dot{\varphi}_3^2}{2} + \frac{I_4 \cdot \dot{\varphi}_4^2}{2} + \frac{m \cdot \dot{h}^2}{2}. \quad (2.9)$$

Потенціальна енергія приведеної системи для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона, при якому  $\varphi_1 = 0$ :

$$П = \frac{C_{12} \cdot \varphi_2^2}{2} + \frac{C_{34} \cdot (\varphi_4 - \varphi_3)^2}{2} + \frac{C_k \cdot (h + \lambda)^2}{2}. \quad (2.10)$$

Функція розсіювання приведеної механічної системи для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона, при якому  $\varphi_1 = 0$ :

$$\Phi = \frac{\beta_{12} \cdot \dot{\varphi}_2^2}{2} + \frac{\beta_{34} \cdot (\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_3)^2}{2} + \frac{\beta_k \cdot \dot{h}_2^2}{2}. \quad (2.11)$$

Рівняння Лагранжа другого роду для визначення коливань елементів приведеної системи:

- крутних

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_n} + \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi_n} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{\varphi}_n} = M_i(t). \quad (2.12)$$

- лінійних:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{h}_n} + \frac{\partial \Pi}{\partial h_n} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{h}_n} = F(t), \quad (2.13)$$

На основі рівнянь (2.11) та (2.12) виведено систему диференціальних рівнянь, що описують коливання елементів еквівалентної багатомасової системи для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму:

$$\left. \begin{aligned} I_1 \cdot \ddot{\varphi}_1 + C_{12} \cdot (\varphi_1 - \varphi_2) + \beta_{12} (\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) &= M_1(t); \\ (I_2 + I_3) \cdot \ddot{\varphi}_2 + C_{12} \cdot (\varphi_2 - \varphi_1) + \beta_{12} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_1) + \\ + C_{34} \cdot (\varphi_2 - \varphi_4) + \beta_{23\varphi} (\dot{\varphi}_2 - \dot{\varphi}_4) &= 0; \\ I_4 \cdot \ddot{\varphi}_4 + C_{34} \cdot (\varphi_4 - \varphi_2) + \beta_{34} (\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_2) &= -M_2(t). \end{aligned} \right\} \quad (2.14)$$

де  $M_2(t)$  – крутний момент на хвостовику запобіжного патрона.

На основі рівнянь (2.11) та (2.12) виведено систему диференціальних рівнянь, що описують коливання елементів еквівалентної багатомасової системи для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона:

$$\begin{aligned}
I_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 + C_{12} \cdot \varphi_2 + \beta_{12} \dot{\varphi}_2 &= zF_n R(\sin \alpha + f \cos \alpha); \\
I_3 \cdot \ddot{\varphi}_3 + C_{34} \cdot (\varphi_3 - \varphi_4) + \beta_{34} (\dot{\varphi}_3 - \dot{\varphi}_4) &= -zF_n R(\sin \alpha + f \cos \alpha); \\
I_4 \cdot \ddot{\varphi}_4 + C_{34} \cdot (\varphi_4 - \varphi_3) + \beta_{34} (\dot{\varphi}_4 - \dot{\varphi}_3) &= -M_2(t); \\
m \cdot \ddot{h} + C_k \cdot (h + \lambda) + \beta_k \dot{h} &= F_n (\cos \alpha - f \sin \alpha).
\end{aligned}
\tag{2.15}$$

Для розв'язку систем рівнянь (2.13) та (2.14) прийнято початкові умови в момент контакту різального інструменту із заготовкою, при цьому для початкового часу  $t = 0$  для числового розрахунку прийнято умови:

$$\begin{aligned}
\varphi_1(0) = 0, \varphi_2(0) = 0, \varphi_3(0) = 0, \varphi_4(0) = 0, h(0) = 0; \\
\dot{\varphi}_1(0) = 0, \dot{\varphi}_2(0) = 0, \dot{\varphi}_3(0) = 0, \dot{\varphi}_4(0) = 0, \dot{h}(0) = 0.
\end{aligned}
\tag{2.16}$$

Розв'язок систем диференціальних рівнянь (2.13) та (2.14) виконано із використанням прикладного програмного забезпечення, що використовує підпрограму чисельного методу Рунге-Кутта із початковими координатами, що визнаються із рівнянь (2.15). При цьому розв'язок представлено у вигляді числових даних та графіків.

Для знаходження динамічних навантажень в елементах приведеної системи виникає необхідність у визначенні відносних деформацій  $\psi_i$ :

$$\begin{aligned}
\psi_1 &= \varphi_1 - \varphi_2; \\
\psi_2 &= \varphi_2 - \varphi_4; \\
\psi_3 &= \varphi_3 - \varphi_4.
\end{aligned}
\tag{2.17}$$

Динамічні крутні моменти, що виникають в елементах патрона для випадків нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму та спрацювання запобіжного механізму патрона:

$$\begin{aligned}
M_{1d} &= \psi_1 C_{12}; \\
M_{2d} &= \psi_2 C_{34}; \\
M_{3d} &= \psi_3 C_{34}; \\
M_{4d} &= \varphi_2 C_{12}.
\end{aligned} \tag{2.18}$$

Тому систему рівнянь (2.13) для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму записано таким чином:

$$\left. \begin{aligned}
\ddot{\psi}_1 &= \frac{-M_1(t) - C_{12} \cdot \psi_1}{I_1} - \frac{C_{12} \cdot \psi_1 - C_{34} \cdot \psi_2}{I_2 + I_3}; \\
\ddot{\psi}_2 &= \frac{C_{12} \cdot \psi_1 - C_{34} \cdot \psi_2}{I_2 + I_3} - \frac{C_{23} \cdot \psi_2 + M_2(t)}{I_4}.
\end{aligned} \right\} \tag{2.19}$$

Систему рівнянь (2.14) для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона записано таким чином:

$$\left. \begin{aligned}
I_2 \cdot \ddot{\varphi}_2 + C_{12} \cdot \varphi_2 + \beta_{12} \dot{\varphi}_2 &= z F_n R (\sin \alpha - f \cos \alpha); \\
\ddot{\psi}_3 &= \frac{C_{34} \cdot \psi_3 + z F_n R (\sin \alpha - f \cos \alpha)}{I_3} - \frac{C_{34} \cdot \psi_3 + M_2(t)}{I_4}; \\
m \cdot \ddot{h} + C_k \cdot (h + \lambda) + \beta_k \dot{h} &= F_n (\cos \alpha - f \sin \alpha).
\end{aligned} \right\} \tag{2.20}$$

Початкові відносні деформації і швидкості деформацій прийнято нульовими для часу  $t = 0$ :

$$\begin{aligned}
\psi_1(0) &= 0; \psi_2(0) = 0; \psi_3(0) = 0; \\
\dot{\psi}_1(0) &= 0; \dot{\psi}_2(0) = 0; \dot{\psi}_3(0) = 0.
\end{aligned} \tag{2.21}$$

Розв'язок систем диференціальних рівнянь (2.18) та (2.19) виконано із використанням прикладного програмного забезпечення, що використовує підпрограму чисельного методу Рунге-Кутта.

В результаті використання розробленого алгоритму та підпрограми побудовано графіки, де показано зміни кута відносної деформації різального

інструменту в часі для випадків нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму (рис. 2.8) та спрацювання запобіжного механізму патрона (рис. 2.12), зміни кута відносної деформації хвостовика в часі для випадків нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму (рис. 2.9) та спрацювання запобіжного механізму патрона (рис. 2.13), зміни динамічного крутного моменту на різальному інструменті в часі для випадків нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму (рис. 2.10) та спрацювання запобіжного механізму патрона (рис. 2.14), зміни динамічного крутного моменту на хвостовику в часі для випадків нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму (рис. 2.11) та спрацювання запобіжного механізму патрона (рис. 2.15).



Рисунок 2.8 - Графік зміни кута відносної деформації різального інструменту в часі для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму

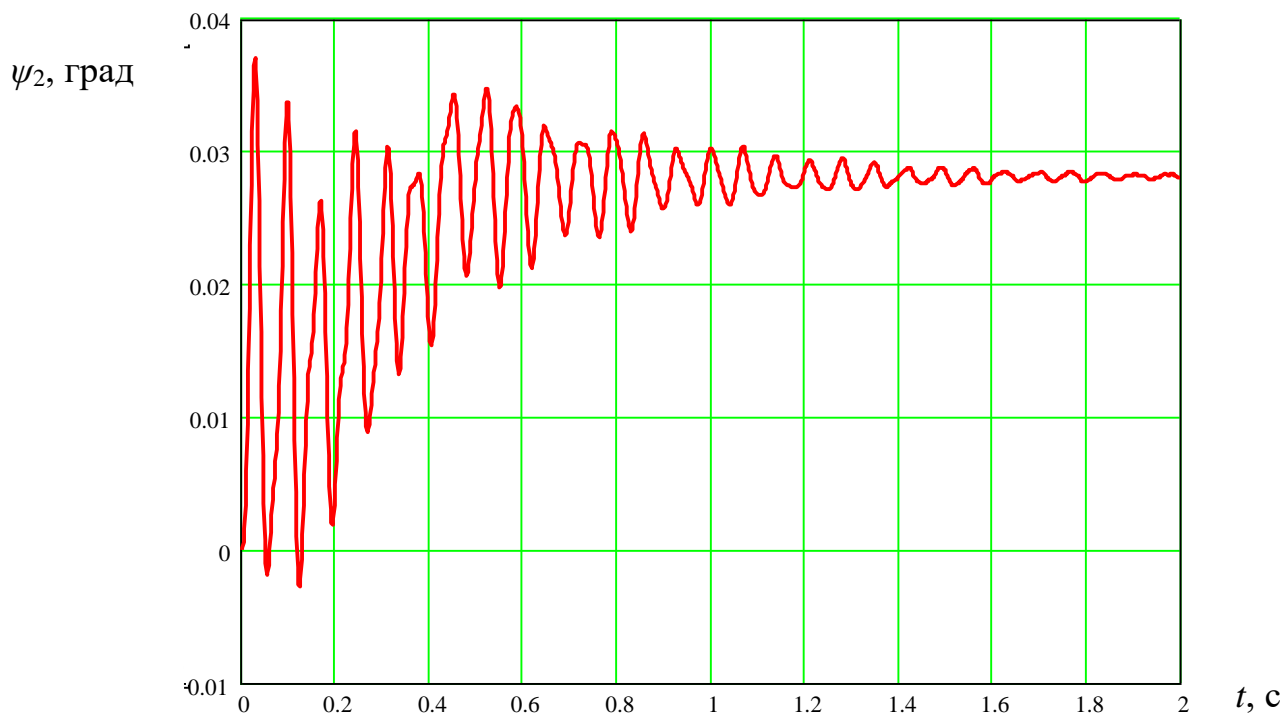


Рисунок 2.9 - Графік зміни кута відносної деформації хвостовика в часі для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму

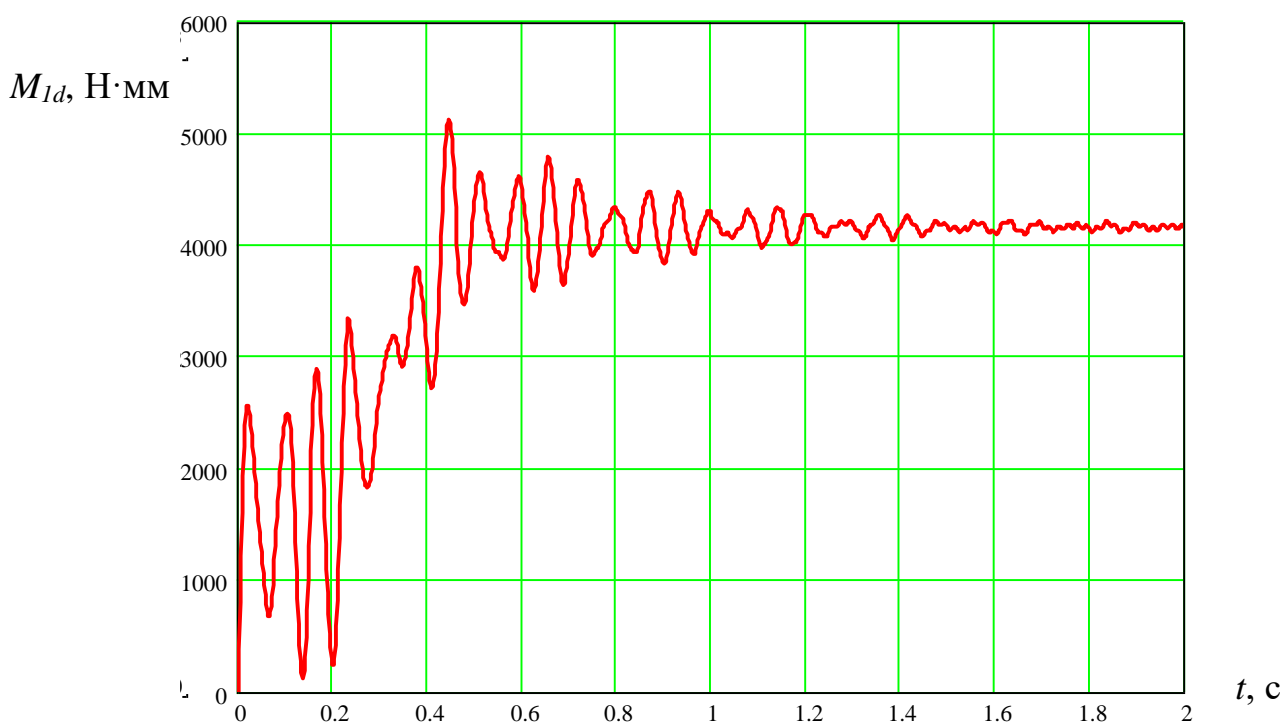


Рисунок 2.10 - Графік зміни динамічного крутного моменту на різальному інструменті в часі для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму

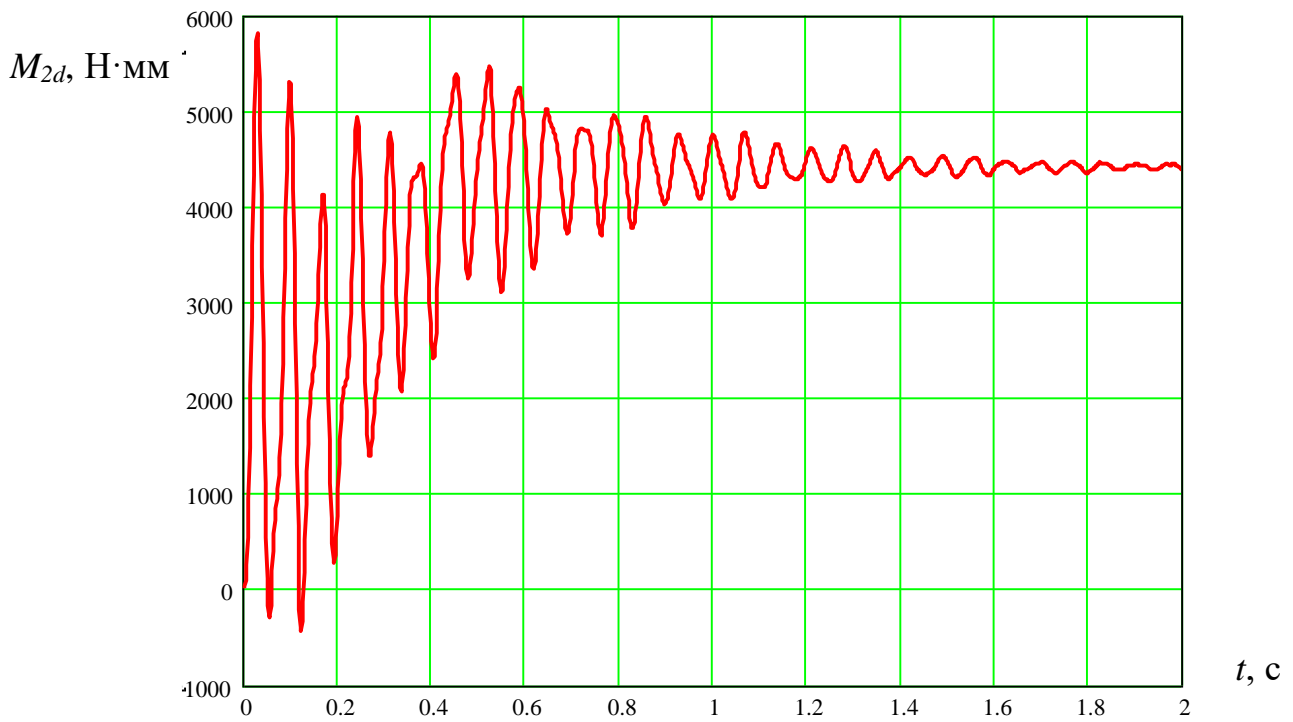


Рисунок 2.11 - Графік зміни динамічного крутного моменту на хвостовику в часі для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму

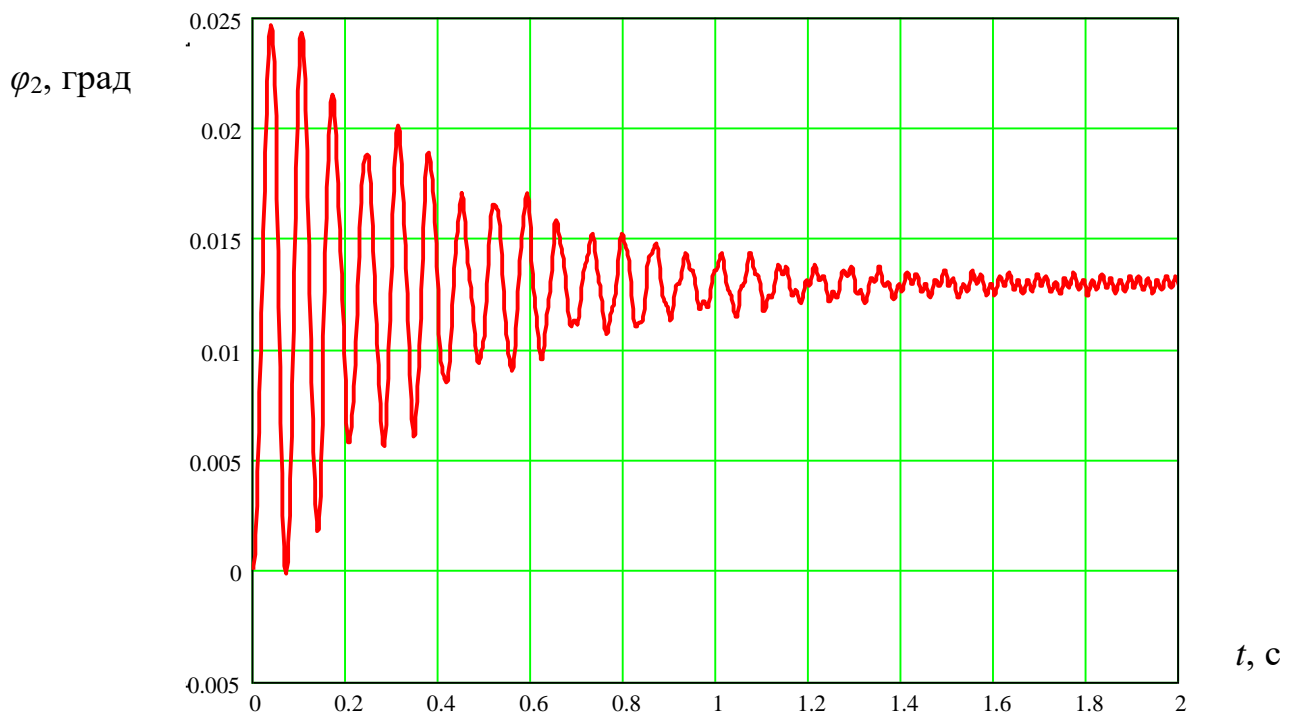


Рисунок 2.12 - Графік зміни кута відносної деформації різального інструменту в часі для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона

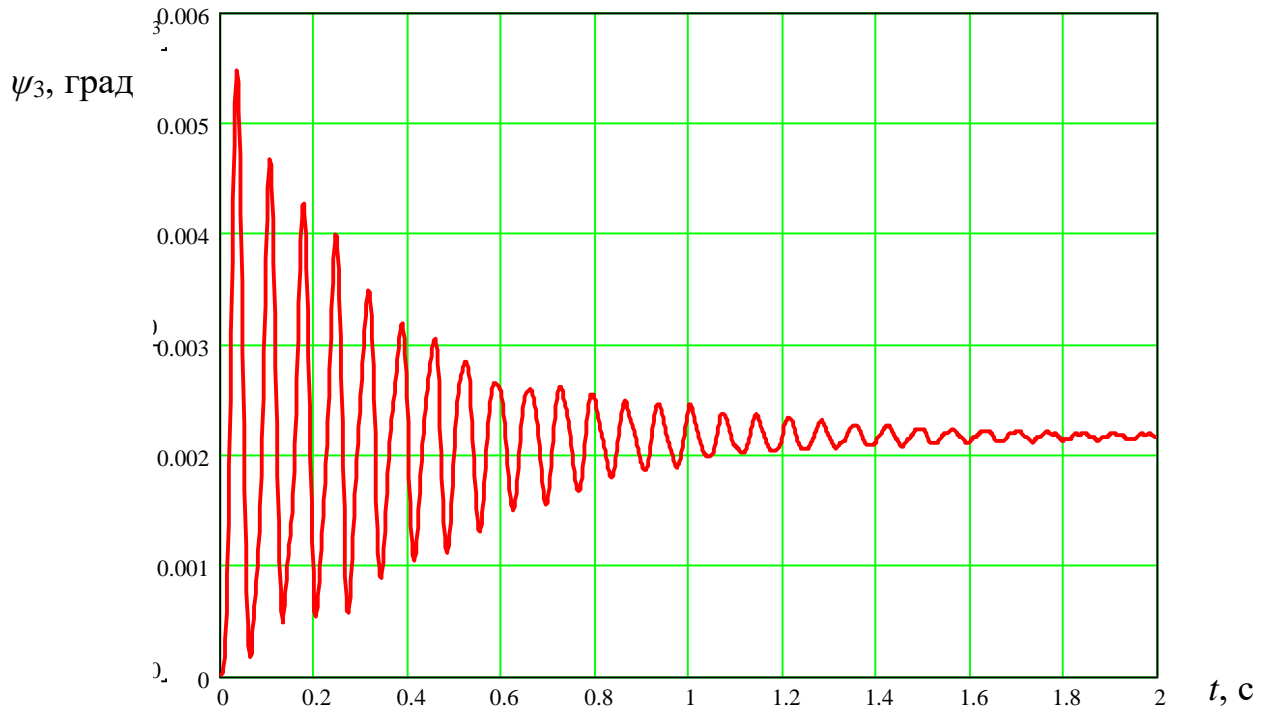


Рисунок 2.13 - Графік зміни кута відносної деформації хвостовика в часі для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона

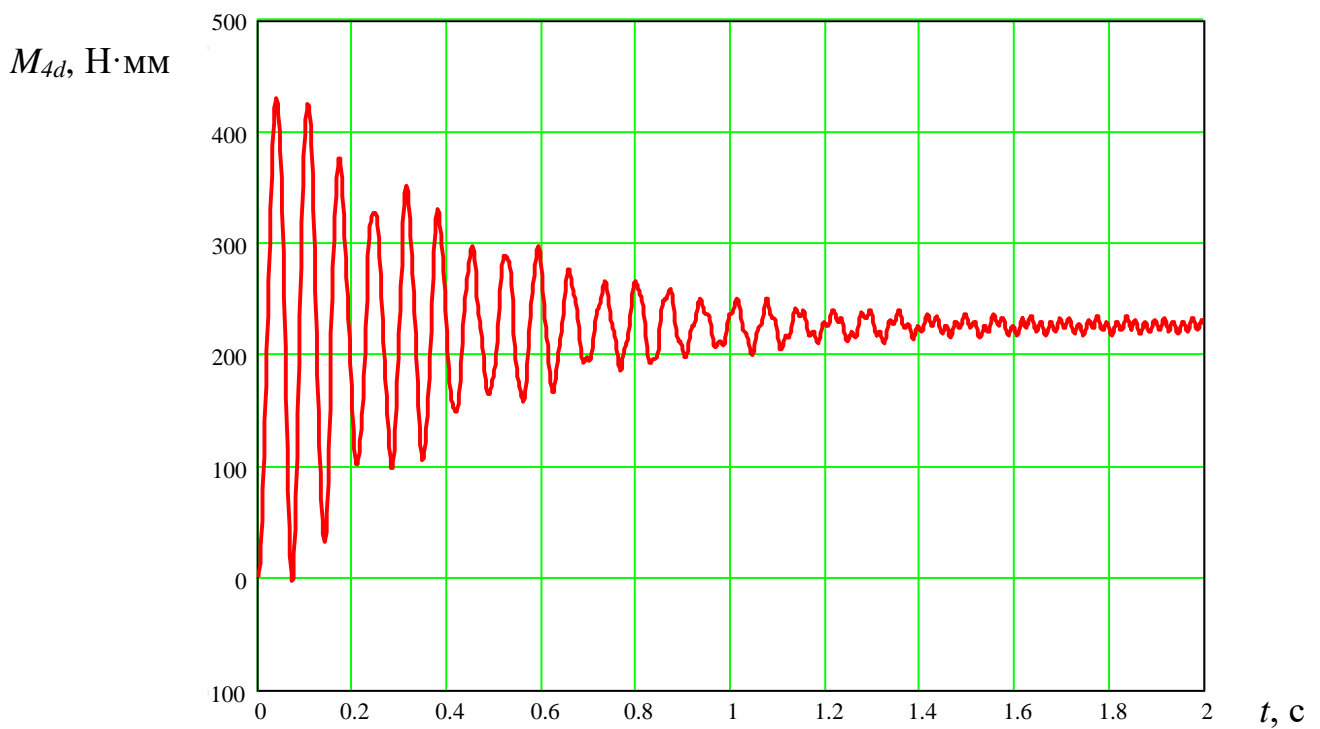


Рисунок 2.14 - Графік зміни динамічного крутного моменту на різальному інструменті в часі для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона



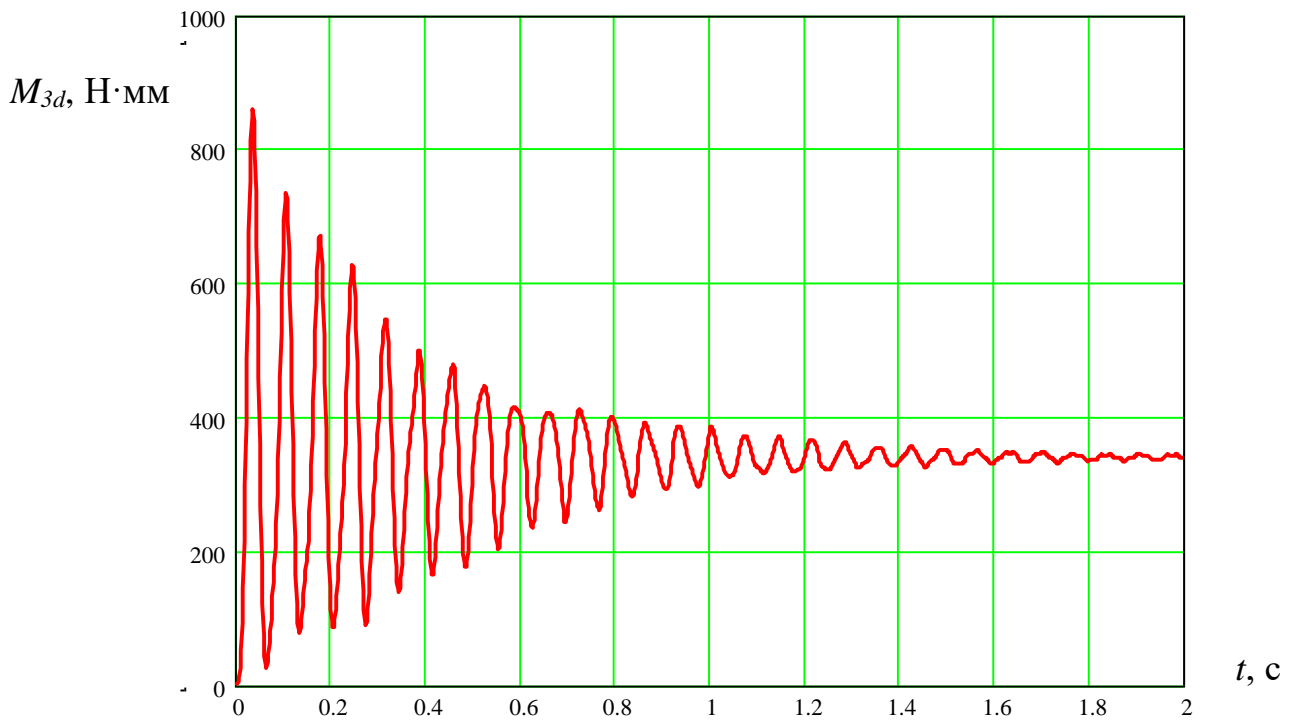


Рисунок 2.15 - Графік зміни динамічного крутного моменту на хвостовику в часі для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона

На основі побудованих графіків (рис. 2.8 – рис. 2.15) встановлено, що під час врізання різального інструменту у заготовку для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму відбувається зростання кутів відносної деформації різального інструменту до 0,15 град та хвостовика до 0,035 град. При збільшенні шару зрізаного металу відбувається зростання кута відносної деформації різального інструменту до 0,24 град та зменшення кута деформації хвостовика до 0,028 град.

Для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона максимальні кути відносної деформації різального інструменту та хвостовика становлять 0,025 град та 0,0055 град відповідно.

Під час врізання різального інструменту у заготовку для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму відбувається зростання динамічного крутного моменту на різальному інструменті до 3000 Н·мм та хвостовику до 5800 Н·мм. При збільшенні шару зрізаного металу відбувається зростання динамічного крутного моменту на

різальному інструменті до 3000 Н·мм та зменшення динамічного крутного моменту на хвостовику до 4500 Н·мм.

Для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона максимальні значення динамічного крутного моменту на різальному інструменті та хвостовику становлять 420 Н·мм та 850 Н·мм відповідно.

Отже, використання запобіжного патрона зменшує кути відносної деформації різального інструменту у 9,6 разів, а хвостовика – у 5,1 рази, що дозволяє у випадку різкого зростання моменту різання вище гранично допустимої величини запобігати руйнуванню різального інструменту.

## **2.2. Висновки**

В розділі представлено конструктивна схема запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками. Виведено рівняння та побудовано графіки залежності максимального крутного моменту передачі на патроні від кута нахилу лунки, коефіцієнта тертя між кулькою та лункою, радіуса розташування кульок у запобіжному патроні, кількості кульок у запобіжному патроні.

Проведено дослідження динаміки запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками. Виведено систему диференціальних рівнянь, яку розв'язано із використанням прикладного програмного забезпечення, що використовує підпрограму чисельного методу Рунге-Кутта із нульовими початковими координатами. На основі побудованих графіків встановлено, що під час вривання різального інструменту у заготовку для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму відбувається зростання кутів відносної деформації різального інструменту до 0,15 град та хвостовика до 0,035 град. При збільшенні шару зрізаного металу відбувається зростання кута відносної деформації різального інструменту до 0,24 град та зменшення кута деформації хвостовика до 0,028 град.

Для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона максимальні кути відносної деформації різального інструменту та хвостовика становлять 0,025 град та 0,0055 град відповідно.

Під час врізання різального інструменту у заготовку для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму відбувається зростання динамічного крутного моменту на різальному інструменті до 3000 Н·мм та хвостовику до 5800 Н·мм. При збільшенні шару зрізаного металу відбувається зростання динамічного крутного моменту на різальному інструменті до 3000 Н·мм та зменшення динамічного крутного моменту на хвостовику до 4500 Н·мм.

Для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона максимальні значення динамічного крутного моменту на різальному інструменті та хвостовику становлять 420 Н·мм та 850 Н·мм відповідно.

Отже, використання запобіжного патрона зменшує кути відносної деформації різального інструменту у 9,6 разів, а хвостовика – у 5,1 рази, що дозволяє у випадку різкого зростання моменту різання вище гранично допустимої величини запобігати руйнуванню різального інструменту.

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Аналіз технологічності деталі

Визначення показників технологічності корпусу АЛЯЯ 732114.014 ґрунтуються на числових даних, приведених в таблиці 1.1.

Розрахунок коефіцієнта точності обробки корпусу АЛЯЯ 732114.014:

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{cp}}}, \quad (3.1)$$
$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 78 + 12 \cdot 35 + 7 \cdot 1}{114} = 13,32;$$
$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{13,32} = 0,92.$$

Якщо  $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$ , то корпус АЛЯЯ 732114.014 є технологічним.

Розрахунок коефіцієнта шорсткості поверхонь корпусу АЛЯЯ 732114.014:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{cp}}}, \quad (3.2)$$
$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 35 + 3 \cdot 78}{114} = 3,32,$$
$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{3,32} = 0,3.$$

Якщо  $K_{\text{ш}} = 0,3 > 0,16$ , то корпус АЛЯЯ 732114.014 є технологічним.

Розрахунок коефіцієнта уніфікації конструктивних елементів корпусу АЛЯЯ 732114.014

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_e} = \frac{102}{114} = 0,89. \quad (3.3)$$

Якщо  $K_{\text{у.е.}} = 0,89 > 0,6$ , то корпус АЛЯЯ 732114.014 є технологічним.

На основі одержаних розрахунків встановлено, що деталь “Корпус” АЛАЯ 732114.014 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 732114.014, 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 732114.014 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.1).

Формули для розрахунку об’єму та маси заготовок:

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

$q = 2,98$  – маса деталі, кг;

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

Таблиця 3.1 – Припуски корпуса АЛАЯ 732114.014

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 310,7	Rz52	1,6	Не підлягає механічній обробці	310,7±0,8
Зовнішня поверхня 438,42	Rz52	1,8	Не підлягає механічній обробці	438,42±0,9

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Зовнішня торцева поверхня 65h14 <sub>(-0,74)</sub>	Ra 12,7	1,1	1,2	66,2±0,55
Дві торцеві поверхні 202±0,2; 24±0,1	Ra 12,7	1,4	1,6 × 2 = 3,2	198,8±0,7
Наскрізний отвір Ø16,5H7 <sup>(+0,018)</sup> ; l=22; 70±0,2; 21,5±0,1	Ra2,7	0,8	1,4 × 2 = 2,8	Ø13,7±0,4
2) литво у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей – 11 клас; ряд– 3.				
Зовнішня поверхня 310,7	Rz200	6,4	Не підлягає механічній обробці	310,7±3,2
Зовнішня поверхня 438,42	Rz200	7,0	Не підлягає механічній обробці	438,42±3,5
Зовнішня торцева поверхня 65h14 <sub>(-0,74)</sub>	Ra 12,7	4,4	4,0	69±2,2
Дві торцеві поверхні 202±0,2; 24±0,1	Ra 12,7	5,6	5,0 × 2 = 10,0	192±2,8

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:

$$V_{\text{пр1}} = 8730,64 \cdot 1,2 \cdot 2 = 20953,54 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = 2 \cdot 2611,8 \cdot 3,5 = 18282,6 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (16,5^2 - 13,7^2) \cdot 11,3}{4} = 750,1 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = 20 \cdot \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 7,5}{4} = 735,94 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 7,0}{4} = 791,28 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 15}{4} = 753,6 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = \frac{\pi \cdot 6,0^2 \cdot 17}{4} = 480,42 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = \frac{\pi \cdot 10,0^2 \cdot 22}{4} = 1727 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр9}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 8,0^2 \cdot 7,55}{4} = 758,62 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр10}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 10,0^2 \cdot 20}{4} = 3140 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр11}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 6,0^2 \cdot 11}{4} = 621,72 \text{ мм}^3.$$

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

$$\sum V_{\text{пр}_i} = 20953,54 + 18282,6 + 750,1 + 735,94 + 791,28 + 753,6 + 480,42 + 1727 + 758,62 + 3140 + 621,72 = 48994,82 \text{ мм}^3 = 49 \text{ см}^3.$$

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

$$V_{\text{пр1}} = 2 \cdot 8730,64 \cdot 4 = 69845,12 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = 2 \cdot 2611,8 \cdot 3,5 = 18282,6 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot 16,5^2 \cdot 11,3}{4} = 2415 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = 20 \cdot \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 7,5}{4} = 735,94 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 7,0}{4} = 791,28 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 15}{4} = 753,6 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = \frac{\pi \cdot 6,0^2 \cdot 17}{4} = 480,42 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = \frac{\pi \cdot 10,0^2 \cdot 22}{4} = 1727 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр9}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 8,0^2 \cdot 7,55}{4} = 758,62 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр10}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 10,0^2 \cdot 20}{4} = 3140 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр11}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 6,0^2 \cdot 11}{4} = 621,72 \text{ мм}^3.$$

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

$$\sum V_{\text{пр}i} = 69845,12 + 18282,6 + 2415 + 735,94 + 791,28 + 753,6 + 480,42 + 1727 + 758,62 + 3140 + 621,72 = 99551,3 \text{ мм}^3 = 99,6 \text{ см}^3.$$

Загальні маси припусків:

– литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$m_{\text{пр1}} = 49 \cdot 2,6 = 127,4 \text{ г} = 0,13 \text{ кг}.$$

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

$$m_{\text{пр2}} = 99,6 \cdot 2,6 = 258,96 \text{ г} = 0,26 \text{ кг}.$$

На основі попередніх розрахунків визначаємо маси заготовок:

– литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$Q_1 = 2,98 + 0,13 = 3,11 \text{ кг}.$$

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

$$Q_2 = 2,98 + 0,26 = 3,24 \text{ кг}.$$



Коефіцієнт використання матеріалу:

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

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

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{2,98}{3,11} = 0,95.$$

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

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{2,98}{3,24} = 0,92.$$

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 АЛАЯ 732114.014 із вибором оптимального надано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняння двох маршрутів механічної обробки корпусу АЛАЯ 732114.014

№ 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 торцева поверхня 65h14 <sub>(-0,74)</sub>	14	Ra 12,7	Фрезерування торцевою фрезою	–
2	Криволінійний торцевий паз b=4H14 <sup>(+0,3)</sup> ; 3,5±0,1	14	Ra 12,7	Фрезерування кінцевою фрезою	–
3-8	Шість глухих отворів Ø2,5H14 <sup>(+0,25)</sup> ; l=7,5; 207±0,5; 103,5±0,5; 210±0,3	14	Ra 12,7	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
9-12	Чотири глухих отвори Ø2,5H14 <sup>(+0,25)</sup> ; l=7,5; 87±0,2	14	Ra 12,7	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
13-20	Вісім глухих отворів Ø2,5H14 <sup>(+0,25)</sup> ; l=7,5; 60±0,2; 87±0,2; 207±0,2; 15±0,2	14	Ra 12,7	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
21-26	Шість внутрішніх фасок 0,5×45°; 207±0,5; 103,5±0,5; 210±0,3	14	Ra 12,7	Формування при свердлінні комбінованим інструментом	Зенкування
22-25	Чотири внутрішні фаски 0,5×45°; 87±0,2	14	Ra 12,7	Формування при свердлінні комбінованим інструментом	Зенкування
26-33	Вісім внутрішніх фасок 0,5×45°; 60±0,2; 87±0,2; 207±0,2; 15±0,2	14	Ra 12,7	Формування при свердлінні комбінованим інструментом	Зенкування
34-37	Чотири наскрізних отвори під різь М6-7H Ø4,95 <sup>+0,26</sup> ; l=7,5; 283±0,5; 409±0,4	13	Ra 6,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
38-41	Чотири внутрішні фаски 1×45°; 283±0,5; 409±0,4	14	Ra 12,7	Зенкування	–

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
42-45	Чотири наскрізних різевих отвори М6-7Н; 283±0,5; 409±0,4	(7)	Ra 6,5	Нарізання різі мітчиком	—
46	Глухий отвір під різь М6-7Н $\varnothing 4,95^{+0,26}$ ; $l=17^{+1}$ ; 90±0,2; 118±0,3	13	Ra 6,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
47	Внутрішня фаска 1×45°; 90±0,2; 118±0,3	14	Ra 12,7	Зенкування	—
48	Глухий різевий отвір М6-7Н; $l=12$ ; 90±0,2; 118±0,3	(7)	Ra 6,5	Нарізання різі мітчиком	—
49-52	Чотири глухих отвори під різь М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=15^{+1}$ ; 132±0,5; 51,5±0,5; 97,5±0,5	13	Ra 6,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
53-56	Чотири внутрішні фаски 0,5×45°; 132±0,5; 51,5±0,5; 97,5±0,5	14	Ra 12,7	Зенкування	—
57-80	Чотири різевих глухих отвори М4-7Н; $l=11$ ; 132±0,5; 51,5±0,5; 97,5±0,5	(7)	Ra 6,5	Нарізання різі мітчиком	—
81-82	Два глухих отвори $\varnothing 2,5$ Н14( $^{+0,25}$ ); $l=7,5^{+1}$ ; 102±0,5; 11,5±0,2	14	Ra 12,7	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
83-84	Дві внутрішні фаски 0,5×45°; 102±0,5; 11,5±0,2	14	Ra 12,7	Формування при свердлінні комбінованим інструментом	Зенкування
85	Глухий отвір під різь М4-7Н $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=12$ ; 103,5±0,5	13	Ra 6,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
86	Внутрішня фаска 0,5×45°; 103,5±0,5	14	Ra 12,7	Зенкування	—
87	Глухий різевий отвір М4-7Н; $l=10$ ; 103,5±0,5	(7)	Ra 6,5	Нарізання різі мітчиком	—
88-89	Два глухих отвори під різь М10-7Н $\varnothing 8,43^{+0,3}$ ; $l=20$ ; 99,5±0,2; 87±0,5; 30±0,5	13	Ra 6,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
90-91	Дві внутрішні фаски 2×45°; 99,5±0,2; 87±0,5; 30±0,5	14	Ra 12,7	Зенкування	—
92-93	Два глухих різевих отвори М10-7Н; l=15; 99,5±0,2; 87±0,5; 30±0,5	(7)	Ra 6,5	Нарізання різі мітчиком	—
94-95	Два наскрізних отвори під різь М8-7Н Ø6,7 <sup>+0,26</sup> ; l=7,55; 99,5±0,2; 12,5±0,1	13	Ra 6,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
96-97	Дві внутрішні фаски 1,5×45°; 99,5±0,2; 12,5±0,1	14	Ra 12,7	Зенкування	—
98-99	Два наскрізних різевих отвори М8-7Н; l=7,55; 99,5±0,2; 12,5±0,1	(7)	Ra 6,5	Нарізання різі мітчиком	—
100, 101	Дві торцеві поверхні 202±0,2; 24±0,1	14	Ra 12,7	Фрезерування кінцевою фрезою	—
102	Глухий отвір під різь М10-7Н Ø8,43 <sup>+0,3</sup> ; l=22; 50±0,2; 17±0,1	13	Ra 6,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору
103	Внутрішня фаска 1,5×45°; 50±0,2; 17±0,1	14	Ra 12,7	Формування при свердлінні комбінованим інструментом	Зенкування
104	Наскрізний отвір Ø5Н14 <sup>(+0,3)</sup> ; 50±0,2; 17±0,1	14	Ra 12,7	Свердління	—
105	Різовий глухий отвір М10-7Н; l=15; 50±0,2; 17±0,1	(7)	Ra 6,5	Нарізання різі мітчиком	—
107	Наскрізний отвір Ø16,5Н7 <sup>(+0,018)</sup> ; l=22; 70±0,2; 21,5±0,1	7	Ra 2,7	Зенкерування Розвертання чорнове Розвертання чистове	Розсвердлювання Розвертання чорнове Розвертання чистове
108-109	Два глухих отвори під різь М6-7Н Ø4,95 <sup>+0,26</sup> ; l=11; 300±0,1	13	Ra 6,5	Центрування Свердління на верстаті з ЧПК	Свердління по кондуктору

Закінчення таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
110-111	Дві внутрішні фаски 1×45°; 300±0,1	14	Ra 12,7	Формування при свердлінні комбінованим інструментом	Зенкування
112-113	Два глухих різевих отвори М6-7Н; l=8; 300±0,1	(7)	Ra 6,5	Нарізання різі мітчиком	—
114	Зовнішня поверхня 310,7 × 438,42	7 клас точності розмірів і мас	Rz 52	Не підлягає обробці різанням	—

Оптимальний маршрут обробки корпусу АЛАЯ 732114.014.

005. Програмна з ЧПК.

- Фрезерувати остаточно торець 1, витримуючи розмір 65<sub>-0,74</sub>.
- Центрувати тридцять один отвір 3-8, 9-12, 13-20, 34-37, 46, 49-52, 81-82, 85, витримуючи розміри  $\varnothing 1,0^{+0,10}$ ;  $\varnothing 2,12^{+0,12}$ ; 1,3; 0,97<sup>+0,06</sup>; 207±0,5; 103,5±0,5; 210±0,3; 87±0,2; 60±0,2; 87±0,2; 207±0,2; 15±0,2; 283±0,5; 409±0,4; 90±0,2; 118±0,3; 132±0,5; 51,5±0,5; 97,5±0,5; 102±0,5; 11,5±0,2; 103,5±0,5, в тому числі технологічний отвір послідовно по програмі.
- Свердлити технологічний отвір, витримуючи розміри  $\varnothing 4^{+0,18}$ ; l=3,5±0,1.
- Фрезерувати торцевий криволінійний паз 2 по контуру, витримуючи розміри 4Н14<sup>(+0,3)</sup>; 3,5±0,1 по програмі.
- Свердлити двадцять отворів 3-8, 9-12, 13-20, 81-82 з одночасним формуванням двадцяти фасок 21-26, 27-30, 31-33; 115-119, 83-84, витримуючи розміри  $\varnothing 2,5^{+0,14}$ ; l=7,5; 0,5×45°; 207±0,5; 103,5±0,5; 210±0,3; 87±0,2; 60±0,2; 87±0,2; 207±0,2; 15±0,2; 102±0,5; 11,5±0,2 послідовно по програмі.
- Свердлити п'ять отворів 49-52, 85 під різь М4-7Н послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; l=15<sup>+1</sup>; 132±0,5; 51,5±0,5; 97,5±0,5; l=12; 103,5±0,5.
- Свердлити п'ять отворів 34-37, 46 під різь М6-7Н послідовно по

програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 4,95^{+0,26}$ ;  $l=7,5$ ;  $283\pm 0,5$ ;  $409\pm 0,4$ ;  $l=17^{+1}$ ;  $90\pm 0,2$ ;  $118\pm 0,3$ .

8. Зенкувати п'ять фасок 53-56, 86 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $0,5\times 45^\circ$ ;  $132\pm 0,5$ ;  $51,5\pm 0,5$ ;  $97,5\pm 0,5$ ;  $103,5\pm 0,5$ .

9. Зенкувати п'ять фасок 38-41, 47 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $1\times 45^\circ$ ;  $283\pm 0,5$ ;  $409\pm 0,4$ ;  $90\pm 0,2$ ;  $118\pm 0,3$ .

10. Нарізати різь 57-80, 87 в п'яти глухих отворах послідовно по програмі, витримуючи розміри М4-7Н;  $l=11$ ;  $132\pm 0,5$ ;  $51,5\pm 0,5$ ;  $97,5\pm 0,5$ ;  $l=10$ ;  $103,5\pm 0,5$ .

11. Нарізати різь 42-45, 48 в чотирьох наскрізних отворах і одному глухому послідовно по програмі, витримуючи розміри М6-7Н;  $l=14$ ;  $283\pm 0,5$ ;  $409\pm 0,4$ ;  $l=12$ ;  $90\pm 0,2$ ;  $118\pm 0,3$ .

12. Перевірити розміри:  $65_{-0,74}$ ;  $4Н14^{(+0,3)}$ ;  $3,5\pm 0,1$ ;  $\varnothing 2,5^{+0,14}$ ;  $l=7,5$ ;  $0,5\times 45^\circ$ ;  $1\times 45^\circ$ ;  $207\pm 0,5$ ;  $103,5\pm 0,5$ ;  $210\pm 0,3$ ;  $87\pm 0,2$ ;  $60\pm 0,2$ ;  $87\pm 0,2$ ;  $207\pm 0,2$ ;  $15\pm 0,2$ ;  $102\pm 0,5$ ;  $11,5\pm 0,2$ ; М4-7Н;  $l=11$ ;  $132\pm 0,5$ ;  $51,5\pm 0,5$ ;  $97,5\pm 0,5$ ;  $l=10$ ;  $103,5\pm 0,5$ ; М6-7Н;  $l=14$ ;  $283\pm 0,5$ ;  $409\pm 0,4$ ;  $l=12$ ;  $90\pm 0,2$ ;  $118\pm 0,3$ .

Контроль 30%.

010 Свердлильна з ЧПК.

1. Центрувати два отвори 88, 94 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 1,6^{+0,25}$ ;  $\varnothing 3,35^{+0,3}$ ;  $3,52\pm 0,1$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $87\pm 0,5$ ;  $30\pm 0,5$ .

2. Свердлити наскрізний отвір 94 під різь М8-7Н з одночасним формуванням фаски 96, витримуючи розміри  $\varnothing 6,7^{+0,26}$ ;  $l=7,55$ ;  $1,5\times 45^\circ$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $12,5\pm 0,1$ .

3. Свердлити глухий отвір 88 під різь М10-7Н з одночасним формуванням фаски 90, витримуючи розміри  $\varnothing 8,43^{+0,3}$ ;  $l=20$ ;  $2\times 45^\circ$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $87\pm 0,5$ ;  $30\pm 0,5$ .

4. Нарізати різь 98 в наскрізному отворі 94, витримуючи розміри М8-7Н;  $l=7,55$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $12,5\pm 0,1$ .

5. Нарізати різь 92 в глухому отворі 88, витримуючи розміри M10-7H;  $l=15$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $87\pm 0,5$ ;  $30\pm 0,5$ .

6. Перевірити розміри: M8-7H;  $l=7,55$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $12,5\pm 0,1$ ; M10-7H;  $l=15$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $87\pm 0,5$ ;  $30\pm 0,5$ ;  $1,5\times 45^\circ$ ;  $2\times 45^\circ$ .

Контроль 30%.

015 Свердлильна з ЧПК.

1. Центрувати два отвори 89, 95 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 1,6^{+0,25}$ ;  $\varnothing 3,35^{+0,3}$ ;  $3,52\pm 0,1$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $87\pm 0,5$ ;  $30\pm 0,5$ .

2. Свердлити наскрізний отвір 95 під різь M8-7H з одночасним формуванням фаски 97, витримуючи розміри  $\varnothing 6,7^{+0,26}$ ;  $l=7,55$ ;  $1,5\times 45^\circ$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $12,5\pm 0,1$ .

3. Свердлити глухий отвір 89 під різь M10-7H з одночасним формуванням фаски 91, витримуючи розміри  $\varnothing 8,43^{+0,3}$ ;  $l=20$ ;  $2\times 45^\circ$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $87\pm 0,5$ ;  $30\pm 0,5$ .

4. Нарізати різь 99 в наскрізному отворі 95, витримуючи розміри M8-7H;  $l=7,55$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $12,5\pm 0,1$ .

5. Нарізати різь 93 в глухому отворі 89, витримуючи розміри M10-7H;  $l=15$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $87\pm 0,5$ ;  $30\pm 0,5$ .

6. Перевірити розміри: M8-7H;  $l=7,55$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $12,5\pm 0,1$ ; M10-7H;  $l=15$ ;  $99,5\pm 0,2$ ;  $87\pm 0,5$ ;  $30\pm 0,5$ ;  $1,5\times 45^\circ$ ;  $2\times 45^\circ$ .

020 Програмна з ЧПК

1. Фрезерувати остаточно дві торцеві поверхні 100, 101 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $202\pm 0,2$ ;  $24\pm 0,1$ .

2. Центрувати отвір 102, витримуючи розміри  $\varnothing 1,6^{+0,25}$ ;  $\varnothing 3,35^{+0,3}$ ;  $3,52\pm 0,1$ ;  $50\pm 0,2$ ;  $17\pm 0,1$ .

3. Свердлити отвір 102, витримуючи розміри  $\varnothing 8,43^{+0,3}$ ;  $l=22$ ;  $50\pm 0,2$ ;  $17\pm 0,1$ .

4. Зенкувати фаску 103, витримуючи розміри  $1,5\times 45^\circ$ ;  $50\pm 0,2$ ;  $17\pm 0,1$ .

5. Свердлити отвір 104, витримуючи розміри  $\varnothing 5H14^{(+0,3)}$  ;  $50\pm 0,2$ ;  $17\pm 0,1$ .
6. Нарізати різь 105, витримуючи розміри M10-7H;  $l=15$ ;  $50\pm 0,2$ ;  $17\pm 0,1$ .
7. Зенкерувати отвір 107, витримуючи розміри  $\varnothing 16,11^{+0,18}$ ;  $l=22$ ;  $70\pm 0,2$ ;  $21,5\pm 0,1$ .
8. Розвернути попередньо отвір 107, витримуючи розміри  $\varnothing 16,409^{+0,043}$ ;  $l=22$ ;  $70\pm 0,2$ ;  $21,5\pm 0,1$ .
9. Розвернути остаточно отвір 107, витримуючи розміри  $\varnothing 16,5^{+0,018}$ ;  $l=22$ ;  $70\pm 0,2$ ;  $21,5\pm 0,1$ .
10. Перевірити розміри:  $202\pm 0,2$ ;  $24\pm 0,1$ ;  $l=22$ ;  $1,5\times 45^\circ$ ;  $50\pm 0,2$ ;  $17\pm 0,1$ ;  $\varnothing 5H14^{(+0,3)}$ ; M10-7H;  $l=15$ ;  $50\pm 0,2$ ;  $17\pm 0,1$ ;  $\varnothing 16,5^{+0,018}$ ;  $l=22$ ;  $70\pm 0,2$ ;  $21,5\pm 0,1$ .

#### 025 Свердлильна з ЧПК.

1. Центрувати два отвори 108-109, витримуючи розміри  $\varnothing 1,6^{+0,25}$ ;  $\varnothing 3,35^{+0,3}$ ;  $3,52\pm 0,1$ ;  $300\pm 0,1$ .
2. Свердлити два отвори 108-109, витримуючи розміри  $\varnothing 4,95^{+0,26}$ ;  $l=11$ ;  $300\pm 0,1$ .
3. Зенкувати дві фаски 110-111, витримуючи розміри  $1\times 45^\circ$ ;  $300\pm 0,1$ .
4. Нарізати різь 112-113 в двох глухих отворах 108-109, витримуючи розміри M6-7H;  $l=8$ ;  $300\pm 0,1$ .
5. Перевірити розміри:  $1\times 45^\circ$ ; M6-7H;  $l=8$ ;  $300\pm 0,1$ .

#### 030. Контроль.

### 3.5. Визначення припусків на оброблення

Розрахунки припусків для корпусу АЛЯЯ 732114.014 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
Зовнішня торцева поверхня 65h14 <sub>(-0,74)</sub>					
Фрезерування торцевою фрезою	14	Ra12,7	0,74	1,2	65 <sub>-0,74</sub>
Заготовка	7-мий кл.	R <sub>z</sub> 52	1,1	–	66,2±0,55
Дві торцеві поверхні 202±0,2; 24±0,1					
Фрезерування кінцевою фрезою	14	Ra12,7	0,4	1,6 × 2 = 3,2	202±0,2
Заготовка	7-мий кл.	R <sub>z</sub> 52	1,4	–	198,8±0,7
Криволінійний торцевий паз b=4H14 <sup>(+0,3)</sup> ; 3,5±0,1					
Фрезерування кінцевою фрезою	14	Ra12,7	0,3	4	4 <sup>+0,3</sup>
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 732114.014 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.5).



Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Свердли́ти п'ять отворі́в 49-52, 85 під різь М4-7Н послі́довно по програ́мі, витриму́ючи розмі́ри $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=15^{+1}$ ; $132\pm 0,5$ ; $51,5\pm 0,5$ ; $97,5\pm 0,5$ ; $l=12$ ; $103,5\pm 0,5$	1,65	18,5 15,5	5	17	0,17	2004	20,9	324	0,29	0,04
Перехі́д 8 Свердли́ти п'ять отворі́в 34-37, 46 під різь М6-7Н послі́довно по програ́мі, витриму́ючи розмі́ри $\varnothing 4,95^{+0,26}$ ; $l=7,5$ ; $283\pm 0,5$ ; $409\pm 0,4$ ; $l=17^{+1}$ ; $90\pm 0,2$ ; $118\pm 0,3$	2,5	11,5	5	17	0,14	1402	22,2	184	0,31	1,81
Перехі́д 9 Зенкува́ти п'ять фасок 53-56, 86 послі́довно по програ́мі, витриму́ючи розмі́ри $0,5\times 45^\circ$ ; $132\pm 0,5$ ; $51,5\pm 0,5$ ; $97,5\pm 0,5$ ; $103,5\pm 0,5$	0,5	2,5	5	17	0,11	1402	35,1	144	0,11	0,09
Перехі́д 10 Зенкува́ти п'ять фасок 38-41, 47 послі́довно по програ́мі, витриму́ючи розмі́ри $1\times 45^\circ$ ; $283\pm 0,5$ ; $409\pm 0,4$ ; $90\pm 0,2$ ; $118\pm 0,3$	1,0	3	5	17	0,11	1402	35,1	144	0,11	0,09
Перехі́д 11 Наріза́ти різь 57-80, 87 в п'яти глу́хих отво́рах послі́довно по програ́мі, витриму́ючи розмі́ри М4-7Н; $l=11$ ; $132\pm 0,5$ ; $51,5\pm 0,5$ ; $97,5\pm 0,5$ ; $l=10$ ; $103,5\pm 0,5$	0,606	26,1	5	12	0,7	642	8,12	449	0,28	0,051
Перехі́д 12 Наріза́ти різь 42-45, 48 в чоти́рех наскрі́зних отво́рах і односту́ глу́хому послі́довно по програ́мі, витриму́ючи розмі́ри М6-7Н; $l=14$ ; $283\pm 0,5$ ; $409\pm 0,4$ ; $l=12$ ;	0,866	29	5	20	1,0	562	10,7	561	0,29	0,061

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Операція 010. Свердлильна з ЧПК										
Перехід 2 Центрувати два отвори 88, 94 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 1,6^{+0,25}$ ; $\varnothing 3,35^{+0,3}$ ; $3,52 \pm 0,1$ ; $99,5 \pm 0,2$ ; $87 \pm 0,5$ ; $30 \pm 0,5$	0,8	6,52	2	17	0,12	1402	14,8	168,2	0,077	0,16
Перехід 3 Свердлити наскрізний отвір 94 під різь М8-7Н з одночасним формуванням фаски 96, витримуючи розміри $\varnothing 6,7^{+0,26}$ ; $l=7,55$ ; $1,5 \times 45^\circ$ ; $99,5 \pm 0,2$	3,35	13,55	1	22	0,14	1404	29,6	181	0,072	1,87
Перехід 4 Свердлити глухий отвір 88 під різь М10-7Н з одночасним формуванням фаски 90, витримуючи розміри $\varnothing 8,43^{+0,3}$ ; $l=20$ ; $2 \times 45^\circ$ ; $99,5 \pm 0,2$ ; $87 \pm 0,5$ ; $30 \pm 0,5$	4,215	31	1	22	0,15	1404	37,2	212	0,16	1,4
Перехід 5 Нарізати різь 98 в наскрізному отворі 94, витримуючи розміри М8-7Н; $l=7,55$ ; $99,5 \pm 0,2$ ; $12,5 \pm 0,1$	1,0825	24,65	1	27	1,25	562	17	704	0,032	0,061
Перехід 6 Нарізати різь 92 в глухому отворі 88, витримуючи розміри М10-7Н; $l=15$ ; $99,5 \pm 0,2$ ; $87 \pm 0,5$ ; $30 \pm 0,5$	1,299	36,5	1	17	1,5	454	14,2	677	0,055	0,11
Операція 015. Свердлильна з ЧПК										
Перехід 2 Центрувати два отвори 89, 95 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 1,6^{+0,25}$ ; $\varnothing 3,35^{+0,3}$ ; $3,52 \pm 0,1$ ; $99,5 \pm 0,2$ ; $87 \pm 0,5$ ; $30 \pm 0,5$	0,8	6,52	2	17	0,11	1404	14,9	169	0,077	0,16

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 3 Свердлими наскрізний отвір 95 під різь М8-7Н з одночасним формуванням фаски 97, витримуючи розміри $\varnothing 6,7^{+0,26}$ ; $l=7,55$ ; $1,5 \times 45^\circ$ ; $99,5 \pm 0,2$ ; $12,5 \pm 0,1$	3,35	13,55	1	22	0,14	1404	29,6	185	0,072	1,86
Перехід 4 Свердлими глухий отвір 89 під різь М10-7Н з одночасним формуванням фаски 91, витримуючи розміри $\varnothing 8,43^{+0,3}$ ; $l=20$ ; $2 \times 45^\circ$ ; $99,5 \pm 0,2$ ; $87 \pm 0,5$ ; $30 \pm 0,5$	4,215	31	1	22	0,14	1404	37,2	212	0,16	1,4
Перехід 5 Нарізати різь 99 в наскрізному отворі 95, витримуючи розміри М8-7Н; $l=7,55$ ; $99,5 \pm 0,2$ ; $12,5 \pm 0,1$	1,0825	24,65	1	27	1,25	564	15	702	0,037	0,07
Перехід 6 Нарізати різь 93 в глухому отворі 89, витримуючи розміри М10-7Н; $l=15$ ; $99,5 \pm 0,2$ ; $87 \pm 0,5$ ; $30 \pm 0,5$	1,299	36,5	1	17	1,5	454	14,2	677	0,055	0,11
Операція 020 Програмна з ЧПК										
Перехід 2 Фрезерувати остаточно дві торцеві поверхні 100, 101 послідовно по програмі, витримуючи розміри $202 \pm 0,2$ ; $24 \pm 0,1$	1,6	41,23	2	92	$S_z$ 0,1 мм/ зуб	1304	104	522	0,17	0,8
Перехід 3 Центрувати отвір 102, витримуючи розміри $\varnothing 1,6^{+0,25}$ ; $\varnothing 3,35^{+0,3}$ ; $3,52 \pm 0,1$ ; $50 \pm 0,2$ ; $17 \pm 0,1$	0,8	6,52	1	17	0,11	2002	26	242	0,04	0,16
Перехід 4 Свердлими отвір 102, витримуючи розміри $\varnothing 8,43^{+0,3}$ ; $l=22$ ; $50 \pm 0,2$ ;	4,215	30	1	22	0,16	2504	68	377	0,07	1,4





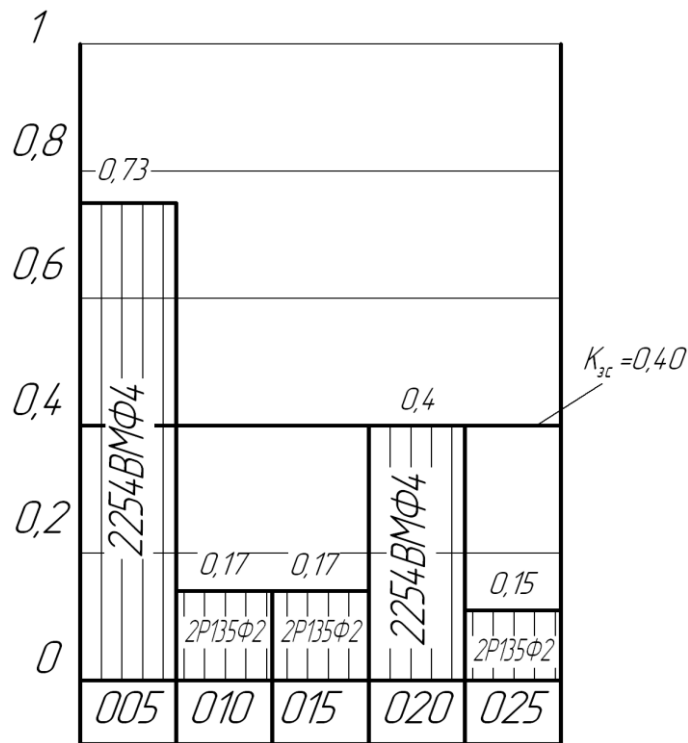


Рисунок 3.3 – Графік завантаження обладнання

### 3.7. Розрахунок пристосування

Для свердління двох отворів під різь М6-7Н послідовно по програмі, витримуючи розмір  $\varnothing 5$  мм у корпусі АЛЯ 732114.014 на 025 свердлильній з ЧПК операції розроблено спеціальний пристрій, що представлений у графічній частині із розрахунковою схемою на рис. 3.4. Проведемо розрахунок необхідної сили затиску заготовки для цієї операції.

Заготовка корпуса базується на плиту і планки та закріплюється двома прихватами.

Умова рівноваги при дії моментів різання  $M_{\text{різ}}$  та моментів сил тертя, що виникають при затиску заготовки прихватами [23]:

$$P_{\text{зат1}} \cdot f_1 \cdot R + P_{\text{зат2}} \cdot f_1 \cdot R + \frac{2P_{\text{зат}} f_2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2^2 - R_1^2)} = K \cdot M_{\text{різ}} , \quad (3.8)$$

де  $f_1 = 0,2$  ;  $R = 129$  мм;  $f_2 = 0,2$  ;  $R_1 = 137$  мм;  $R_2 = 155$  мм.



Момент різання [20]:

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

де  $C_M = 0,005$ ;  $y = 0,8$ ;  $q = 2,0$  [20].

$D = 5$  мм;

$S = 0,12$  мм/об;

$K_p = 1$ .

Отже,  $M_{\text{різ}} = 10 \cdot 0,005 \cdot 5,0^{2,0} \cdot 0,12^{0,8} \cdot 1,0 = 0,24$  Н·м.

Коефіцієнт запасу  $K$  [20]:

$$K = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,24.$$

Отже, сила затиску необхідна на при хватах для виконання операції:

$$P_{\text{зат}} = \frac{K \cdot M_{\text{різ}}}{2 \cdot f_1 \cdot R + 2f_2 \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3(R_2^2 - R_1^2)}}, \quad (3.10)$$

$$P_{\text{зат}} = \frac{3,24 \cdot 240}{2 \cdot 0,2 \cdot 129 + 2 \cdot 0,2 \cdot \frac{155^3 - 137^3}{3(155^2 - 137^2)}} = 96,2 \text{ Н.}$$

Перевірочний розрахунок сили затиску:

$$P_{\text{зат}} \leq F_{\text{шт.тяг.}} \cdot i, \quad (3.11)$$

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

Сила, що виникає на штоці пневмоциліндра [14]:

$$F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot D_{\text{ц}}^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (3.12)$$

$$F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot 0,08^2 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 1808,6 \text{ Н.}$$

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

$$W = \frac{F_{\text{шт.тяг.}} \cdot l_1}{l_1 + l_2} \cdot \eta,$$

де  $l_1 = 30$  мм;  $l_2 = 40$  мм;  $\eta = 0,9$ .

Тоді

$$W = \frac{1808,7}{30 + 40} \cdot 30 \cdot 0,9 = 697 \text{ Н.}$$

Розглядаємо умову закріплення заготовки:

$$W > P_{\text{зат.}}$$

В нашому випадку  $W = 697 \text{ Н} > P_{\text{зат.}} = 96,2 \text{ Н}$ .

Висновок: умова затиску заготовки корпусу АЛАЗ 732114.014 на 025 свердлильній з ЧПК операції забезпечується.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 4.1. Характеристика дільниці механічної обробки деталі, що проектується з точки зору охорони праці

Дільниця по виготовленню деталі “Корпус” АЛАЯ 732114.014 спроектована згідно вимог до будівель виробничого призначення згідно СНиП 2.09.02-85.

Порядок розташування устаткування і відстані між верстатами визначені розмірами верстатів, технологічними вимогами і вимогами техніки безпеки. До устаткування, що має електропривід є вільний підхід з усіх сторін шириною 1м зі сторони робочої зони та 0,6м – зі сторони неробочої зони.

При розробці плану виробничої дільниці враховані наступні вимоги:

1) Технологічне устаткування розміщено таким чином, що забезпечується потоковість виробничого процесу.

2) Розміщення технологічного устаткування, проходів та проїздів гарантує зручність та безпеку праці, можливість монтажу, демонтажу та ремонту устаткування.

3) Технологічне устаткування розміщено у відповідності із запроектованими підйомно-транспортними засобами.

4) Робочі місця оснащені згідно з вимогами наукової організації праці. Передбачені місця для міжопераційного накопичування заготовок та напівфабрикатів.

5) На робочих місцях передбачена площа, на якій розміщуються стелажі, тара, столи.

Дана дільниця спроектована так, що дає можливість реконструкції та технічного переоснащення виробництва, зміни технологічних процесів та переходу на нові види продукції.

Будівля відноситься до категорії робіт II а, для якої ступінь вогнестійкості III а.

Ширина виходу з приміщення 1,2м, а висота 2,2м. Ширина основних проходів всередині дільниці 1,5м, а ширина проїздів 2,5м.

Двері, що ведуть безпосередньо назовні, обладнані тамбуром (повітряними завісами).

З метою запобігання травматизму на ділянці застосовується попереджувальне фарбування будівельних конструкцій та знаки безпеки (ГОСТ 12.4.026-76 “Цвета сигнальные и знаки безопасности”).

Для захисту внутрішніх поверхонь конструкції приміщення від дії вологи використовується олійна фарба.

Підлога виробничого приміщення щільна, зносостійка, вогнестійка, через неї в інші приміщення не повинна проникати вода, мастила, шкідливі речовини, гази. Покриття підлоги вибрано у відповідності із СНиП 2.03.13-88.

Мікрокліматичні умови на ділянці згідно ГОСТ 12.1.005-88.

- температура повітря  $t = (20..25)^\circ \text{C}$ ;
- відносна вологість  $\Theta = (40..60) \%$ ;
- барометричний тиск  $P = (0,9... 1,06) \cdot 10^5 \text{ Па}$ ;
- швидкість руху повітря  $V = 0,2 \text{ м/с}$  в холодний період року,  $V = 0,3 \text{ м/с}$  в теплий період року;
- інтенсивність тепловою опромінення від нагрітих поверхонь технологічного обладнання, освітлених установок  $70 \text{ Вт/м}^2$ .

У виробничому та допоміжному приміщеннях передбачена вентиляція, яка забезпечує вищеперелічені параметри мікроклімату. В даному випадку застосована витяжна вентиляція загальнообмінна, так як на ділянці відсутні шкідливі виділення і необхідна мала кількість повітрообміну. Крім того, на ділянці є природна організована вентиляція.

На ділянці для компенсування втрат тепла спроектована центральна водяна система опалення низького тиску.

Вибір системи природного освітлення визначено об’ємно-планувальним рішенням будівлі, характеристиками технологічного процесу та зорової роботи, що виконується в приміщенні, а саме на ділянці 2-х стороннє бокове освітлення. При цьому ширина вікон 4,5 м, висота підвіконника 1,5 м.

Штучне освітлення передбачається як на даній ділянці так і у побутових

приміщеннях для компенсації нестачі природного світла та для освітлення приміщень у темний період доби. Загальне освітлення відповідає вимогам (СНиП-4-79 і становить  $E_p = 300$  лк; евакуаційне освітлення  $E_{св} = 0,5$  лк, аварійне освітлення  $E_{ав.} = 2$  лк в середині приміщення, та  $E_{ав.} = 1$  лк на території, охоронне освітлення  $E = 0,5$  лк на рівні землі.

На кожному верстаті встановлено місцеве (штучне) освітлення лампами розжарювання.

Забороняється при виконанні робіт користуватися тільки місцевим освітленням.

Джерелом штучного освітлення є газорозрядні лампи низького (люмінесцентні) тиску. Для механічних цехів використовують газорозрядні лампи високого тиску типу ДРЛ, при цьому використовують світильники прямого світла ЛСП06. В даному випадку використані лампи ДРЛ-65.

Експлуатація технологічного оснащення пов'язана з виникненням шумів та вібрацій різної частоти та інтенсивності, а вони справляють несприятливий вплив на організм людини. На ділянці параметри шуму та вібрацій на робочих місцях відповідають ГОСТ 12.1.003-83\* та ГОСТ 12.1.012-78\*.

На ділянці по виготовленню деталі все технологічне обладнання заземлене. Захист від прямих ударів блискавок та вторинного прояву атмосферної електрики забезпечено влаштуванням блискавковідводів та заземленням обладнання, яке знаходиться на дільниці. Захист будівлі від прямих ударів блискавок виконано окремо розташованими стержневими (тросовими) блискавковідводами, які встановлені на будівлі. На дільниці заземлювачі захисного заземлення технологічного обладнання об'єднані з захистом від прямого удару блискавок.

Дільниця по виготовленню деталі за вибухопожежною та пожежною небезпекою відноситься до категорії Д згідно ОНТП 24-86 на підприємстві відповідно до СНиП 2.04.02-84 та передбачено систему протипожежного водопостачання. Протипожежний водогін об'єднаний з господарсько-життєвим (виробничим) водогоном. Втрати води на гасіння пожежі для сиринклерних

установок, внутрішніх пожежних кранів та зовнішніх гідрантів прийнято згідно СНиП 2.04.02-84 та СНиП 2.04.01-85 водопожежне постачання розраховано на тривалість гасіння пожежі – 2 год., при цьому прийнято протипожежний водогін низького тиску.

На ділянці на випадок пожежі передбачена евакуація людей через евакуаційні виходи, які розташовані розосереджено. В нашому випадку спроектовано 2 евакуаційні виходи.

Для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їхнього розвитку силами персоналу об'єкта, на ділянці є наступний пожежний інвентар:

- ящик з піском місткістю 1 м<sup>3</sup>, який укомплектований совковою лопатою;
- протипожежні покривала розміром (1×1) м – 2 шт, протипожежні покривала (2 × 2) м – 2 шт.
- пожежні вогнегасники вуглекислотні типу ВВ-5 – 3 шт., гаки – 3 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Крім того на ділянці використовується пожежна сигналізація – електрична типу ЕПС променева. На даній ділянці встановлено неадресований пожежний сповіщувач.

#### **4.2. Аварії та ліквідації аварійних ситуацій на підприємстві**

Аварія - небезпечна подія техногенного характеру, що спричинила загибель людей або створює на об'єкті чи окремій території загрозу життю та здоров'ю людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю.

Результатами великих виробничих аварій можуть бути пожежі, вибухи, руйнування і обвали будівель, загазованість і зараженість ядовитими речовинами і іншими небезпечними явищами, внаслідок яких можливі різні ураження людей. Виробничі аварії виникають досить часто, що пояснюється

розвитком промисловості, великим науково-технічним прогресом і швидкістю у зв'язку з цією зміною технології виробництва.

Виробничі аварії можуть бути досить різними. Їх характер визначається причинами виникнення, масштабами і собівартістю виробництва.

Причинами виникнення аварій є:

- недоліки проектування підприємств, недотримання техніки безпеки, а також відсутність постійного контролю за станом виробництва і особливо при використанні легкозаймистих і вибухонебезпечних речовин;
- виникнення аварій на сусідніх підприємствах чи на енергетичних і газових мережах;
- стихійні лиха, які викликають аварії;
- виникнення аварій внаслідок невідомих науці явищ, які проявляються на підприємствах, які використовують різні хімічні речовини.

Аварії мають різні наслідки, які залежать від характеру виробництва. Найбільш типовими проявами аварій можуть бути:

- вибухи, які призводять до руйнувань промислових будівель;
- інтенсивні пожежі;
- отруєння людей ядовитими рідинами і газами;
- ураження людей електричним струмом;
- затоплення підприємств разом з людьми, які знаходяться там;
- зараження місцевості сильнодіючими ядовитими і радіоактивними речовинами.

Ліквідація надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру - проведення комплексу заходів, які включають аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи, що здійснюються у разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру і спрямовані на припинення дії небезпечних факторів, рятування життя та збереження здоров'я людей, а також на локалізацію зон надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

Роботу потрібно починати зразу, щоб не дати можливості аварії розростися до катастрофічних розмірів. Чим швидше почнуться рятувальні роботи, тим більше людей вдається врятувати.

Послідовність виконання ліквідацій аварій залежить від характеру руйнувань будівель і споруд, аварій комунікаційних, енергетичних і технологічних мереж і степені радіаційного і хімічного зараження території об'єкту, пожеж і інших умов, які впливають на дії формувань.

Дуже важливо забезпечувати загальний порядок, що дає можливість вільному прибуттю формувань цивільної оборони (ЦО) до місця аварії. Служба формування охорони загального порядку повинна приступити до виконання своїх обов'язків в першу чергу.

Проводяться роботи розчищення проїзду до зруйнованих захисних споруд, пошкоджених і зруйнованих будівель, де можуть знаходитися люди, а також у місцях аварій, які перешкоджають чи ускладнюють проведення рятувальних робіт.

Дуже важливі дії аварійно-технічних формувань, які зразу відключають ще не пошкоджені енергетичні і комунікаційно-технічні мережі і локалізують аварії.

Рятувальні формування ЦО повинні як можна швидше приступити до виконання роботи із рятування людей, діючи разом з формуваннями ЦО медичної служби.



## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі представлена конструктивна схема запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками. Виведено рівняння та побудовано графіки залежності максимального крутного моменту передачі на патроні від кута нахилу лунки, коефіцієнта тертя між кулькою та лункою, радіуса розташування кульок у запобіжному патроні, кількості кульок у запобіжному патроні.

Проведено дослідження динаміки запобіжного патрона для свердління отворів та нарізання в них різьби мітчиками. Виведено систему диференціальних рівнянь, яку розв'язано із використанням прикладного програмного забезпечення, що використовує підпрограму чисельного методу Рунге-Кутта із нульовими початковими координатами. На основі побудованих графіків встановлено, що під час вривання різального інструменту у заготовку для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму відбувається зростання кутів відносної деформації різального інструменту до 0,15 град та хвостовика до 0,035 град. При збільшенні шару зрізаного металу відбувається зростання кута відносної деформації різального інструменту до 0,24 град та зменшення кута деформації хвостовика до 0,028 град.

Для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона максимальні кути відносної деформації різального інструменту та хвостовика становлять 0,025 град та 0,0055 град відповідно.

Під час вривання різального інструменту у заготовку для випадку нормальної роботи патрона без спрацювання запобіжного механізму відбувається зростання динамічного крутного моменту на різальному інструменті до 3000 Н·мм та хвостовику до 5800 Н·мм. При збільшенні шару зрізаного металу відбувається зростання динамічного крутного моменту на різальному інструменті до 3000 Н·мм та зменшення динамічного крутного моменту на хвостовику до 4500 Н·мм.

Для випадку спрацювання запобіжного механізму патрона максимальні значення динамічного крутного моменту на різальному інструменті та хвостовику становлять 420 Н·мм та 850 Н·мм відповідно.

Отже, використання запобіжного патрона зменшує кути відносної деформації різального інструменту у 9,6 разів, а хвостовика – у 5,1 рази, що дозволяє у випадку різкого зростання моменту різання вище гранично допустимої величини запобігати руйнуванню різального інструменту.

Вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу АЛАЯ 732114.014. 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. Іванов П. Дослідження динаміки процесу фрезерування плоскої поверхні торцевою фрезою / П. Іванов, А. Решетуха // Матеріали ІV Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання": 28-29 квітня 2021 р.: тези доп. Тернопіль: вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. С. 88.
22. Tugrul Ozturk, Erkut Sarıkaya, Matthias Weigold Sensor-integrated tap holder for process uncertainty detection based on tool vibration and axial length compensation sensors // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2021. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07825-6>.
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. Гагалюк А.В. Підвищення якості оброблення циліндричних поверхонь деталей машин з використанням спорядження з передавально-підсилюючими елементами: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 / Гагалюк Андрій Валерійович ; Терноп. нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя. - Т., 2011. - 177 с.

26. Марчук Н.М. Обґрунтування параметрів та синтез інструментів для оброблення різьбових отворів: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Марчук Назар Миколайович ; Терноп. нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя. - Т., 2018. - 173 с.

27. 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.

28. Hevko 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](https://doi.org/10.1007/978-3-030-77719-7_38).

29. 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.

30. 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.

31. 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.