

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 8КТ.003.154 з
дослідженням параметрів гвинтових затискних пристроїв

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Дериш О.Б.

(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 8КТ.003.154 з дослідженням параметрів гвинтових затискних пристроїв”.

У кваліфікаційній роботі представлено конструкцію і 3D модель патрона для затиску циліндричних заготовок на токарних і шліфувальних верстатах із використанням гвинтового затискного елемента, що забезпечує рівномірне розподілення сили затиску на поверхні заготовки. Проведено дослідження деформації затискного елемента гвинтового затискного пристрою під час затиску заготовки. Визначено величини зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки, що залежать від прикладеної осьової сили та крутного моменту на лівій гайці патрона, а відповідно і на затискному елементі, його геометричних параметрів та матеріалу, з якого виготовлено затискний елемент. Побудовано графіки залежності зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки від осьового навантаження та геометричних параметрів затискного елемента.

Також в результаті моделювання методом кінцевих елементів одержано стан та величини напружень і деформацій у гвинтовому затискному елементі та заготовці під час прикладання радіальної та осьової сили на заготовці.

Також вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу 8КТ.003.154. Проведено розрахунок заготовки, розроблено схеми базування, підібрано 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 деформації затискного елемента гвинтового затискного пристрою.....	
2.2. Визначення величини напружень та деформацій, що виникають у затискному гвинтовому елементі при навантаженні затисненої заготовки із застосуванням прикладних програм.....	
2.3. 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. Інструкція з охорони праці для обслуговуючого персоналу верстату, що проектується (модернізується).....	
4.2. Характеристика стихійних лих та їх наслідки.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	

ВСТУП

Гвинтові затискні пристрої широко використовуються для затиску тонкостінних циліндричних заготовок як по зовнішній, так і по внутрішній поверхнях. Особливістю такого затиску є те, що сили затиску рівномірно розподіляються на значній площі заготовки, що сприяє зменшенню їх деформацій в процесі затиску, в наслідок чого підвищується точність їх обробки на металоріжучих верстатах. Різноманітність варіантів гвинтових затискних елементів, способів їх деформації визначає можливість синтезу широкого спектру гвинтових пристроїв.

Недоліками гвинтових затискних пристроїв є невеликий діапазон затиску такого пристрою, а також використання додаткових сил для деформації гвинтового затискного елемента.

Для деформації гвинтового затискного елемента потрібно прикладати осьове зусилля та крутний момент на його торці. При прикладанні силових факторів відбувається зміна внутрішнього і зовнішнього діаметра гвинтового затискного елемента. Тому виникає необхідність у встановленні взаємозв'язку конструктивних параметрів гвинтового затискного елемента та силових параметрів процесу затиску заготовки.

Тому подальші дослідження нових гвинтових затискних пристроїв з встановленням співвідношень геометричних параметрів гвинтових затискних елементів в процесі затиску заготовок є актуальними.

Актуальним є також вдосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу 8КТ.003.154 із проведенням розрахунків заготовки, розробленням схем базування, підбиранням інструментів, обладнання, режимів різання, проектуванням пристосування.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

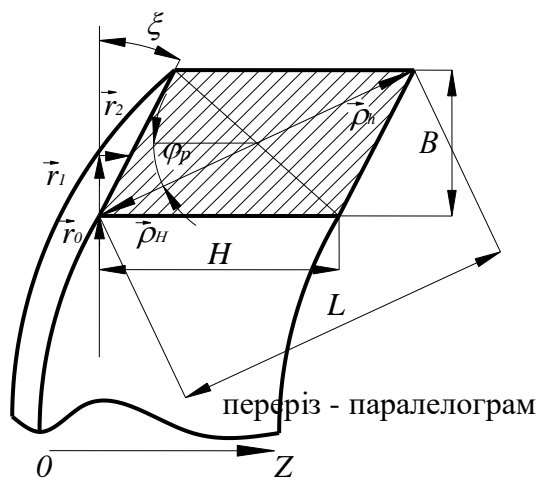
1.1. Аналіз стану питання

Дослідженню і практичній реалізації гвинтових затискних пристроїв присвячені роботи багатьох науковців, серед яких важливими є результати у працях Гевка Б.М., Пилипця М.І., Васильківа В.В., Скиби О.П., Геника І.С., Дячуна А.Є. [33], [34]. Значна частина цих досліджень пов'язана із обґрунтуванням параметрів гвинтових затискних пристроїв, їх застосування при затиску тонкостінних заготовок, дослідження деформацій гвинтових затискних елементів, сил та моментів затиску заготовок, синтезу нових конструкцій.

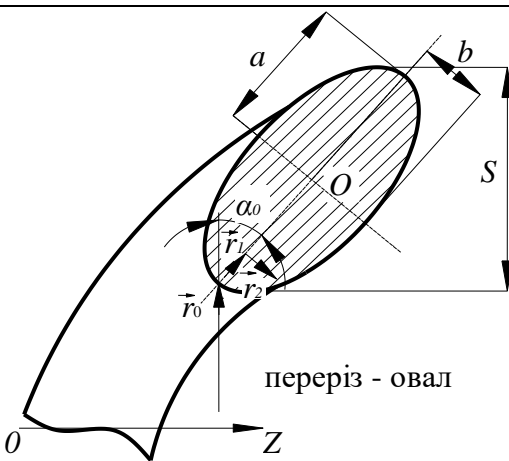
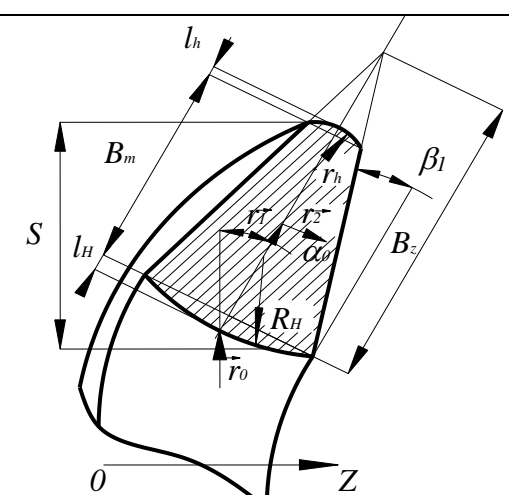
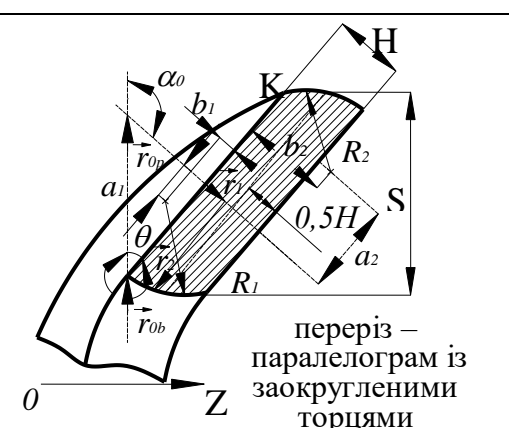
У роботі Геника І.С. [22] представлено різноманітні конструкції гвинтових затискних елементів, а також розрахункові залежності для визначення їх параметрів, що представлені у таблиці 1.1.

В процесі затиску заготовки відбувається радіальна деформація, кручення поперечного перерізу витка а також зміна кроку витків гвинтового затискного елемента. Схема такого процесу представлена на рис. 1.1.

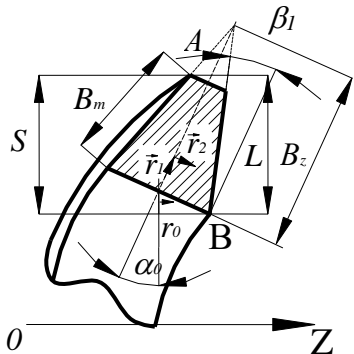
Таблиця 1.1 - Схеми гвинтових затискних елементів та залежності для визначення їх конструктивних параметрів [22]

№, з/п	Схема гвинтових затискних елементів	Конструктивні параметри
1	2	3
1		$r_1 \in [0, B] \quad (\vec{r}_1 _H = 0; \vec{r}_1 _h = B)$ $r_2 \in [r_1 \sin \xi \sin \alpha; (r_1 \sin \xi + H) \sin \alpha]$ $(\vec{r}_2 _H = r_1 \sin \xi; \vec{r}_2 _h = r_1 \sin \xi + H)$ $L = \sqrt{(H + B \tan \xi)^2 + B^2} ; S = L \cos \varphi_p$ $\varphi_p = \alpha_0 + \arctg(B / (H + B \tan \xi))$ $\rho_H = \rho_h = 0,5L$

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
2	 <p>переріз - овал</p>	$r_1 \in [-a; a] \quad (\overline{r_1} _H = -a; \overline{r_1} _h = a)$ $r_2 \in [-b\sqrt{1 - \frac{r_1^2}{a^2}} \sin \alpha; b\sqrt{1 - \frac{r_1^2}{a^2}} \sin \alpha]$ $L = 2\sqrt{a^2 \cos^2 \alpha_1 + b^2 \sin^2 \alpha_1}$ $S = L \cos \varphi_p$ $\varphi_p = 90 - \alpha_0 + \alpha_1$
3	 <p>переріз - трапеція із заокругленими торцями</p>	$r_1: r_1^I \in [0; l_H]; r_1^{II} \in [l_h; B_m + l_H]$ $r_1^{III} \in [B_m + l_H; B_m + l_H + l_h]$ $r_1 = r_1^I \cup r_1^{II} \cup r_1^{III}$ $r_2^I \in [-\sqrt{2r_1 R_H - r_1^2} \sin \alpha; \sqrt{2r_1 R_H - r_1^2} \sin \alpha]$ $r_2^{II} \in [-(B_m - r_1 + l_H) \operatorname{tg} \beta_1 \sin \alpha; (B_m - r_1 + l_H) \operatorname{tg} \beta_1 \sin \alpha]$ $r_2^{III} \in [-\sqrt{\tilde{a}^2 - 2\tilde{a} R_h \sin \alpha}; \sqrt{\tilde{a}^2 - 2\tilde{a} R_h \sin \alpha}]$ $\tilde{a} = r_1 - B_m - l_h - l_H$
4	 <p>переріз - паралелограм із заокругленими торцями</p>	$\vec{r}_0 = \vec{r}_{0b} + \vec{r}_{0p}; \alpha_0 = 90 + \theta$ $r_1 \in [r_{0p} \sin \theta; r_{0p} \sin \theta + H]$ $r_2 \in [(\sqrt{R_1^2 - (r_1 - r_{0p} \sin \theta + b_1)^2} + a_1) \sin \alpha; -(\sqrt{R_1^2 - (r_1 - r_{0p} \sin \theta - b_2)^2} + a_2) \sin \alpha]$

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3
5	 <p>переріз – трапеція</p>	$r_1 \in [0; B_m]$ $r_2 \in [-(B_z - r_1) \operatorname{tg} \beta_1 \sin \alpha; (B_z - r_1) \operatorname{tg} \beta_1 \sin \alpha]$ $L = \sqrt{\left[\frac{B_m}{\cos \beta_1} \right]^2 + 4(B_z - B_m) \operatorname{tg}^2 \beta_1 B_z}$ $S = L \sin \varphi_p, \varphi_p = \angle AB^{\wedge} OZ$ $\varphi_p = \arcsin\left(\frac{B_m}{L}\right) + \alpha_0$

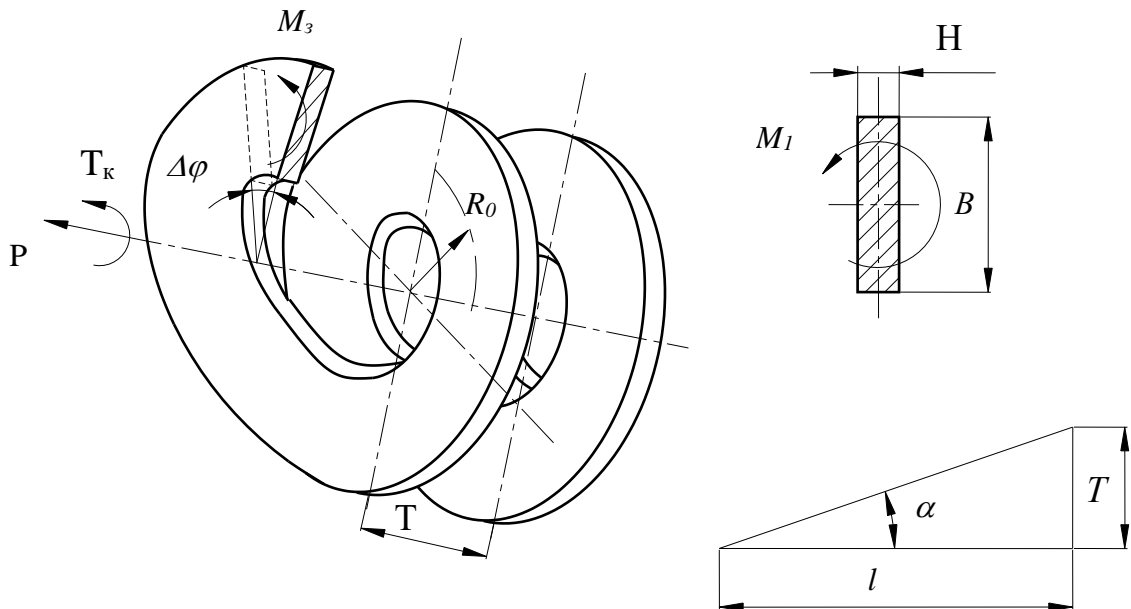


Рисунок 1.1 – Зміна параметрів гвинтового затискного елемента [22]

На основі розрахункової схеми на рис. 1.1 у роботі [22] виведено рівняння залежності крутного елемента деформації гвинтового затискного елемента залежно від його конструктивних параметрів:

$$T_k = - \frac{\Delta R_0}{R_0^2 \left(\frac{\cos \alpha}{E J_x} (1 - \operatorname{tg}^2 \alpha) + \frac{2 \sin \alpha}{G J_p} \operatorname{tg} \alpha \right)}. \quad (1.1)$$

Також у роботі [22] представлено затискний пристрій із конічним гвинтовим затискним елементом (рис. 1.2), розглянуто основні етапи його роботи, що включають компенсацію радіального зазору, фіксацію гвинтового затискного елемента, переміщення упорного блоку для кінцевої фіксації елемента.

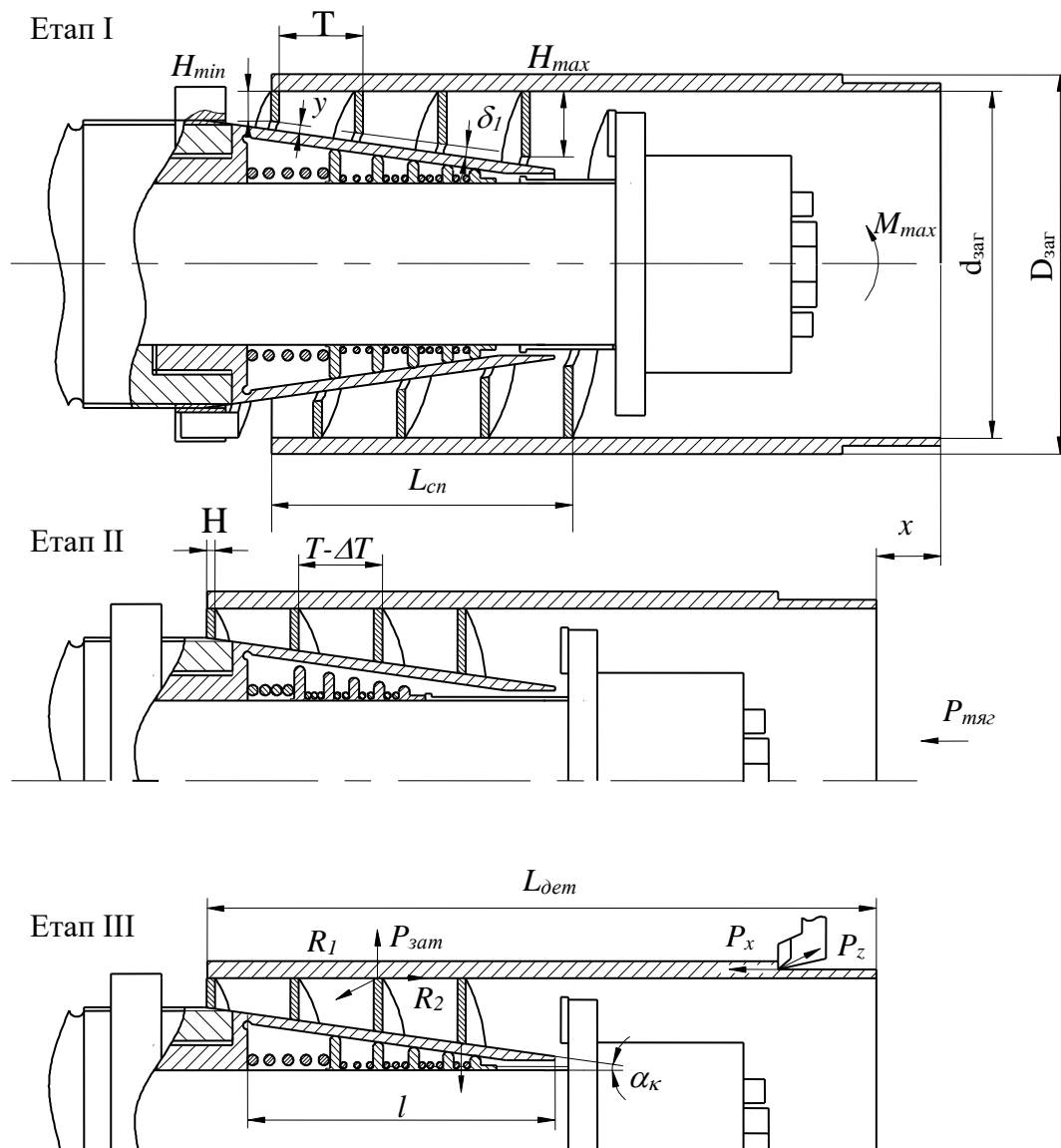


Рисунок 1.2 - Пристрій з гвинтовим затискним елементом та етапи його роботи [22]

Залежність діапазону затиску циліндричних заготовок гвинтовими затискними елементами за результатами експериментальних досліджень від його геометричних параметрів представлено на графіках рисунку 1.3.

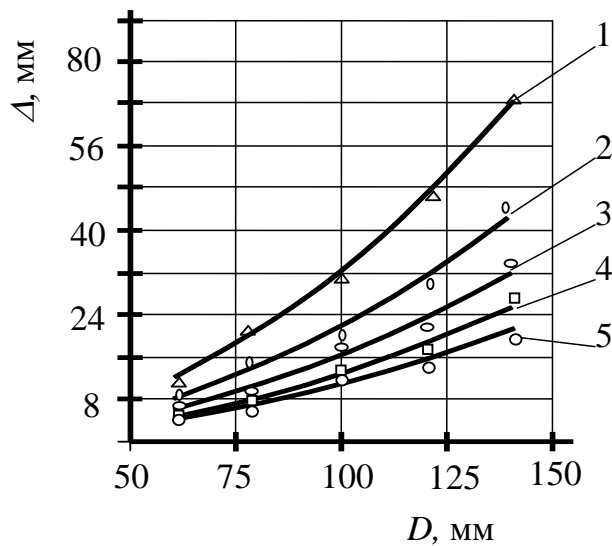


Рисунок 1.3 - Залежність діапазону затиску циліндричних заготовок гвинтовими затискними елементами від його геометричних параметрів:

1 - $B = 10$ мм; 2 - $B = 15$ мм; 3 - $B = 17,5$ мм; 4 - $B = 20$ мм; 5 - $B = 25$ мм
[22]

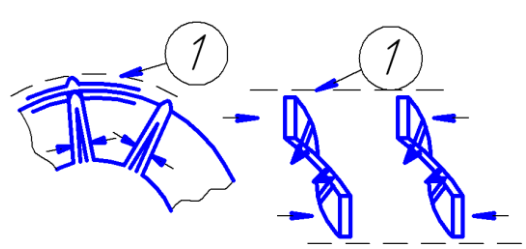
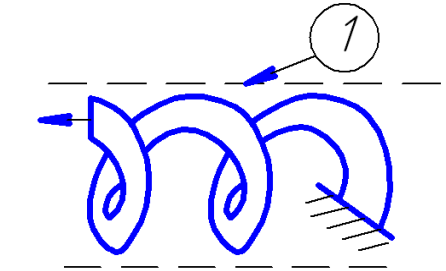
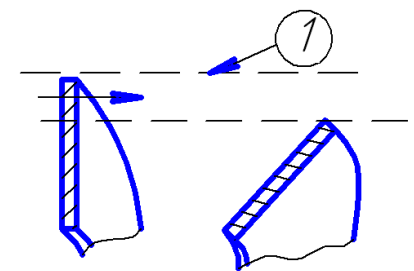
Із графіків на рис. 1.3 встановлено, що збільшення ширини витка та діаметра гвинтового затискного елемента призводить до зростання діапазону затиску циліндричних заготовок.

У роботі Скиби О.П. [25] проведено уніфікаційний синтез гвинтових затискних пристроїв, внаслідок якого одержано ряд оригінальних запатентованих конструкцій з розширеними технологічними можливостями. (рис. 1.4 – 1.9). Серед альтернатив також розглядався спосіб затиску заготовок, що представлено в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Способи затиску заготовок при синтезі гвинтових затискних пристроїв [25]

Способи затиску	
$P2'_1(\zeta)_1$ Стискання в радіальному напрямку [28]	$P2'_1(\zeta)_2$ Стискання в осьовому напрямку [27]
1 – зміна діаметральних розмірів	

Закінчення таблиці 1.2

<p>$P2'_i(\zeta)_3$ Стискання в осьовому напрямку з деформацією гофрів [29]</p> 	<p>$P2'_i(\zeta)_4$ Закручування одного кінця витка відносно іншого [26]</p> 
<p>$P2'_i(\zeta)_5$ Повертання витка відносно однієї з його кромек</p> 	

На рисунках 1.4 та 1.5 представлено гвинтові затискні патрони з кінчними гвинтовими затискними елементами.

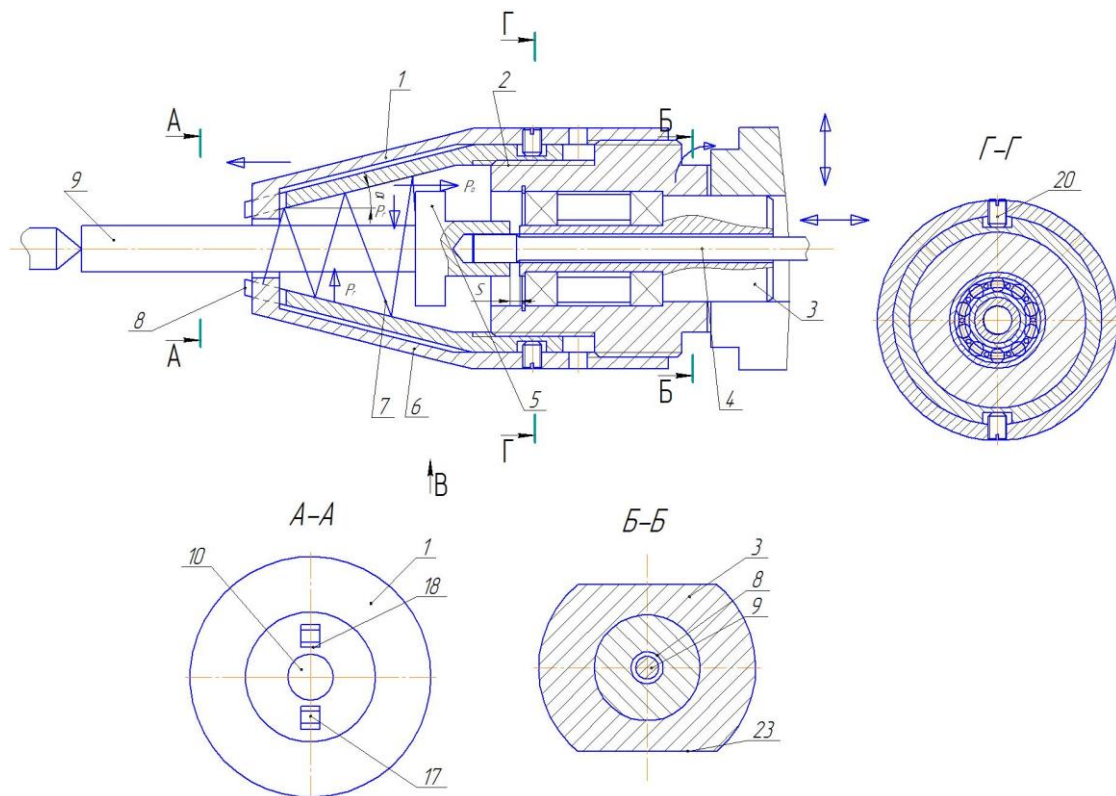


Рисунок 1.4 - Схема затискного патрону з кінчним гвинтовим затискним елементом і радіальним підтисканням [25]

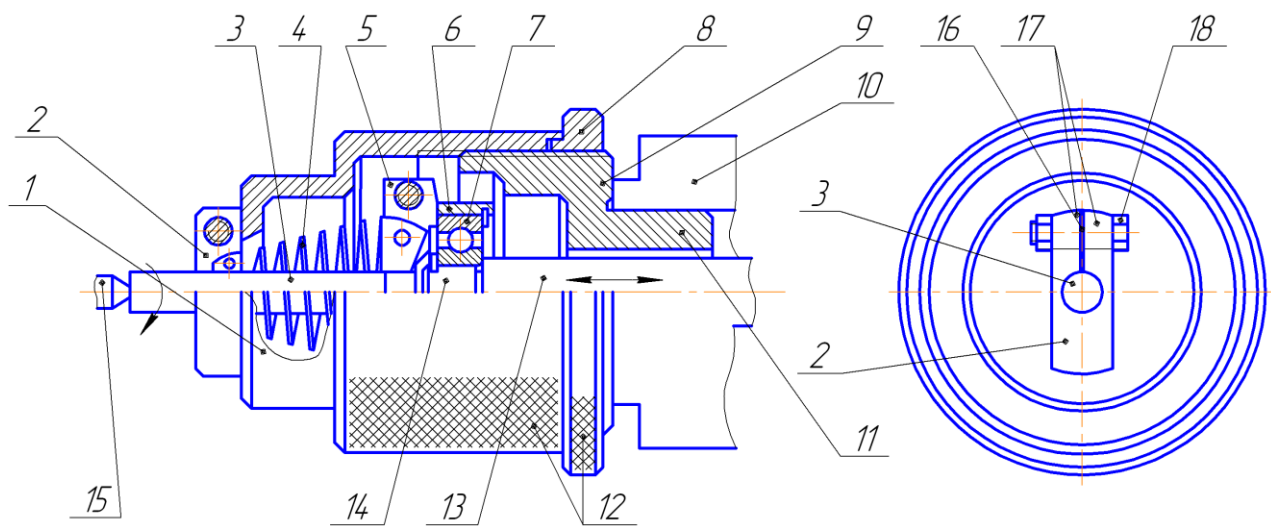


Рисунок 1.4 - Схема затискного патрону з конічним гвинтовим затискним елементом з кутовою деформацією [25]

На рисунку 1.5 показано гвинтовий затискний патрон із декількома рівномірно розміщеними по колу гвинтовими затискними елементами, що забезпечують збільшення діапазону затиску деталей, а також можливість змінювати їх радіальне розміщення для затиску не тільки циліндричних деталей



Рисунок 1.5 - Гвинтовий затискний патрон із декількома рівномірно розміщеними по колу гвинтовими затискними елементами, патент № 17465 [25]

На рисунку 1.6 представлено гвинтовий затискний патрон з гофрованими гвинтовими затискними елементами, що піддаються додатковій радіальній деформації клиновими елементами, що забезпечує підвищення жорсткості затиску.

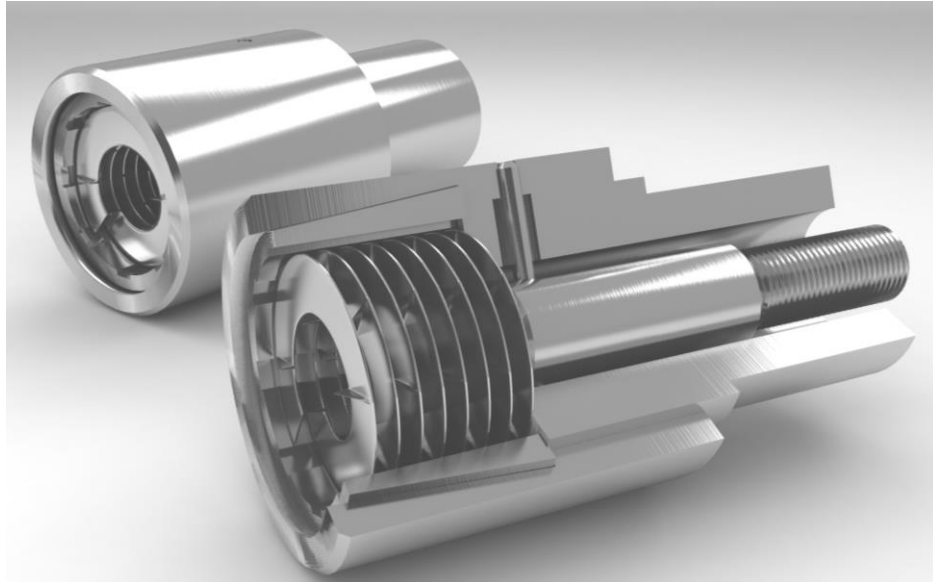


Рисунок 1.6 - Гвинтовий затискний патрон з гофрованими гвинтовими затискними елементами, патент № 19342 [25]

На рисунку 1.7 представлено гвинтовий затискний патрон, особливістю якого є використання додаткового гвинтового елемента для підвищення жорсткості патрона в осьовому напрямку.

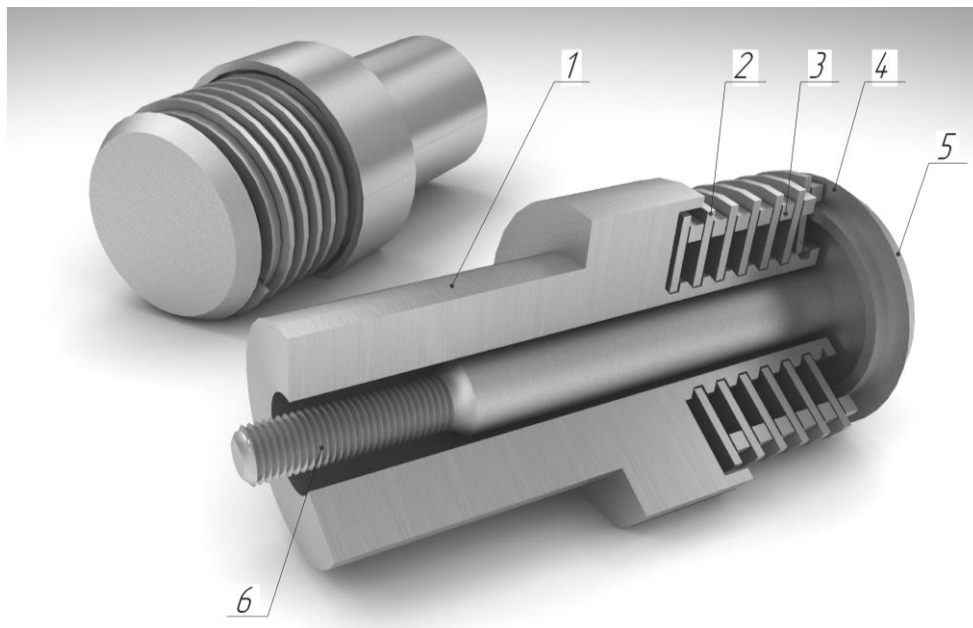


Рисунок 1.6 - Гвинтовий затискний патрон з додатковим гвинтовим елементом, патент № 15685 [25]

1.2. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” 8КТ.003.154 входить в конструкцію світильника, що використовується для освітлення промислових об’єктів. Виготовляється методом лиття із алюмінієвого сплаву АК12.

До основних поверхонь деталі віднесено такі поверхні: внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 70H9^{(+0,074)}$; Ra2,7 – призначена для встановлення світлопропускної труби, в середину якої встановлюється люмінесцентна лампа; зовнішня різьова поверхня M80×2-8g; Ra6,5 – для нагвинчування гайки; внутрішня різьова поверхня M100×2-7H; Ra6,5 – для загвинчування корпусу; два отвори $\varnothing 7H14^{(+0,036)}$; $48\pm 0,1$; Ra12,7 – для кріплення труби, яка з’єднана з блоком управління та призначена для підвісу світильника; чотири отвори M4-7H; Ra6,5 – для кріплення планки з лампотримачем гвинтами.

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	Торцева поверхня 16h14 _(-0,43)	14	Ra12,7
2	Зовнішня канавка $\varnothing 77h14_{(-0,43)}$; $3^{+0,3}$; 45°	14	Ra12,7
3	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 79,8_{-0,29}$; l=19 під різь M80×2-8g	11	Ra6,5
4	Зовнішня фаска 2×45°	14	Ra12,7
5, 9	Торцева поверхня 74h14 _(-0,74)	14	Ra12,7
6	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 70H9^{(+0,074)}$	9	Ra2,7
7	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,7
8	Зовнішня різьова поверхня M80×2-8g; l=16	12	Ra6,5
10	Внутрішня різьова поверхня M100×2-7H; l=18	12	Ra6,5

Закінчення таблиці 1.1

1	2	3	4
11	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 97,9^{+0,4}$; $l=36$ під різь М100×2-7Н	12	Ra6,5
12	Торцева внутрішня поверхня $36\pm 0,31$	14	Ra12,7
13	Внутрішня канавка $\varnothing 101h14(-0,87)$; $6^{+0,3}$; 45°	14	Ra12,7
14	Внутрішня фаска $2\times 45^\circ$	14	Ra12,7
15, 16	Отвір глухий $\varnothing 3,3H12(^{+0,12})$; $l=12^{+1,0}$; $\varnothing 80\pm 0,1$ під різь М4-7Н	12	Ra6,5
17, 18	Отвір глухий $\varnothing 3,3H12(^{+0,12})$; $l=12^{+1,0}$; $\varnothing 80\pm 0,1$; $20^\circ\pm 30'$ під різь М4-7Н	12	Ra6,5
19, 20, 21, 22	Внутрішня фаска $0,5\times 45^\circ$	14	Ra12,7
23, 24	Різовий глухий отвір М4-7Н; 8min; $\varnothing 80\pm 0,1$	12	Ra6,5
25, 26	Різовий глухий отвір М4-7Н; 8min; $\varnothing 80\pm 0,1$; $20^\circ\pm 30'$	12	Ra6,5
27, 28	Отвір $\varnothing 7^{+0,36}$	14	Ra12,7

1.3. Висновки та постановка задач

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що гвинтові затискні пристрої широко використовуються для затиску тонкостінних циліндричних заготовок як по зовнішній, так і по внутрішній поверхнях. Особливістю такого затиску є те, що сили затиску рівномірно розподіляються на значній площі заготовки, що сприяє зменшенню їх деформацій в процесі затиску, в наслідок чого підвищується точність їх обробки на металорізючих верстатах. Різноманітність варіантів гвинтових затискних елементів, способів їх деформації визначає можливість синтезу широкого спектру гвинтових пристроїв.

Недоліками гвинтових затискних пристроїв є невеликий діапазон затиску такого пристрою, а також використання додаткових сил для деформації гвинтового затискного елемента.

Тому подальші дослідження нових гвинтових затискних пристроїв з встановленням співвідношень геометричних параметрів гвинтових затискних елементів в процесі затиску заготовок є актуальними.

У кваліфікаційній роботі потрібно вирішити такі завдання:

1. Розробити конструкцію і 3D модель патрона для затиску циліндричних заготовок на токарних і шліфувальних верстатах із використанням гвинтового затискного елемента, що забезпечує рівномірне розподілення сили затиску на поверхні заготовки.

2. Провести дослідження деформації затискного елемента гвинтового затискного пристрою під час затиску заготовки.

3. Визначити величини зміни середнього діаметра ΔD та кроку ΔT витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки.

4. На основі моделювання методом кінцевих елементів одержати стан та величини напружень і деформацій у гвинтовому затискному елементі та заготовці під час прикладання радіальної та осьової сили на заготовці, розглянувши різні варіанти конструкції патрона.

5. Вдосконалити відомий технологічний процес виготовлення корпусу 8КТ.003.154.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Дослідження деформації затискного елемента гвинтового затискного пристрою

Для затиску заготовок під час механічної обробки знайшли своє застосування різноманітні затискні пристрої зокрема патрони із гвинтовими затискними елементами. Перевагою таких патронів є забезпечення рівномірного розподілу тиску на поверхні затиску і відповідно зменшення деформації заготовок, зокрема з тонкими стінками. В межах кваліфікаційної роботи розроблено гвинтовий затискний патрон, що зображено на рис. 2.1 та рис. 2.2.

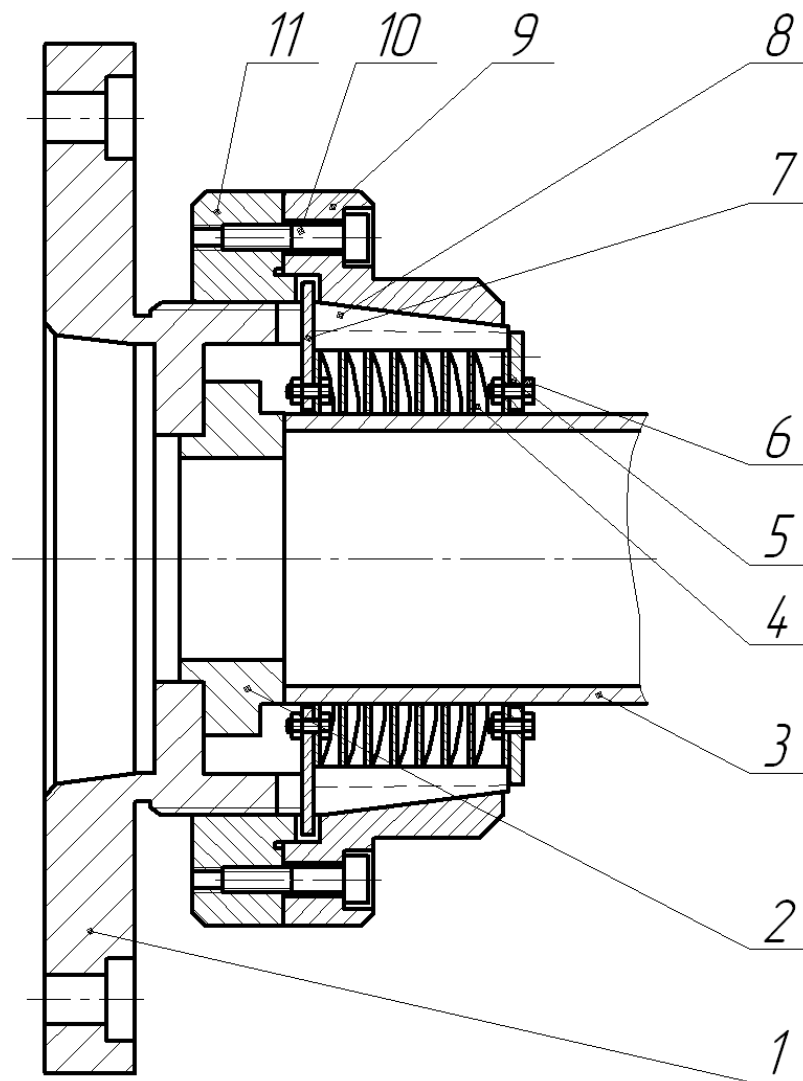
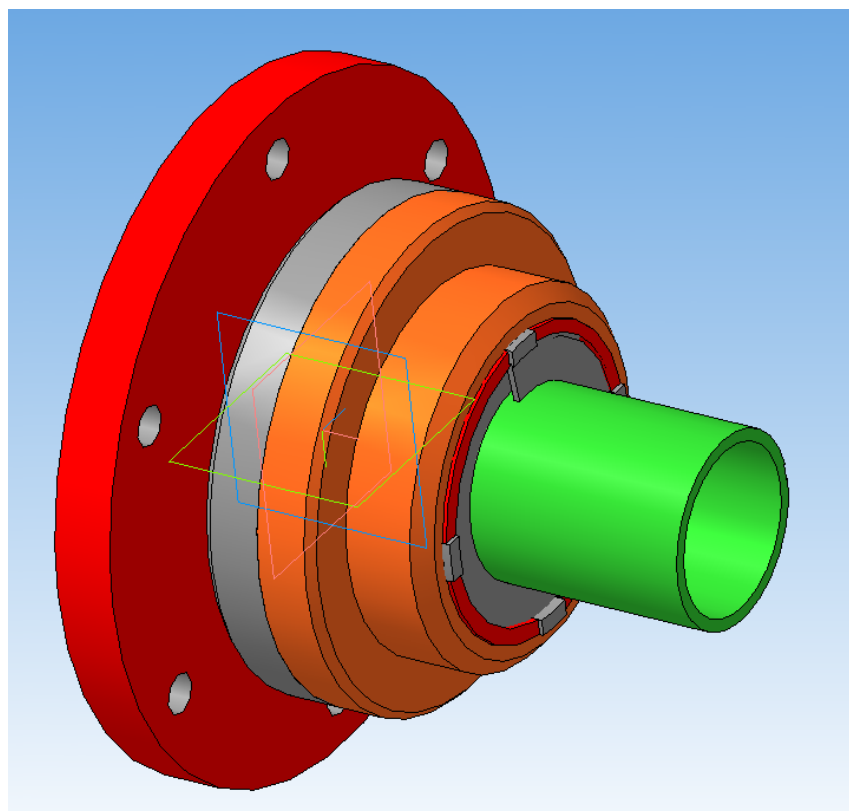


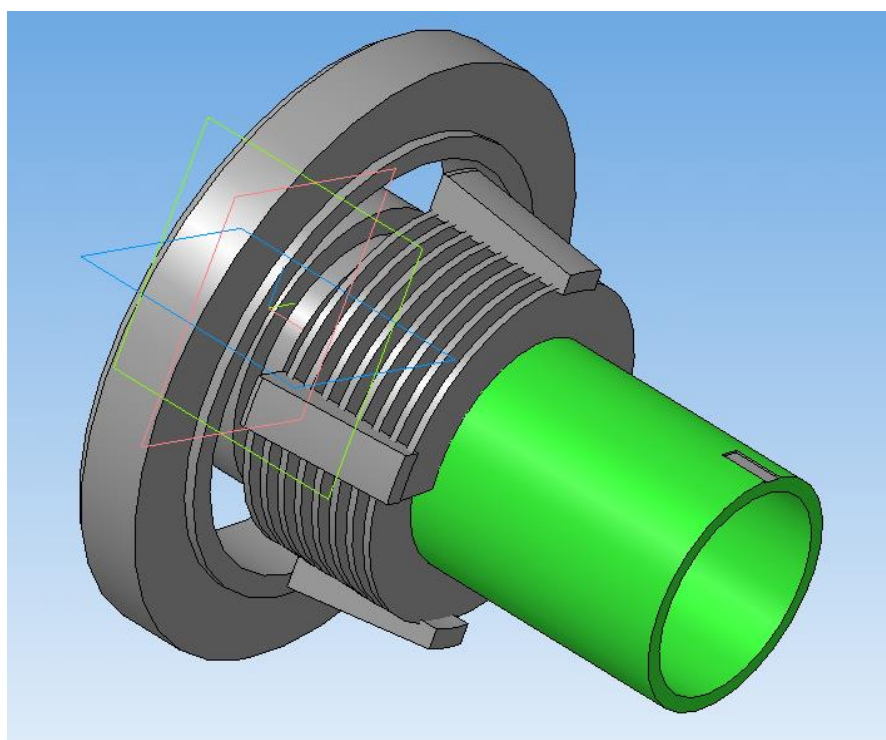
Рисунок 2.1 – Конструкція гвинтового затискного патрона

Гвинтовий затискний патрон складається з планшайби 1, за допомогою якої патрон встановлюється на шпинделі токарного або круглошліфувального верстата. На планшайбі 1 встановлено упор 2, що використовується для базування заготовки 3. Затиск заготовки здійснюється гвинтовим затискним елементом 4, що жорстко закріплений з правої сторони через кришку 5 болтами 6. З лівої сторони гвинтового затискного елемента 4 встановлено рівномірно розміщені по колу упори 7, за допомогою яких гвинтовий затискний елемент розтягується або стискається в осьовому напрямку а також деформується у круговому напрямку. Для підвищення жорсткості гвинтових затискних елементів рівномірно по колу розміщено клини 8, що є у взаємодії із правою конічною гайкою 9. Права конічна гайка 9 з'єднана за допомогою болтів 10 із лівою гайкою 11.

Робота гвинтового затискного патрона виконується таким чином. Заготовку 3 встановлюють в середину гвинтового затискного елемента 4 з базуванням на упор 2. Після цього провертають ліву гайку 11, яка через упори 7 розтягує затискний гвинтовий елемент 4 та деформує його в коловому напрямку. Одночасно із цим в ліву сторону переміщується права конічна гайка 9, що через клини 8 додатково деформує гвинтовий затискний елемент в радіальному напрямку. В наслідок цього збільшується крок витків та зменшується внутрішній діаметр гвинтового затискного елемента 4 до величини зовнішнього діаметра заготовки 3 і відповідно відбувається затиск останньої. Після обробки заготовки викручують ліву гайку 11, затискний гвинтовий елемент 4 стискається, при цьому збільшується його внутрішній діаметр, розтискаючи заготовку 3. Обробка наступної заготовки здійснюється аналогічно.



а)



б)

Рисунок 2.2 – Конструкція гвинтового затискного патрона, трьохмірне зображення: а) загальний вигляд, б) основні затискні елементи

Гвинтовий затискний елементи представленого вище патрона виготовлено із пружного матеріалу зниженої жорсткості. Для деформації такого елемента потрібно прикладати осьове зусилля та крутний момент на його торці. При прикладанні силових факторів відбувається зміна внутрішнього і зовнішнього діаметра гвинтового затискного елемента. Тому виникає необхідність у встановленні взаємозв'язку конструктивних параметрів гвинтового затискного елемента та силових параметрів процесу затиску заготовки. Для цього розглянуто розрахункову схему на рис. 2.3, де зображено гвинтовий затискний елемент до затиску та після затиску заготовки.

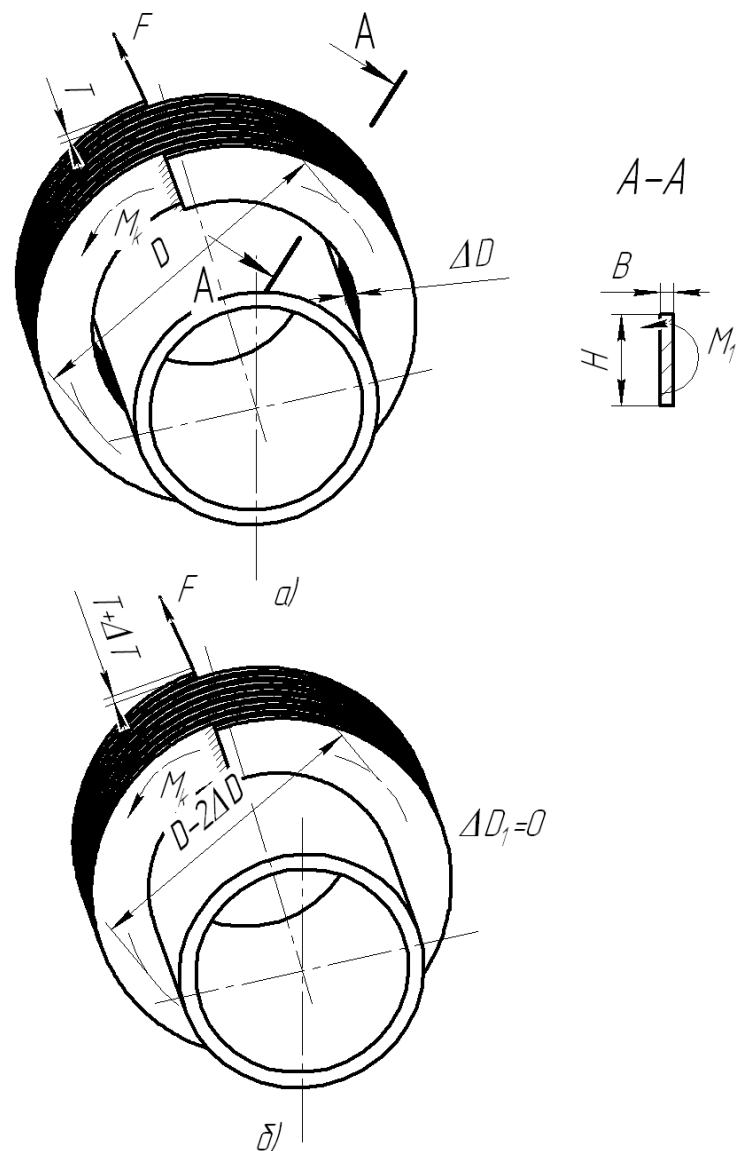


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема процесу затиску заготовки гвинтовим затискним елементом: а) до затиску заготовки; б) після затиску заготовки

Середню лінію гвинтового затискного елемента можна представити в параметричній формі [30]:

$$\begin{aligned}x &= \frac{D}{2} \cos \theta; \\y &= \frac{D}{2} \sin \theta; \\z &= \frac{T}{2\pi} \theta,\end{aligned}\tag{2.1}$$

де D – середній діаметр гвинтового затискного елемента, мм;

T – крок витків затискного елемента на середній лінії, мм.

Параметр θ можна представити у взаємозв'язку із довжиною дуги гвинтового затискного елемента на середній лінії за допомогою рівняння (2.2):

$$L = \int_0^\theta \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2} d\theta;\tag{2.2}$$

$$L = \frac{1}{2} \theta \sqrt{D^2 + \frac{T^2}{\pi^2}};\tag{2.3}$$

$$\theta = \frac{2L}{\sqrt{D^2 + \frac{T^2}{\pi^2}}}.\tag{2.4}$$

Підставляємо значення параметра θ (2.4) у систему рівнянь (2.1), знаходимо:

$$\begin{aligned}x &= \frac{D}{2} \cos \frac{2L}{\sqrt{D^2 + \frac{T^2}{\pi^2}}}; \\y &= \frac{D}{2} \sin \frac{2L}{\sqrt{D^2 + \frac{T^2}{\pi^2}}};\end{aligned}\tag{2.5}$$

$$z = \frac{T}{\pi} \frac{L}{\sqrt{D^2 + \frac{T^2}{\pi^2}}}.$$

Визначаємо кривизну дуги гвинтового затискного елемента на середньому діаметрі за відомою формулою:

$$K = \sqrt{\left(\frac{d^2x}{dL^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2y}{dL^2}\right)^2 + \left(\frac{d^2z}{dL^2}\right)^2}. \quad (2.6)$$

У результаті перетворень рівняння (2.6) з використанням рівнянь (2.5) одержано:

$$K = \frac{2D}{D^2 + \frac{T^2}{\pi^2}}. \quad (2.7)$$

Визначаємо кручення дуги гвинтового затискного елемента на середньому діаметрі за відомою формулою:

$$\Omega = \begin{vmatrix} -\frac{D}{2}\sin t & \frac{D}{2}\cos t & \frac{T}{2\pi} \\ -\frac{D}{2}\cos t & -\frac{D}{2}\sin t & 0 \\ \frac{D}{2}\sin t & -\frac{D}{2}\cos t & 0 \end{vmatrix} \frac{\left(\frac{D^2 + \frac{T^2}{\pi^2}}{2D}\right)^2}{\frac{1}{4}\left[(-D\sin t)^2 + (D\cos t)^2 + \frac{T^2}{\pi^2}\right]}. \quad (2.8)$$

Після встановлення визначника рівняння (2.8), отримано:

$$\Omega = \frac{2T}{\pi D^2 + \frac{T^2}{\pi}}. \quad (2.9)$$

Під час затиску заготовки розміри середнього діаметра гвинтового затискного елемента D та кроку витків затискного елемента на середній лінії T

пов'язані з початковими розмірами діаметра D_0 і кроку T_0 такими співвідношеннями:

$$D = D_0 + \Delta D ; \quad (2.10)$$

$$T = T_0 + \Delta T , \quad (2.11)$$

де ΔD - величина зміни середнього діаметра гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки, мм;

ΔT - величина зміни кроку витків затискного елемента на середній лінії під час затиску заготовки, мм.

Величини зміни середнього діаметра ΔD та кроку ΔT витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки залежать від прикладеної осьової сили та крутного моменту на лівій гайці патрона, а відповідно і на затискному елементі, його геометричних параметрів та матеріалу, з якого виготовлено затискний елемент.

Визначаємо взаємозв'язок між зміною середнього діаметра ΔD та кроку ΔT витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки та кривизною ΔK і крученням $\Delta \Omega$ середньої кривої затискного елемента. Для цього проводимо диференціювання рівнянь (2.7) та (2.9) із одержанням результатів:

$$\Delta K = \frac{4 \left[\left(-D^2 + \frac{T^2}{\pi^2} \right) \Delta D - \frac{DT}{\pi^2} \Delta T \right]}{\left(D^2 + \frac{T^2}{\pi^2} \right)^2}; \quad (2.12)$$

$$\Delta \Omega = \frac{-T\pi D \Delta D + \left(\pi \frac{D^2}{2} - \frac{T^2}{4\pi^2} \right) \Delta T}{\left(\frac{\pi D^2}{2} + \frac{T^2}{4\pi^2} \right)^2}. \quad (2.13)$$

Із рівняння (2.12) визначено:

$$\Delta D = \frac{\frac{1}{2}\Delta K \left(D^2 + \frac{T^2}{\pi^2} \right)^2 + 2D\Delta T \frac{T}{\pi^2}}{-D^2 + \frac{T^2}{\pi^2}}. \quad (2.14)$$

Також із рівняння (2.13) визначено:

$$\Delta D = \frac{\Delta\Omega \left(\frac{\pi D^2}{2} + \frac{T^2}{4\pi^2} \right)^2 - \Delta T \left(\frac{\pi D^2}{2} - \frac{T^2}{4\pi^2} \right)}{-T\pi D}. \quad (2.15)$$

Із рівнянь (2.14) та (2.15) одержано:

$$\Delta T = \frac{8\Delta K \left(-2\pi^5 T^3 D^3 - \pi^7 T D^5 - \pi^3 T^5 D \right) + \Delta\Omega \left(4\pi^5 R^4 T^2 - T^6 + \pi^8 D^6 - 8\pi^6 D^4 T^2 + T^4 D^2 \pi^2 \right)}{4\pi^2 \left(2\pi^5 D^4 + 6\pi^3 D^2 T^2 - D^2 \pi^2 T^2 + T^4 \right)}. \quad (2.16)$$

Зміна кривизни ΔK і кручення $\Delta\Omega$ середньої кривої затискного елемента виникає під час затиску заготовки під дією сили розтягу F та моменту скручування M_k торців, що передаються через гайку патрона.

Відповідно до літератури [31] для визначення величин зміни кривизни та кручення для лінійних деформацій можна використати співвідношення:

$$\Delta\Omega = \frac{M_1}{GJ_p}; \quad (2.17)$$

$$\Delta K = \frac{M_3}{EJ_x}. \quad (2.18)$$

де M_1 – крутний момент деформації витка у площині, що перпендикулярна до середньої лінії перерізу витка, Н·мм;

$J_p = HB^3\xi$ – полярний момент інерції матеріалу витка, мм⁴;

$J_x = \frac{HB^3}{12}$ – осьовий момент інерції матеріалу витка, мм⁴;

E - модуль Юнга матеріалу затискного елемента, МПа;

G - модуль пружності другого роду матеріалу затискного елемента, МПа.

M_3 – момент згину, що деформує виток у площині вимірювання кривизни витка K , Н·мм;

H – товщина витка затискного елемента в поперечному перерізі, мм;

B – ширина витка затискного елемента в поперечному перерізі, мм;

ξ - коефіцієнт із довідників, що визначається співвідношенням H до B .

Крутний момент деформації витка у площині, що перпендикулярна до середньої лінії перерізу витка можна визначити за формулою [32]:

$$M_1 = M_k \sin \alpha + F \frac{D}{2} \cos \alpha, \quad (2.19)$$

де α – кут підйому гвинтової лінії затискного елемента, град.

Кут підйому гвинтової лінії затискного елемента визначено за формулою із літератури [3]:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{T}{\pi D}\right). \quad (2.20)$$

Момент згину, що деформує виток у площині вимірювання кривизни витка K , визначено за формулою [3]:

$$M_3 = M_k \cos \alpha - F \frac{D}{2} \sin \alpha. \quad (2.21)$$

На основі рівнянь (2.16), (2.17), (2.18), (2.19), (2.21) визначено величину зміни кроку витків затискного елемента на середній лінії під час затиску заготовки:

$$\Delta T = \frac{\frac{M_k \sin \alpha + F \frac{D}{2} \cos \alpha}{GHB^3 \xi} \left(4\pi^5 R^4 T^2 - T^6 + \pi^8 D^6 - 8\pi^6 D^4 T^2 + T^4 D^2 \pi^2 \right) + \dots}{4\pi^2 \left(2\pi^5 D^4 + 6\pi^3 D^2 T^2 - D^2 \pi^2 T^2 + T^4 \right)} + \dots \quad (2.22)$$

$$+ \frac{96 \left(M_k \cos \alpha - F \frac{D}{2} \sin \alpha \right)}{EHB^3} \left(-2\pi^5 T^3 D^3 - \pi^7 T D^5 - \pi^3 T^5 D \right) \dots$$

Також визначено величина зміни середнього діаметра гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки:

$$\Delta D = \frac{M_k \sin \alpha + F \frac{D}{2} \cos \alpha}{-T \pi D GHB^3 \xi} \left[\left(\frac{\pi D^2}{2} + \frac{T^2}{4\pi^2} \right)^2 - \left(\frac{\pi D^2}{2} - \frac{T^2}{4\pi^2} \right) \times \right. \quad (2.23)$$

$$\left. \left(4\pi^5 R^4 T^2 - T^6 + \pi^8 D^6 - 8\pi^6 D^4 T^2 + T^4 D^2 \pi^2 \right) + \frac{96 \left(M_k \cos \alpha - F \frac{D}{2} \sin \alpha \right)}{EHB^3} \left(-2\pi^5 T^3 D^3 - \pi^7 T D^5 - \pi^3 T^5 D \right) \right]$$

$$\times \frac{1}{4\pi^2 \left(2\pi^5 D^4 + 6\pi^3 D^2 T^2 - D^2 \pi^2 T^2 + T^4 \right)}$$

Використовуючи рівняння (2.22) та (2.23) побудовано графіки залежності зміни середнього діаметра ΔD та кроку ΔT витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки від осевого навантаження та геометричних параметрів затискного елемента (рисунки 2.4, 2.5 і 2.6).

З рисунків 2.4, 2.5 і 2.6 та на основі аналізу рівнянь (2.22) та (2.23) встановлено, що із збільшенням середнього діаметра гвинтового затискного елемента, кроку витків та величини зовнішнього навантаження величина зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки зростає.

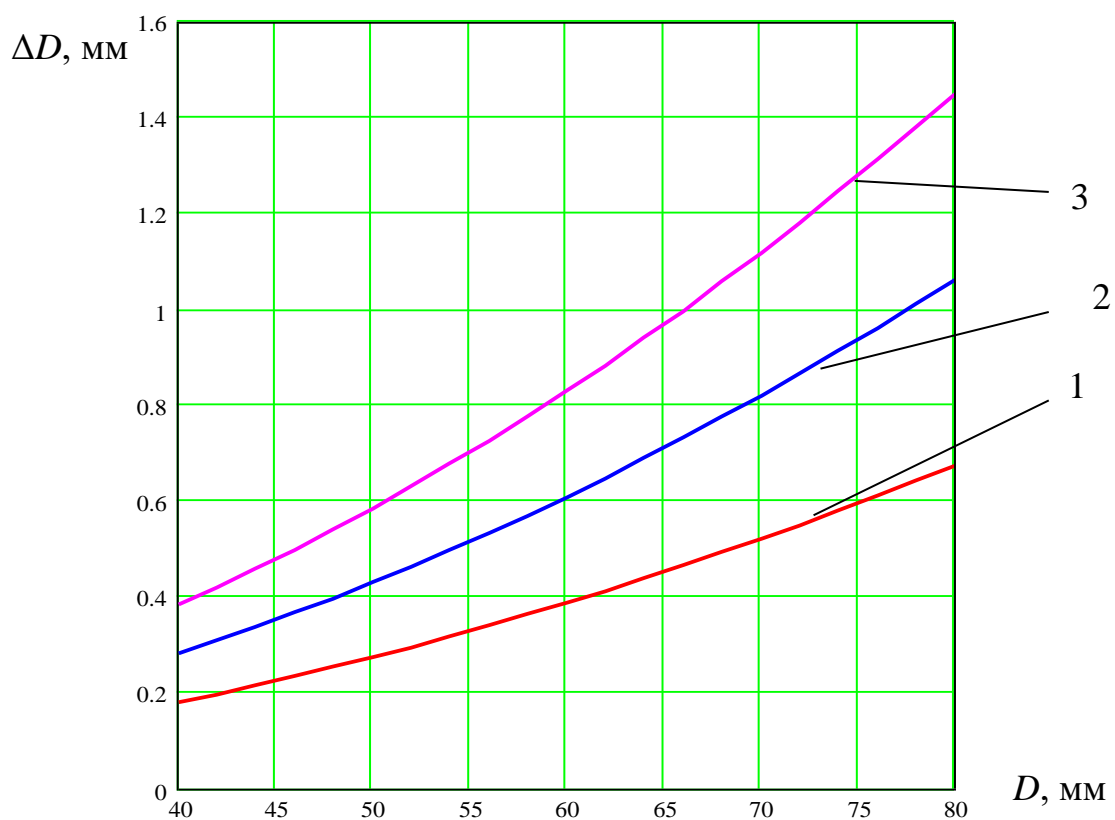


Рисунок 2.4 – Графіки залежності величини зміни середнього діаметра гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки $H=10\text{мм}$, $B=2\text{ мм}$:
1) $F=150\text{Н}$; 2) $F=200\text{Н}$; 3) $F=250\text{Н}$

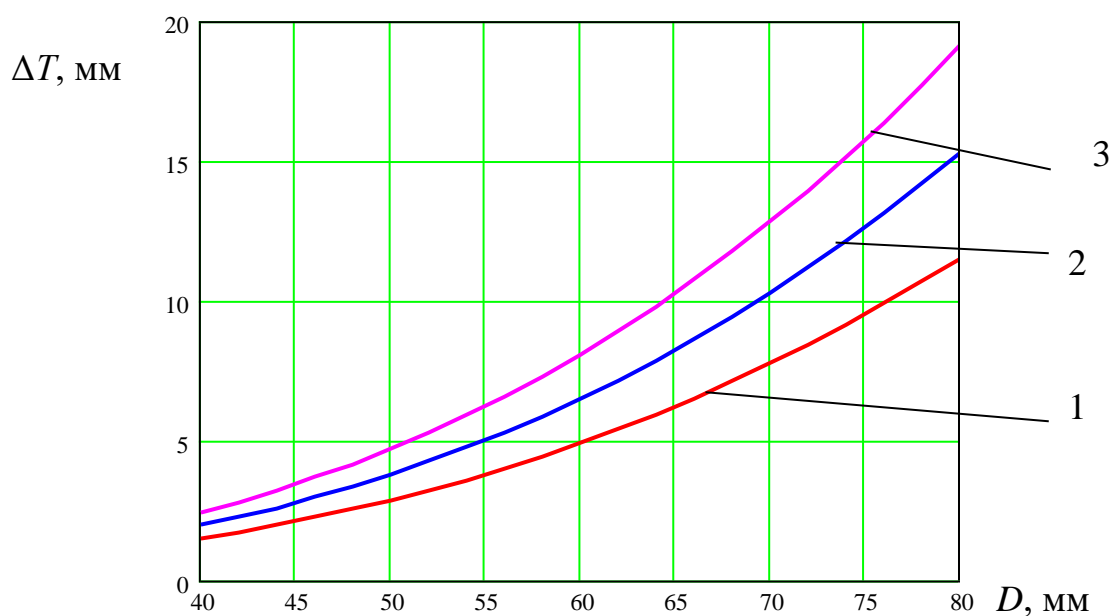


Рисунок 2.5 – Графіки залежності величини зміни кроку витків затискного елемента на середній лінії під час затиску заготовки $H=10\text{мм}$, $B=2\text{ мм}$: 1) $F=150\text{Н}$; 2) $F=200\text{Н}$; 3) $F=250\text{Н}$

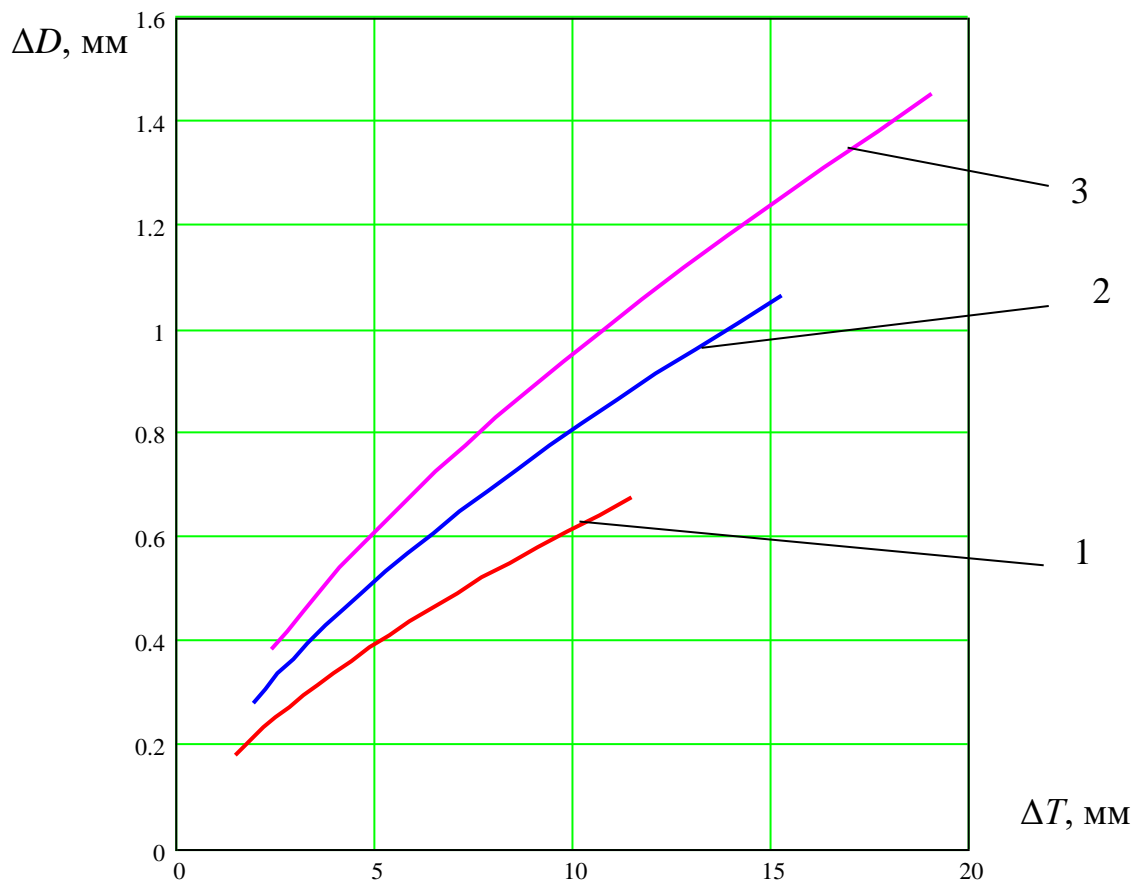


Рисунок 2.6 – Графіки залежності, що визначають співвідношення між величинами зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки $H=10\text{мм}$, $B=2\text{ мм}$:

1) $F=150\text{Н}$; 2) $F=200\text{Н}$; 3) $F=250\text{Н}$

Максимальні величини зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки складають відповідно 1,43 мм та 18 мм, а мінімальні відповідно – 0,19 мм та 2мм. Збільшення середнього діаметра гвинтового затискного елемента від 40 мм до 80 мм призводить до збільшення величини зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки в 3,67 рази та 6 разів відповідно.

При цьому збільшення сили розтягу F від 150 Н до 250 Н призводить до збільшення величини зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового

затискного елемента під час затиску заготовки в 2,27 рази та 1,5 разів відповідно.

2.2. Визначення величини напружень та деформацій, що виникають у затискному гвинтовому елементі при навантаженні затисненої заготовки із застосуванням прикладних програм

Під час проектування гвинтового затискного пристрою виконано його трьохмірне комп'ютерне моделювання із затисненою заготовкою (рис. 2.2), використовуючи прикладне програмне забезпечення. Це дозволило дослідити величини напружень та деформацій, що виникають у затискному гвинтовому елементі та заготовці при навантаженні силами різання під час механічної обробки. Під час моделювання відкидалися елементи пристрою із підвищеною жорсткістю. При цьому використовувався метод кінцевих елементів. Матеріал гвинтового затискного елемента - термооброблена сталь 65Г. В результаті моделювання одержано стан та величини напружень і деформацій у гвинтовому затискному елементі та заготовці. Таке моделювання виконувалось для трьох випадків:

1. Затиск заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із трьома клинами на зовнішній гвинтовій поверхні.
2. Затиск заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті з шістьма клинами на зовнішній гвинтовій поверхні.
3. Затиск заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із конічною втулкою на зовнішній гвинтовій поверхні, при цьому контактні напруження розподілено рівномірно на цій поверхні.

В процесі досліджень здійснено генерування кінцево-елементної сітки на створених 3D моделях, накладання зовнішніх обмежень (рис. 2.7), формування силових навантажень радіальною та осьовою силою на заготовці (рис. 2.8). В результаті у вікнах програми одержували графічне представлення напружень (рис. 2.9, 2.11, 2.13) та деформацій (рис. 2.10, 2.12, 2.14), що виникають у

заготовці та затискному гвинтовому елементі під час прикладання радіальної та осьової сили на заготовці.

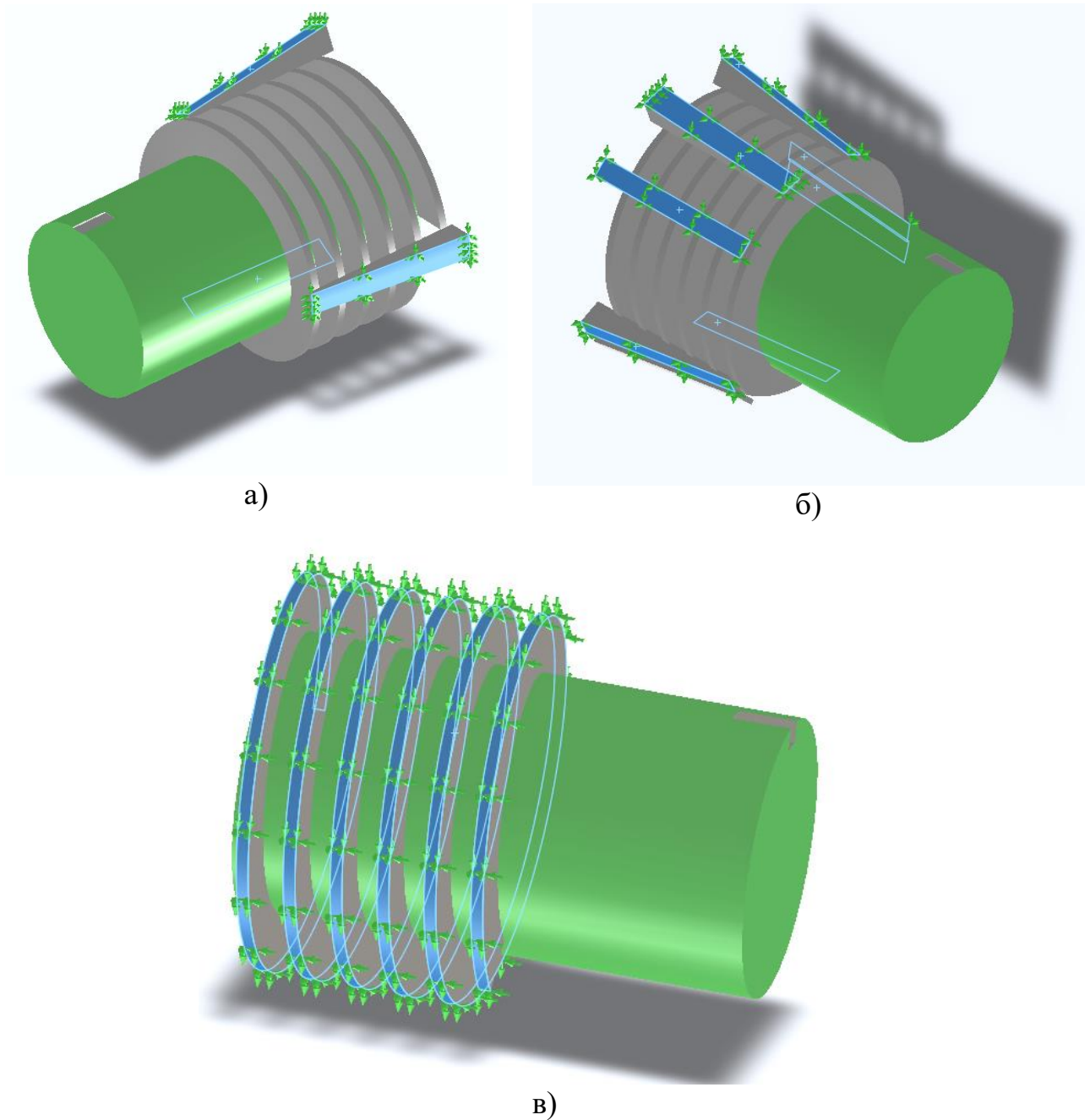


Рисунок 2.7 - Накладання зовнішніх обмежень при затиску заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із а) трьома клинами на зовнішній гвинтовій поверхні б) шістьма клинами на зовнішній гвинтовій поверхні в) конічною втулкою на зовнішній гвинтовій поверхні, при цьому контактні напруження розподілено рівномірно на цій поверхні

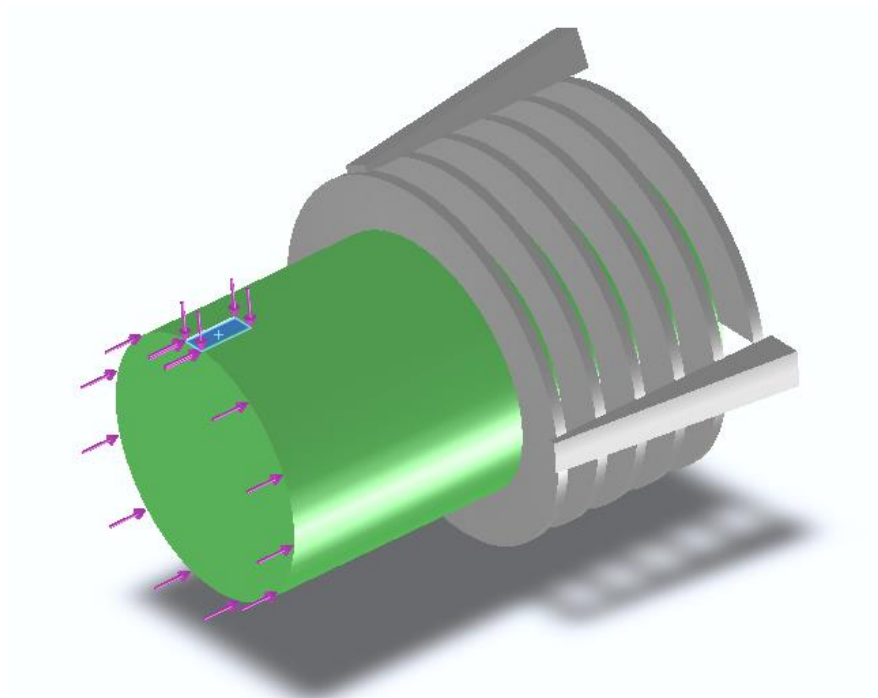


Рисунок 2.8 - Формування силових навантажень радіальною та осьовою силою на заготовці

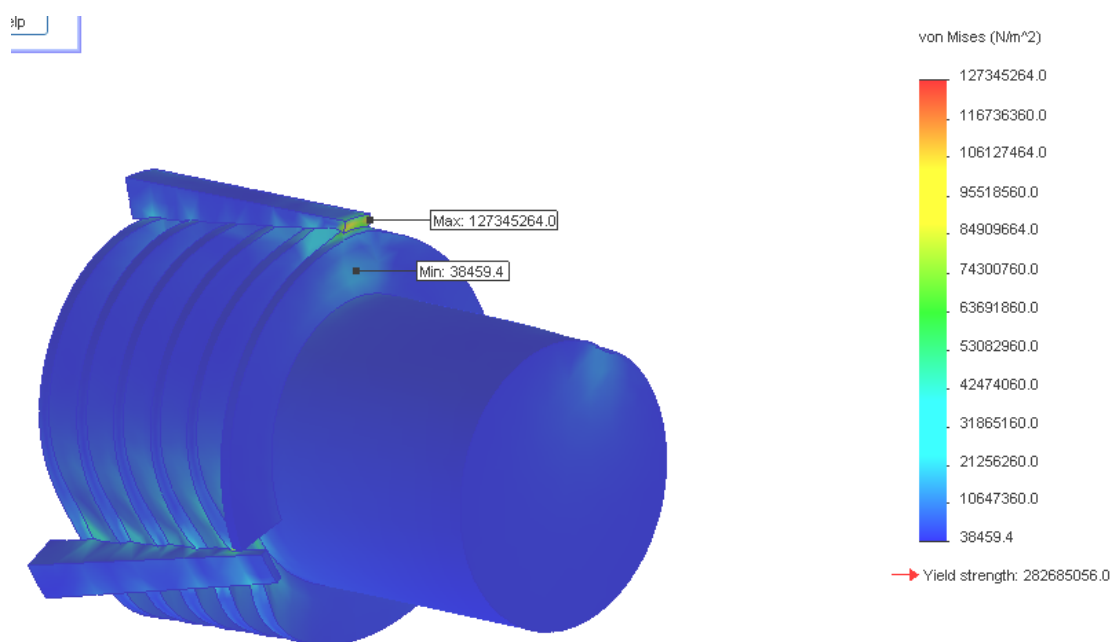


Рисунок 2.9 - Напруження, що виникають у заготовці та затискному гвинтовому елементі під час прикладання радіальної та осьової сили на заготовці (гвинтовий затискний елемент є у контакті із трьома клинами на зовнішній гвинтовій поверхні)

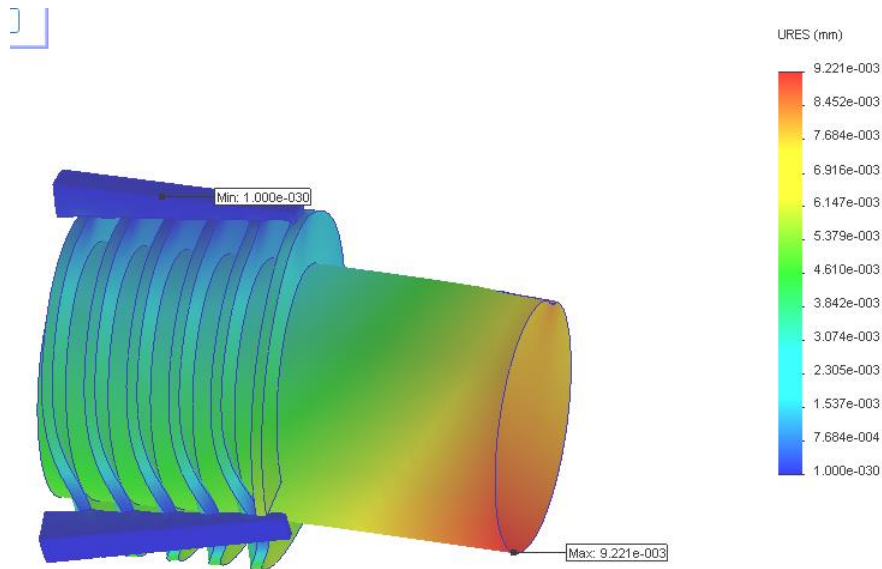


Рисунок 2.10 - Деформації, що виникають у заготовці та затискному гвинтовому елементі під час прикладання радіальної та осьової сили на заготовці (гвинтовий затискний елемент є у контакті із трьома клинами на зовнішній гвинтовій поверхні)

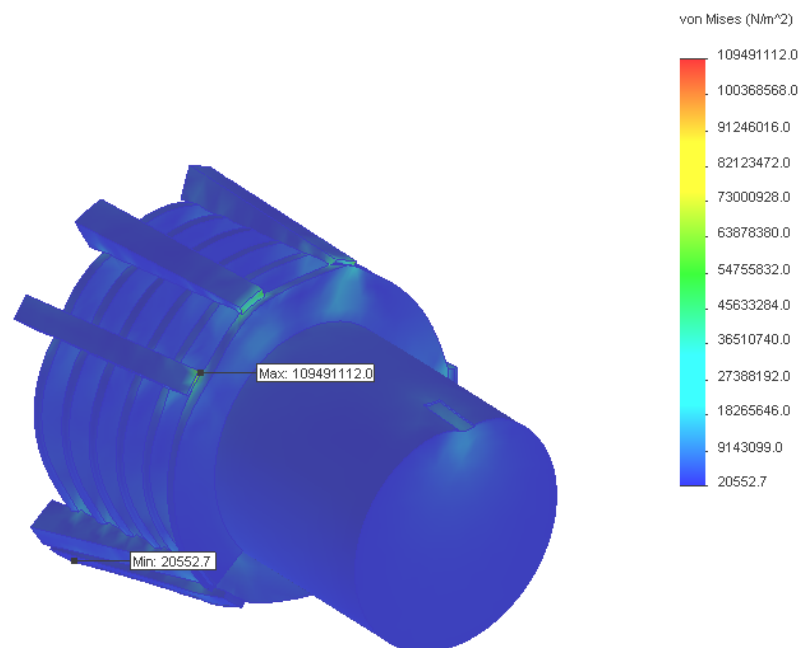


Рисунок 2.11 - Напруження, що виникають у заготовці та затискному гвинтовому елементі під час прикладання радіальної та осьової сили на заготовці (гвинтовий затискний елемент є у контакті із шістьма клинами на зовнішній гвинтовій поверхні)

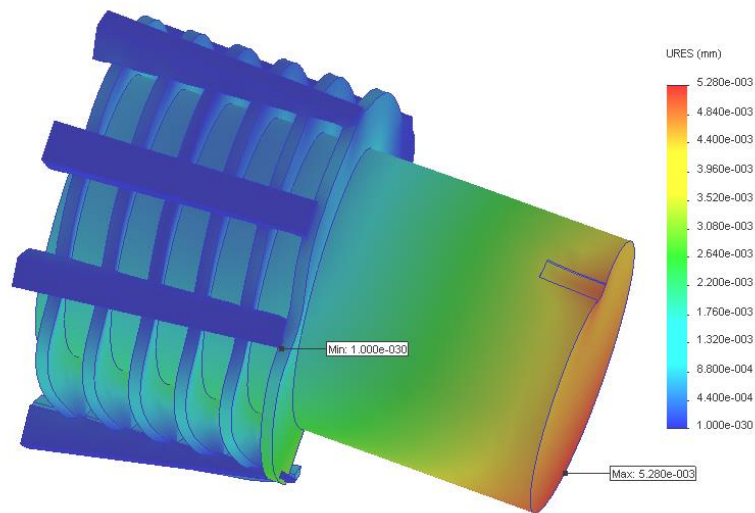


Рисунок 2.12 - Деформації, що виникають у заготовці та затискному гвинтовому елементі під час прикладання радіальної та осьової сили на заготовці (гвинтовий затискний елемент є у контакті із шістьма клинами на зовнішній гвинтовій поверхні)

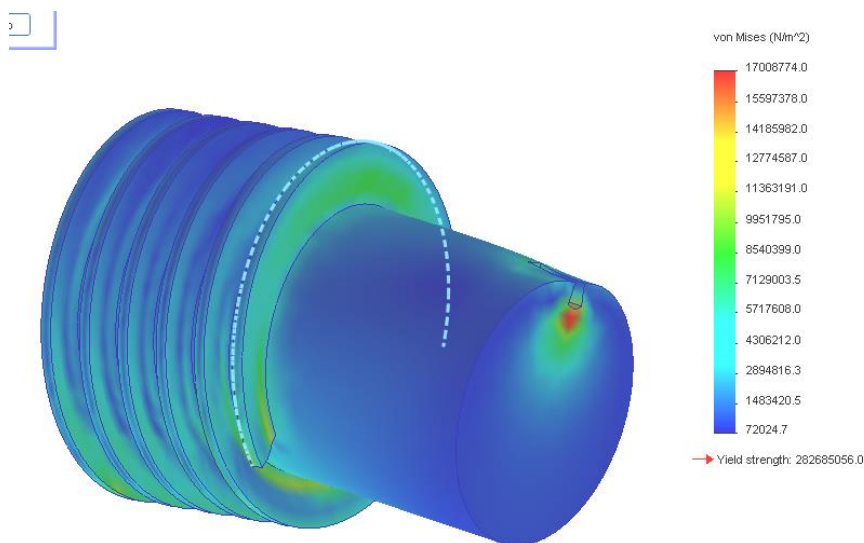


Рисунок 2.13 - Напруження, що виникають у заготовці та затискному гвинтовому елементі під час прикладання радіальної та осьової сили на заготовці (гвинтовий затискний елемент є у контакті із конічною втулкою на зовнішній гвинтовій поверхні, при цьому контактні напруження розподілено рівномірно на цій поверхні)

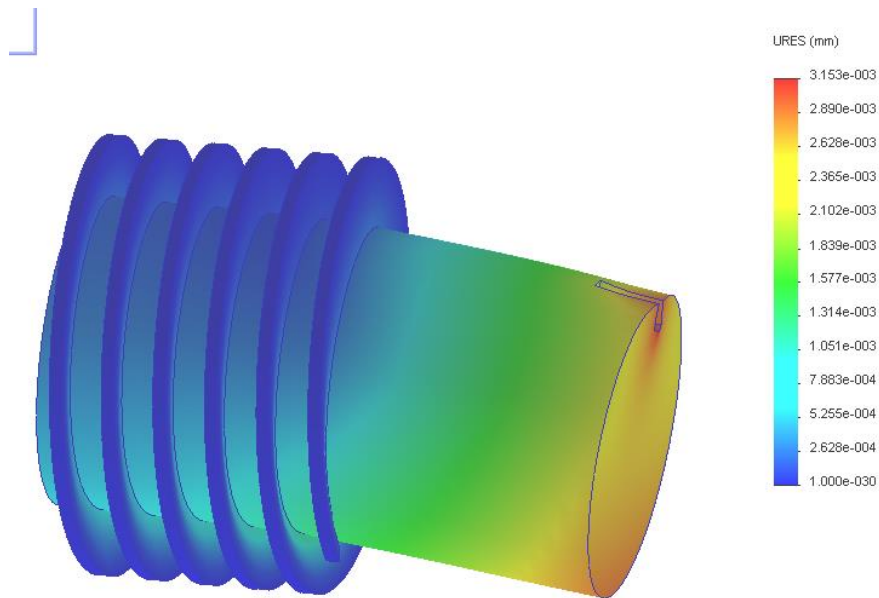


Рисунок 2.14 - Деформації, що виникають у заготовці та затискному гвинтовому елементі під час прикладання радіальної та осьової сили на заготовці (гвинтовий затискний елемент є у контакті із конічною втулкою на зовнішній гвинтовій поверхні, при цьому контактні напруження розподілено рівномірно на цій поверхні)

В результаті трьохмірного моделювання методом кінцевих елементів встановлено, що при затиску заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із трьома клинами на зовнішній гвинтовій поверхні максимальні напруження становлять 127 МПа, деформації – 0,009 мм.

При затиску заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із шістьма клинами на зовнішній гвинтовій поверхні максимальні напруження становлять 109 МПа, деформації – 0,005 мм.

При затиску заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із конічною втулкою на зовнішній гвинтовій поверхні (при цьому контактні напруження розподілено рівномірно на цій поверхні) максимальні напруження становлять 170 МПа, деформації – 0,003 мм.

Отже, затиск заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із конічною втулкою на зовнішній гвинтовій поверхні (при цьому контактні напруження розподілено рівномірно на цій поверхні) є найкращим варіантом,

оскільки максимальні деформації заготовки зменшуються в 3 рази, що забезпечує підвищення точності обробки поверхонь заготовки. При цьому напруження на гвинтовому затискному елементі зростають в 1,34 рази, проте не виходять за межі гранично допустимих напружень матеріалу гвинтового затискного елемента.

2.3. Висновки

В розділі представлено конструкцію і 3D модель патрона для затиску циліндричних заготовок на токарних і шліфувальних верстатах із використанням гвинтового затискного елемента, що забезпечує рівномірне розподілення сили затиску на поверхні заготовки. Проведено дослідження деформації затискного елемента гвинтового затискного пристрою під час затиску заготовки. Визначено величини зміни середнього діаметра ΔD та кроку ΔT витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки, що залежать від прикладеної осьової сили та крутного моменту на лівій гайці патрона, а відповідно і на затискному елементі, його геометричних параметрів та матеріалу, з якого виготовлено затискний елемент. Побудовано графіки залежності зміни середнього діаметра ΔD та кроку ΔT витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки від осьового навантаження та геометричних параметрів затискного елемента.

Встановлено, що із збільшенням середнього діаметра гвинтового затискного елемента, кроку витків та величини зовнішнього навантаження величина зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки зростає.

Максимальні величини зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки складають відповідно 1,43 мм та 18 мм, а мінімальні відповідно – 0,19 мм та 2мм. Збільшення середнього діаметра гвинтового затискного елемента від 40 мм до 80 мм призводить до збільшення величини зміни середнього діаметра та кроку

витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки в 3,67 рази та 6 разів відповідно.

При цьому збільшення сили розтягу F від 150 Н до 250 Н призводить до збільшення величини зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки в 2,27 рази та 1,5 разів відповідно.

Також в результаті моделювання методом кінцевих елементів одержано стан та величини напружень і деформацій у гвинтовому затискному елементі та заготовці під час прикладання радіальної та осьової сили на заготовці.

Встановлено, що при затиску заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із трьома клинами на зовнішній гвинтовій поверхні максимальні напруження становлять 127 МПа, деформації – 0,009 мм.

При затиску заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із шістьма клинами на зовнішній гвинтовій поверхні максимальні напруження становлять 109 МПа, деформації – 0,005 мм.

При затиску заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із конічною втулкою на зовнішній гвинтовій поверхні (при цьому контактні напруження розподілено рівномірно на цій поверхні) максимальні напруження становлять 170 МПа, деформації – 0,003 мм.

Отже, затиск заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із конічною втулкою на зовнішній гвинтовій поверхні (при цьому контактні напруження розподілено рівномірно на цій поверхні) є найкращим варіантом, оскільки максимальні деформації заготовки зменшуються в 3 рази, що забезпечує підвищення точності обробки поверхонь заготовки. При цьому напруження на гвинтовому затискному елементі зростають в 1,34 рази, проте не виходять за межі гранично допустимих напружень матеріалу гвинтового затискного елемента.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Аналіз технологічності деталі

Визначення показників технологічності корпусу 8КТ.003.154 ґрунтуються на числових даних, приведених в таблиці 1.1.

Розрахунок коефіцієнта точності обробки корпусу 8КТ.003.154:

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{cp}}}, \quad (3.1)$$
$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 15 + 12 \cdot 11 + 11 \cdot 1 + 9 \cdot 1}{28} = 12,93;$$
$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{12,93} = 0,92.$$

Якщо $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$, то корпус 8КТ.003.154 є технологічним.

Розрахунок коефіцієнта шорсткості поверхонь корпусу 8КТ.003.154:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{cp}}}, \quad (3.2)$$
$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 12 + 3 \cdot 15}{28} = 3,5,$$
$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{3,5} = 0,29.$$

Якщо $K_{\text{ш}} = 0,29 > 0,16$, то корпус 8КТ.003.154 є технологічним.

Розрахунок коефіцієнта уніфікації конструктивних елементів корпусу 8КТ.003.154

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_{\text{е}}} = \frac{22}{28} = 0,79. \quad (3.3)$$

Якщо $K_{\text{у.е.}} = 0,79 > 0,6$, то корпус 8КТ.003.154 є технологічним.

На основі одержаних розрахунків встановлено, що деталь “Корпус” 8КТ.003.154 є технологічною і немає потреби щодо зміни її конструкції, технічних вимог, матеріалу.

3.2. Вибір способу одержання заготовки

Існують різноманітні способи виготовлення заготовки корпуса 8КТ.003.154, серед яких приділено увагу двом способам:

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

2) литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин.

Розрахунки припусків для корпуса 8КТ.003.154 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.1).

Формули для розрахунку об’єму та маси заготовок:

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

$q = 0,43$ – маса деталі, кг;

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

Таблиця 3.1 – Припуски корпуса 8КТ.003.154

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 у форми з піщаної суміші, що утворенні за допомогою спеціальної машини та металевих моделей – 11 клас; ряд– 3				
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 70H9^{+0,074}$	Ra2,7	4,4	$6,5 \times 2 = 13,0$	$\varnothing 57 \pm 2,2$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 79,8_{-0,29}$; l=19 під різь M80×2-8g	Ra6,5	4,4	$5,0 \times 2 = 10,0$	$\varnothing 89,8 \pm 2,2$
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 97,9^{+0,4}$; l=36 під різь M100×2-7H	Ra6,5	4,4	$5,0 \times 2 = 10,0$	$\varnothing 87,9 \pm 2,2$

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3	4	5
Торцева поверхня 74h14 _(-0,74)	Ra12,7	4,4	5,0 × 2 = 10,0	84±2,2
Торцева внутрішня поверхня 36±0,31	Ra12,7	3,6	4,2	31,8±1,8 на кресленні 36,8±1,8
Торцева поверхня 16h14 _(-0,43)	Ra12,7	2,8	3,6	19,6±1,4 на кресленні 23,8±1,4
2) литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин – 7 клас; ряд– 1				
Внутрішня циліндрична поверхня Ø70H9 ^(+0,074)	Ra2,7	1,1	2,0 × 2 = 4,0	Ø66±0,55
Зовнішня циліндрична поверхня Ø79,8 _{-0,29} ; l=19 під різь М80×2-8g	Ra6,5	1,1	1,2 × 2 = 2,4	Ø82,2±0,55
Внутрішня циліндрична поверхня Ø97,9 ^{+0,4} ; l=36 під різь М100×2-7H	Ra6,5	1,1	1,2 × 2 = 2,4	Ø95,5±0,55
Торцева поверхня 74h14 _(-0,74)	Ra12,7	1,1	1,2 × 2 = 2,4	76,4±0,55
Торцева внутрішня поверхня 36±0,31	Ra12,7	0,9	1,1	34,9±0,45 на кресленні 36±0,45
Торцева поверхня 16h14 _(-0,43)	Ra12,7	0,7	1,0	17±0,35 на кресленні 18,1±0,35

Об'єм циліндричних частин деталі:

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

Визначаємо об'єм припусків:

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

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (89,8^2 - 79,8^2) \cdot 24}{4} = 31952,64 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (70^2 - 57^2) \cdot 43}{4} = 55729,51 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (97,9^2 - 87,9^2) \cdot 36,8}{4} = 53673,9 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр4торця}} = S_{\text{згідно кресл.}} \cdot h = 991,11 \cdot 3,6 = 3567,99 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 7^2 \cdot 4}{4} = 307,72 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр6}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 3,3^2 \cdot 12}{4} = 410,34 \text{ мм}^3.$$

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

$$\begin{aligned} V_{\text{пр}} &= 31952,64 + 55729,51 + 53673,9 + 3567,99 + 307,72 + 410,34 = \\ &= 145642,1 (\text{мм}^3) = 145,64 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

– литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (82,2^2 - 79,8^2) \cdot 20,2}{4} = 6165,2 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (70^2 - 66^2) \cdot 39,2}{4} = 16739,97 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (97,9^2 - 95,5^2) \cdot 36}{4} = 13117,16 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр4торця}} = S_{\text{згідно кресл.}} \cdot h = 991,11 \cdot 0,7 = 693,8 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 7^2 \cdot 4}{4} = 307,72 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{пр6}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 3,3^2 \cdot 12}{4} = 410,34 \text{ мм}^3.$$

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

$$\begin{aligned} V_{\text{пр}} &= 6165,2 + 16739,97 + 13117,16 + 693,8 + 307,72 + 410,34 = \\ &= 37434,19 (\text{мм}^3) = 37,434 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Загальні маси припусків:

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

$$m_{\text{пр1}} = 145,64 \cdot 2,6 = 378,664 \text{ г} \approx 0,38 \text{ кг}.$$

– литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$m_{\text{пр2}} = 37,434 \cdot 2,6 = 97,33(\text{г}) \approx 0,097 \text{ кг.}$$

На основі попередніх розрахунків визначаємо маси заготовок:

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

$$Q_1 = 0,43 + 0,38 = 0,81 \text{ кг.}$$

– литво під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$Q_2 = 0,43 + 0,097 \approx 0,53 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

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

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

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,43}{0,81} = 0,53.$$

– литва під тиском у пресформи за допомогою спеціальних машин:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,43}{0,53} = 0,81.$$

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 8КТ.003.154 із вибором оптимального надано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняння двох маршрутів механічної обробки корпусу 8КТ.003.154

№ 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	Торцева поверхня 16h14 _(-0,43)	14	Ra12,7	Фрезерування торцевою фрезою	—
2	Зовнішня канавка Ø77h14 _(-0,43) ; 3 ^{+0,3} ; 45°	14	Ra12,7	Точіння однократне при поперечній подачі	—
3	Зовнішня циліндрична поверхня Ø79,8 _{-0,29} ; l=19 під різь М80×2-8g	11	Ra6,5	Точіння напівчистове при поздовжній подачі	—
4	Зовнішня фаска 2×45°	14	Ra12,7	Точіння однократне	—
5, 9	Торцева поверхня 74h14 _(-0,74)	14	Ra12,7	Точіння напівчистове при поперечній подачі	—
6	Внутрішня циліндрична поверхня Ø70H9 ^(+0,074)	9	Ra2,7	Розточування напівчистове Розточування чистове	—
7	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,7	Розточування однократне	—
8	Зовнішня різьова поверхня М80×2-8g;	12	Ra6,5	Фрезерування різі гребінчастою фрезою	Нарізання різі різцем
10	Внутрішня різьова поверхня М100×2-7H; l=19	12	Ra6,5	Фрезерування різі гребінчастою фрезою	Нарізання різі різцем
11	Внутрішня циліндрична поверхня Ø97,9 ^{+0,4} ; l=36 під різь М100×2-7H	12	Ra6,5	Розточування напівчистове при поздовжній подачі	—

Закінчення таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6
12	Торцева внутрішня поверхня $36 \pm 0,31$	14	Ra12,7	Розточування напівчистове при поперечній подачі	Розточування напівчистове при поздовжній подачі широким різцем
13	Внутрішня канавка $\varnothing 101h14_{(-0,87)}; 6^{+0,3}; 45^\circ$	14	Ra12,7	Розточування напівчистове при поздовжній подачі по копіру	—
14	Внутрішня фаска $2 \times 45^\circ$	14	Ra12,7	Розточування однократне	—
15, 16	Отвір глухий $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}; 1=12^{+1,0}; \varnothing 80 \pm 0,1$ під різь М4-7Н	12	Ra6,5	Свердління по кондуктору	Центрування Свердління
19, 20	Різовий глухий отвір М4-7Н; 8min; $\varnothing 80 \pm 0,1$	12	Ra6,5	Нарізання різі мітчиком	—
23, 24, 25, 26	Внутрішня фаска $0,5 \times 45^\circ$	14	Ra12,7	Утворення при свердлінні	Зенкування
17, 18	Отвір глухий $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}; 1=12^{+1,0}; \varnothing 80 \pm 0,1; 20^\circ \pm 30'$ під різь М4-7Н	12	Ra6,5	Свердління по кондуктору	Центрування Свердління
21, 22	Різовий глухий отвір М4-7Н; 8min; $\varnothing 80 \pm 0,1; 20^\circ \pm 30'$	12	Ra6,5	Нарізання різі мітчиком	—

Оптимальний маршрут обробки корпусу 8КТ.003.154.

005. Токарна напівавтоматна

1. Підрізати остаточно торець 5 з поперечного супорта, витримуючи розмір $75,2_{-0,74}$.

2. Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 3 з поздовжнього супорта, витримуючи розмір $\varnothing 79,8_{-0,29}$.

3. Розточити попередньо отвір 6, точити зовнішню фаску 4, розточити внутрішню фаску 5 з поздовжнього супорта одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 69,59^{+0,19}$; $2 \times 45^\circ$; $1 \times 45^\circ$.

4. Розточити остаточно отвір 6 з поздовжнього супорта, витримуючи розмір $\varnothing 70^{+0,074}$.

5. Точити зовнішню канавку 2 з поперечного супорта, витримуючи розміри $\varnothing 77_{-0,74}$; $3^{+0,3}$; 45° на токарному шестишпиндельному напівавтоматі.

010. Токарна напівавтоматна.

Позиція II. Підрізати остаточно торець 9 з поперечного супорта, витримуючи розмір $74_{-0,74}$.

Позиція III. Розточити остаточно отвір 11 з поздовжнього супорта, витримуючи розміри $\varnothing 97,9^{+0,4}$; $34,9 \pm 0,45$.

Позиція IV. Розточити остаточно фаску 14 з поздовжнього супорта, витримуючи розмір $2 \times 45^\circ$.

Позиція V. Підрізати торець 12 з поздовжнього супорта, витримуючи розмір $36 \pm 0,31$.

Позиція VI. Розточити остаточно внутрішню канавку 13 з поздовжнього та поперечного супортів послідовно, витримуючи розміри $\varnothing 101^{+0,87}$; $6^{+0,3}$; 45° .

Перевірити розміри: $74_{-0,74}$; $\varnothing 97,9^{+0,4}$; $36 \pm 0,31$; $\varnothing 101^{+0,87}$; $6^{+0,3}$; 45° ; $2 \times 45^\circ$ на токарному шестишпиндельному напівавтоматі.

Контроль 30%

015. Різефрезерна

Фрезерувати зовнішню різь 8, витримуючи розміри $M80 \times 2-8g$; $l=16$ на різефрезерному напівавтоматі.

020. Різефрезерна

Фрезерувати внутрішню різь 10, витримуючи розміри $M100 \times 2-7H$; $l=18$ на різефрезерному напівавтоматі.

025. Вертикально-фрезерна

Фрезерувати остаточно торцеву поверхню 1, витримуючи розмір $16_{-0,43}$ на вертикально-фрезерному напівавтоматі.

030. Агрегатна

Позиція II. Свердлити два отвори 15, 16 з утворенням двох фасок 19, 20 та свердлити два отвори 27, 28 з горизонтальної силової головки IIa одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$; $l=12^{+1,0}$; $\varnothing 80 \pm 0,1$; $0,5 \times 45^\circ$; $\varnothing 7^{+0,36}$.

Позиція III. Свердлити два отвори 17, 18 з утворенням двох фасок 21, 22 з горизонтальної силової головки IIIa одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$; $l=12^{+1,0}$; $\varnothing 80 \pm 0,1$; $0,5 \times 45^\circ$; $20^\circ \pm 30'$.

Позиція IV. Нарізати різь 23, 24 з горизонтальної силової головки IVa одночасно, витримуючи розміри M4-7H; 8min; $\varnothing 80 \pm 0,1$.

Позиція V. Нарізати різь 25, 26 з горизонтальної силової головки Va одночасно, витримуючи розміри M4-7H; 8min; $\varnothing 80 \pm 0,1$; $20^\circ \pm 30'$ на спеціальному горизонтальному агрегатному напівавтоматі.

035. Контроль.

3.5. Визначення припусків на оброблення

Розрахунки припусків для корпусу 8КТ.003.154 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 74h14 _(-0,74)					
Напівчистове точіння	14	Ra12,7	0,74	$1,2 \times 2 = 2,4$	74 _{-0,74}
Заготовка	7-мий кл.	R _z 52	1,1	—	76,4 \pm 0,55
Торцева внутрішня поверхня 36 \pm 0,31					
Напівчистове точіння	14	Ra12,7	0,62	1,1	36 \pm 0,31
Заготовка	7-мий кл.	R _z 52	0,9	—	34,9 \pm 0,45
Торцева поверхня 16h14 _(-0,43)					

Закінчення таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
Фрезерування торцевою фрезою	14	Ra12,7	0,43	1,0	16 _{-0,43}
Заготовка	7-мий кл.	R _z 52	0,7	—	17±0,35
Зовнішня циліндрична поверхня Ø79,8 _{-0,29} ; l=19 під різь M80×2-8g					
Напівчистове точіння	11	Ra6,5	0,43	1,2 × 2 = 2,4	Ø79,8 _{-0,29}
Заготовка	7-мий кл.	R _z 52	1,1	—	Ø82,2±0,55
Внутрішня циліндрична поверхня Ø97,9 ^{+0,4} ; l=36 під різь M100×2-7H					
Напівчистове розточування	12	Ra6,5	0,4	1,2 × 2 = 2,4	Ø97,9 ^{+0,4}
Заготовка	7-мий кл.	R _z 52	1,1	—	Ø95,5±0,55

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 8КТ.003.154 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.5).

Таблиця 3.5 – Таблиця режимів різання для операцій обробки корпусу

8КТ.003.154

[illegible]

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 3 з поздовжнього супорта, витримуючи розмір $\varnothing 79,8_{-0,29}$	1,2	23	1	152	0,136	1452	364	195,76	0,117	1,32
Позиція IV Розточити попередньо отвір 6, точити зовнішню фаску 4, розточити внутрішню фаску 5 з поздовжнього супорта одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 69,59^{+0,19}$; $2 \times 45^\circ$; $1 \times 45^\circ$	1,64 2,0 1,0	45	1	152	0,27	1452	318	378	0,117	6,21
Позиція V										
Розточити остаточно отвір 6 з поздовжнього супорта, витримуючи розмір $\varnothing 70^{+0,074}$	0,147	45	1	152	0,27	1452	318	378	0,117	0,32
Позиція VI Точити зовнішню канавку 2 з поперечного супорта, витримуючи розміри $\varnothing 77_{-0,74}$; $3^{+0,3}$; 45°	1,4	5	1	42	0,028	1452	352,5	42,06	0,117	0,78
010 Токарна напівавтоматна										
Позиція II Підрізати остаточно торець 9 з поперечного супорта, витримуючи розмір $74_{-0,74}$	1,2	10	1	100,6	0,066	641	218	41,5	0,245	0,42
Позиція III Розточити остаточно отвір 11 з поздовжнього супорта, витримуючи розміри $\varnothing 97,9^{+0,4}$; $34,9 \pm 0,45$	1,2	39	1	152	0,27	641	198	161	0,244	0,48

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Позиція IV Розточити остаточно фаску 14 з поздовжнього супорта, витримуючи розмір 2×45°	2	5	1	60	0,031	640	195	20,47	0,245	0,52
Позиція V Підрізати торець 12 з поздовжнього супорта, витримуючи розмір 36±0,31	1,1	39	1	30	0,25	196	641	160	0,242	2,62
Позиція VI Розточити остаточно внутрішню канавку 13 з поздовжнього та поперечного супортів попередньо, витримую- чи розміри $\varnothing 101^{+0,87}$; 6 ^{+0,3} ; 45°	1,55	32,6	1	82	0,21	204	641	134,3	0,243	1,06
015 Різефрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати зовнішню різь 8, витримуючи розміри M80×2-8g; l=16	1,73	301,4	1	200	0,1 мм/ зуб	41	161	254	1,17	3,1
020 Різефрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати внутрішню різь 10, витримуючи розміри M100×2-7H; l=18	1,73	376,8	1	200	0,05 мм/ зуб	45	141	97	3,7	3,1
025 Вертикально-фрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати остаточно торцеву поверхню 1, витримуючи розмір 16 _{-0,43}	1,0	111	1	200	0,06 мм/ зуб	566	1801	1081	0,11	2,11

Закінчення таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
030 Агрегатна										
Позиція II Свердлити два отвори 15, 16 з утворенням двох фасок 19, 20 та свердлити два отвори 27, 28 з горизонтальної силової головки IIa одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$; $l=12^{+1,0}$; $\varnothing 80 \pm 0,1$; $0,5 \times 45^\circ$; $\varnothing 7^{+0,36}$	1,65 3,5	16,5	1	81	0,07	2001	20,5	162	0,102	0,53
Позиція III Свердлити два отвори 17, 18 з утворенням двох фасок 21, 22 з горизонтальної силової головки IIIa одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 3,3H12^{(+0,12)}$; $l=12^{+1,0}$; $\varnothing 80 \pm 0,1$; $0,5 \times 45^\circ$; $20^\circ \pm 30'$	1,65	16,5	1	81	0,07	2001	20,5	162	0,102	0,211
Позиція IV Нарізати різь 23, 24 з горизонтальної силової головки IVa одночасно, витримуючи розміри M4-7H; 8min; $\varnothing 80 \pm 0,1$	0,38	19	1	82,7	0,7	231	3,1	161	0,14	0,14
Позиція V Нарізати різь 25, 26 з горизонтальної силової головки Va одночасно, витримуючи розміри M4-7H; 8min; $\varnothing 80 \pm 0,1$; $20^\circ \pm 30'$	0,38	19	1	82,7	0,7	231	3,1	161	0,14	0,14

Розрахунки технічних норм часу виготовлення корпуса 8КТ.003.154 проведено із використанням відомих методик і табличних даних довідників (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6 – Норми часу виготовлення корпусу 8КТ.003.154

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, що перекривається часом циклу, T _д хв			Час швидких переміщень, хв	Час циклу верстага, T _ц хв	Час обслуговування, T _{об} , хв			T _{шт} , хв.	T _{п.з.} , хв.	n, шт	T _{шт.к.} , хв
		T _у .	T _{пер.}	T _{вим.}			T _{тех.об.}	T _{орг.об.}	T _{відп.}				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
005 Токарна напів-автоматна	0,118											1410	0,25
010 Токарна напів-автоматна	0,244	0,12	0,01	0,096	0,042	0,3	0,005	0,01	0,021	0,336	67		0,39
015 Різе-фрезена	1,18												1,78
020 Різе-фрезена	3,8												5,74
025 Вертикально-фрезена	0,103												0,16
030 Агрегатна	0,12												0,306

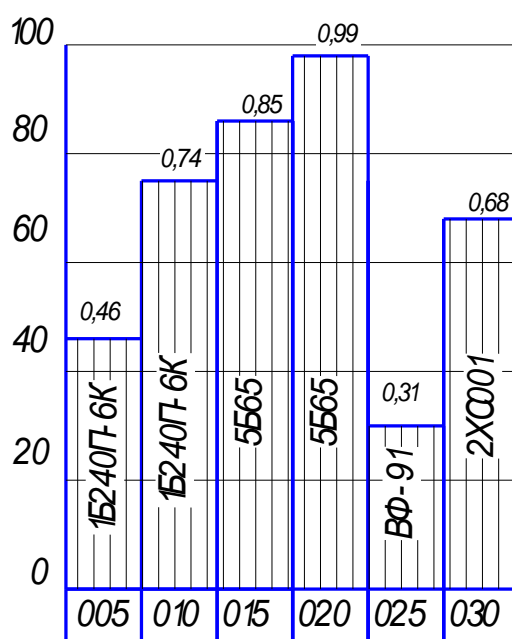


Рисунок 3.3 – Графік завантаження обладнання

3.7. Розрахунок пристосування

Для токарної обробки, зокрема чорнового розточування отвору $\varnothing 97,9^{+0,4}$ корпусу 8КТ.003.154 на 010 токарній автоматній операції розроблено спеціальний патрон, що представлений у графічній частині із розрахунковою схемою на рис. 3.4. Проведемо необхідні сили затиску заготовки для цієї операції.

Умова рівноваги при дії моментів різання та моментів сил тертя, що виникають при затиску заготовки прихватами [23]:

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

де K - коефіцієнт запасу.

Момент різання при токарній обробці:

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot r. \quad (3.9)$$

Моменти тертя, що виникають при затиску заготовки прихватами [23]:

$$\sum M_{\text{тр}} = Q \cdot R \cdot f_1 + \frac{2Qf_2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2^2 - R_1^2)}, \quad (3.10)$$

де $f_1=0,2$; $f_2=0,2$; $R_1=35\text{мм}$; $R_2=38\text{мм}$; $R=90\text{мм}$.

Із рівнянь (3.8) – (3.10) одержано силу затиску на прихваті:

$$Q = \frac{K \cdot P_z \cdot r}{f_1 \cdot R + 2f_2 \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3(R_2^2 - R_1^2)}}. \quad (3.11)$$

Коефіцієнт запасу K [20]:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,6.$$

Сила різання, що виникає при розточуванні отвору:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.12)$$

де $C_p = 40$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0$ [20];

$t = 1,2$ мм; $S = 0,25$ мм/об; $V = 197$ м/хв;

K_p – поправочний коефіцієнт.

Поправочний коефіцієнт, який враховує умови різання [20]:

$$K_p = K_{Mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\tau p}. \quad (3.13)$$

Позиція II:

$K_{Mp} = 1,0$ для АК12 [20];

$K_p = 1,0 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,89$.

$P_{zIII} = 10 \cdot 40 \cdot 1,2^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 197^0 \cdot 0,89 = 10 \cdot 40 \cdot 1,2 \cdot 0,35 \cdot 1,0 \cdot 0,89 = 150 \text{ Н}$.

Із формули (3.4) одержимо силу затиску на прихваті:

$$Q = \frac{2,6 \cdot 150 \cdot 49}{0,2 \cdot 90 + 2 \cdot 0,2 \cdot \frac{38^3 - 35^3}{3 \cdot (38^2 - 35^2)}} = 755 \text{ Н}.$$

Перевірочний розрахунок сили затиску:

$$Q \leq W \cdot i, \quad (3.14)$$

де W – сила, що виникає на штоці пневмоциліндра.

Сила, що виникає на штоці пневмоциліндра [14]:

$$W = 0,785 \cdot (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{шт}}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.15)$$

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

Розглядаємо умову закріплення заготовки:

$$W > Q.$$

В результаті розрахунків одержано $W = 2689,2 \text{ Н} > Q = 755 \text{ Н}$.

Висновок: умова затиску заготовки корпусу 8КТ.003.154 на 010 операції токарній напівавтоматній забезпечується.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Інструкція з охорони праці для обслуговуючого персоналу верстату, що проектується (модернізується)

Для виготовлення корпусу 8КТ.003.154 використовується спеціальний агрегатний верстат.

Робота на агрегатних верстатах відноситься до робіт з підвищеною небезпекою. Усім робітникам, які працюють на агрегатних верстатах, необхідно присвоїти II групу з електробезпеки. До самостійної роботи на агрегатному верстаті допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли:

- медичний огляд;
- інструктаж з основної спеціальності;
- інструктаж з цієї Інструкції.

Під час експлуатації агрегатного верстата необхідно користуватися інструкцією (паспортом) заводу-виготовлювача.

Підключення (відключення) агрегатного верстата до електромережі, планово-попереджувальний ремонт повинен проводити електротехнічний працівник, що має III групу з електробезпеки.

Під час роботи на агрегатному верстаті робітник для захисту від дії стружки забезпечується захисними окулярами, а також спецодягом (без висячих кінців). Захисні окуляри повинні видаватися під розпис.

Металеві частини агрегатного верстата, що можуть опинитися під напругою у випадку пошкодження ізоляції, повинні бути заземленими. Заземлення здійснюється металевою шиною або спеціальною жилою живильного кабелю, що не може одночасно бути провідником робочого струму. Використовувати з цією метою нульовий робочий провід забороняється.

Під час введення в експлуатацію електрообладнання агрегатного верстата підлягає випробуванню (вимірювання опору ізоляції, наявності та параметрів кола заземлення тощо). Агрегатний верстат підлягає також періодичній

перевірці в терміни, встановлені графіком планово-попереджувального ремонту, затвердженого головним інженером та узгодженого головними спеціалістами підприємства.

Дані про проведені ремонти заносяться в паспорт верстата, а результати перевірок і випробувань електрообладнання верстата заносяться в журнал.

На верстаті повинна бути прикріплена табличка з інвентарним номером, даними про особу, відповідальну за її технічний стан, і вивішена інструкція з безпечної експлуатації верстата.

Перелік робітників, які мають право працювати на агрегатному верстаті, повинен бути затверджений начальником виробничого підрозділу та вивішеним на видному місці на виробничій ділянці.

Біля верстата на підлозі повинен бути дерев'яний трап на всю довжину робочої зони завширшки не менше 0,6 м, відстань між планками якого повинна бути не більше 30 мм.

Біля верстата повинна передбачатися площа, на якій розміщуються стелажі, тара, столи та інші пристосування для розміщення оснастки, матеріалів, заготовок, готових виробів і відходів виробництва.

Агрегатний верстат повинен бути захищеним від впливу зовнішнього середовища (атмосферних опадів) та розташовуватися у приміщенні згідно з вимогами до умов експлуатації, зазначеними в паспорті заводу-виготовлювача.

Для зняття, установлення деталей або заготовок масою понад 20 кг необхідно використовувати вантажно-підймальний механізм, що обладнаний спеціальним пристроєм (захватом).

Забороняється використовувати під час роботи на агрегатному верстаті несправний інструмент або інструмент не за призначенням, а також працювати без інвентарного огороження частин, що обертаються, та знятих конструктивних елементів верстата.

Дозволяється працювати на агрегатному верстаті тільки тим робітникам, які пройшли відповідний інструктаж з питань охорони праці.

Під час встановлення свердл та інших різальних інструментів у шпиндель верстата необхідно звертати особливу увагу на міцність їх закріплення і точність центрування.

Видалення стружки з просвердленого отвору дозволяється виконувати тільки після зупинення верстата і відведення інструмента.

Усі предмети, призначені для обробки, за виключенням особливо важких, повинні бути встановлені і закріплені на столі або плиті агрегатного верстата нерухомо за допомогою лещат, кондукторів або інших надійних пристроїв.

Для витягання інструмента зі шпинделя верстата повинні застосовуватися спеціальні молотки і вибивачі (клини), зроблені із матеріалу, який виключає відокремлення його частинок під час удару.

Забороняється:

- застосовувати свердла і патрони з забитим або спрацьованим хвостовиком;
- використовувати під час роботи на верстаті рукавиці;
- утримувати деталь під час роботи руками.

Під час заміни інструмента на багатошпиндельних головках, де руки під час цього знаходяться в зоні розташування головок, необхідно користуватися спеціальними підставками, що запобігають падінню головки у разі обриву вантажу.

Під час виконання роботи робітник повинен дотримуватися вимог санітарних норм і правил особистої гігієни, забороняється зберігання та вживання їжі на робочому місці.

4.2. Характеристика стихійних лих та їх наслідки

Стихійні лиха – природне явище (землетрус, потоп, снігові лавини, урагани, циклони, тайфуни, пожеги, виверження вулканів і інші), які носять надзвичайний характер і які призводять до порушення нормальної діяльності населення, смерті людей, руйнування і знищення матеріальних цінностей.

Стихійні лиха можуть виникати як незалежно один від одного, так і в взаємозв'язку: одне з них може притягнути за собою інше. Деякі з них часто виникають в результаті не завжди розумної діяльності (лісові і торф'яні пожежі, виробничі вибухи в гірській місцевості і т.п.).

Незалежно від джерела виникнення стихійні лиха характеризуються значними масштабами і різною тривалістю – від декілька секунд і хвилин (землетруси, снігові лавини) до декількох годин, днів (оповзні) і місяців (потопи).

Землетруси – це сильні коливання земної кори, які викликані тектонічними чи вулканічними причинами і які призводять до руйнувань будівель, приміщень, пожеж і людських втрат.

Основними характеристиками є: глибина джерела, магнітуда та інтенсивність енергії на поверхні землі.

Глибина джерела землетрусу зазвичай знаходиться в границях від 10 до 30 км, в ряді випадків вона може бути значно більшою.

Землетруси викликають і інші стихійні лиха, такі, як оповзні, лавини, цунамі, потопи (через прорив дамб), пожежі (при ушкодженні нафтосховищ і розриву газопроводів), ушкодження комунікацій, ліній енерго-, водопостачання і каналізацій, аварій на хімічних виробництвах з витокom (розливом) СДОР, а також на АТС з витокom (викидом) ртутних речовин в атмосферу та інші.

Для захисту від землетрусів виявляються сейсмічно небезпечні зони в різних регіонах, проводяться так звані сейсмічні районування. У таких зонах передбачають різні міри захисту, починаючи з виконання вимог і правил при побудові і реконструкції будівель та інших об'єктів до призупинення дії небезпечних виробництв (хімічних заводів, АТС і ін.).

Повінь – це значні затоплення місцевості в результаті підйому рівня води в річці, озері, водосховищах, які викликані різними причинами (опаді, руйнування дамб і т.п.). Повені наносять великої матеріальної шкоди і призводять до людських жертв.

Безпосередня матеріальна шкода від повені заключається в пошкодженні і руйнуванні будинків, трас, ліній електропередач, пошкоджень сільськогосподарських угідь і т.п.

Повені можуть супроводжуватися пожежами внаслідок обривів і коротких замикань електрокабелів і проводів, а також розривами водопровідних і каналізаційних труб, електричних, телевізійних і телеграфних кабелів, які знаходяться в землі, із-за наступних нерівномірних осадків ґрунту.

Основні напрямки боротьби з повенями складається в зменшенні максимального розходу води в річці шляхом перерозподілу стоків (посадка лісозахисних смуг, виорювання землі впоперек схилів, і т.п.).

Поповзні – це сповзаюча суміш мас гірських порід вниз по схилу, які виникають через порушення рівноваги, яка викликана різними причинами (підмиванням породи водою, послаблення їх міцності внаслідок опадів, систематичними поштовхами, нерозумною сільськогосподарською діяльністю людини та інше).

Найдієвішим захистом від поповзнів є їх попередження. З комплексу попереджувальних заходів слід відмітити збір і відвід поверхневих вод, штучне перетворення рельєфу (в зоні можливого відриву землі зменшують навантаження на схили), фіксацію схилу за допомогою будівельних опорних стінок.

Снігові лавини наносять матеріальну шкоду і супроводжуються смертю людей. Захист від лавин може бути пасивний і активний. При пасивному захисті уникають використання лавинонебезпечних схилів чи ставлять на них загороджуючі щити. При активному захисті робиться обстріл лавинонебезпечних схилів, викликаючи зміщення невеликих небезпечних лавин, перешкоджаючи таким чином накопиченню критичних мас снігу.

Буревії – це вітри силою 12 балів по шкалі Бофорта, тобто вітри, швидкість яких перевищує 32,6 м/с (117,3 км/год).

Буревії називають також і тропічними циклонами, які виникають в Тихому океані поблизу берегів Центральної Америки; на Дальньому Сході і в

районах Індійського океану буревії носять назву тайфуни. Підчас тропічних циклонів швидкість вітру часто сягає 50 м/с. Циклони і тайфуни супроводжуються зазвичай інтенсивними проливними дощами.

Буревії на суходолі руйнують будівлі, лінії зв'язку і електропередач, пошкоджують комунікації і мости, ламають і виривають з коренями дерева; при розповсюдженні над морем викликають великі хвилі висотою 10-12 м і більше, пошкоджують чи навіть призводять до знищення суден.

Сучасні методи прогнозу погоди дозволяють за декілька годин і навіть діб попереджувати населення про насування буревіїв (штормів), а служба ЦО може надати необхідну інформацію про можливу обстановку і необхідні дії в ситуаціях, які виникли.

Найбільш надійний захист населення від буревіїв – використання захисних будівель (метро, сховища, підземних переходів, підвалів будинків і т.п.). при цьому необхідно враховувати можливе затоплення ділянок і вибирати захисні сховища на підвищених ділянках місцевості.

Пожежі – це не контрольований процес горіння, який тягне за собою смерть людей і знищення матеріальних цінностей.

Причинами виникнення пожеж є недбалість, необережність з вогнем, порушення правил пожежної безпеки, таке явище природи, як блискавки, самозапалювання сухих рослин і торфу.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі представлено конструкцію і 3D модель патрона для затиску циліндричних заготовок на токарних і шліфувальних верстатах із використанням гвинтового затискного елемента, що забезпечує рівномірне розподілення сили затиску на поверхні заготовки. Проведено дослідження деформації затискного елемента гвинтового затискного пристрою під час затиску заготовки. Визначено величини зміни середнього діаметра ΔD та кроку ΔT витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки, що залежать від прикладеної осьової сили та крутного моменту на лівій гайці патрона, а відповідно і на затискному елементі, його геометричних параметрів та матеріалу, з якого виготовлено затискний елемент. Побудовано графіки залежності зміни середнього діаметра ΔD та кроку ΔT витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки від осьового навантаження та геометричних параметрів затискного елемента.

Встановлено, що із збільшенням середнього діаметра гвинтового затискного елемента, кроку витків та величини зовнішнього навантаження величина зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки зростає.

Максимальні величини зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки складають відповідно 1,43 мм та 18 мм, а мінімальні відповідно – 0,19 мм та 2мм. Збільшення середнього діаметра гвинтового затискного елемента від 40 мм до 80 мм призводить до збільшення величини зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового затискного елемента під час затиску заготовки в 3,67 рази та 6 разів відповідно.

При цьому збільшення сили розтягу F від 150 Н до 250 Н призводить до збільшення величини зміни середнього діаметра та кроку витків гвинтового

затискного елемента під час затиску заготовки в 2,27 рази та 1,5 разів відповідно.

Також в результаті моделювання методом кінцевих елементів одержано стан та величини напружень і деформацій у гвинтовому затискному елементі та заготовці під час прикладання радіальної та осьової сили на заготовці.

Встановлено, що при затиску заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із трьома клинами на зовнішній гвинтовій поверхні максимальні напруження становлять 127 МПа, деформації – 0,009 мм.

При затиску заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із шістьма клинами на зовнішній гвинтовій поверхні максимальні напруження становлять 109 МПа, деформації – 0,005 мм.

При затиску заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із конічною втулкою на зовнішній гвинтовій поверхні (при цьому контактні напруження розподілено рівномірно на цій поверхні) максимальні напруження становлять 170 МПа, деформації – 0,003 мм.

Отже, затиск заготовки гвинтовим затискним елементом, що є у контакті із конічною втулкою на зовнішній гвинтовій поверхні (при цьому контактні напруження розподілено рівномірно на цій поверхні) є найкращим варіантом, оскільки максимальні деформації заготовки зменшуються в 3 рази, що забезпечує підвищення точності обробки поверхонь заготовки. При цьому напруження на гвинтовому затискному елементі зростають в 1,34 рази, проте не виходять за межі гранично допустимих напружень матеріалу гвинтового затискного елемента.

Вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу 8КТ.003.154. 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. Горбачев 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. Дериш О. Результати експериментальних досліджень радіального биття отворів після розточування / О. Дериш, В. Щербань // Матеріали IV 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. 82.

22. Генік І.С. Теоретичне обґрунтування параметрів гвинтових затискних пристроїв металорізальних верстатів : дис... канд. техн. наук: 05.03.01 / Генік Ігор Степанович ; Тернопільський держ. технічний ун-т ім. Івана Пулюя. Т., 2006. 178 с.

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. Скиба О.П. Синтез гвинтових затискних пристроїв для закріплення тонкостінних заготовок на металорізальних верстатах: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Скиба Олена Павлівна ; Терноп. нац. техн. ун-т ім. І. Пулюя. - Т., 2010. - 180 с.

26. Пат. 16500 UA, МПК B23B 31/02. Патрон для затиску тонкостінних втулок. / Кочубинська О. П, Гевко І. Б., Васильків В. В. (UA); заявник і патентовласник Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя (UA). - № u 200601165; заявл. 06.02.2006; опубл. 15.08.2006, Бюл. №8. - 6 с.

27. Пат. 17465 UA, МПК F16C15/00. Цанговий гвинтовий патрон. / Кочубинська О.П., Васильків В. В. (UA); заявник і патентовласник Тернопільський державний технічний університет ім. І. Пулюя (UA). - № u 200604540; заявл. 25.04.2006; опубл. 15.05.2006, Бюл. №9. - 4 с.

28. Патент 26781 UA u2007 04 590. Затискний патрон. Бюл №16. Под. 25.04.2007. Опубл. 10.10.2007. Ю. М. Кузнєцов, В. Н. Волошин, О. В. Грисюк.

29. Патент 29445 UA u2007 10 925. Гідромеханічний затискний патрон. Под. 02.10.2007. Опубл. 10.01.2008. М. А. Новік, Ю. М. Кузнєцов, М.С. Забарний.

30. Бронштейн И. Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов / И. Н. Бронштейн, К. А. Семендяев М. : Наука, 1981. 720 с.

31. Беляев Н.М. Сопротивление материалов М. : Наука, 1976. 608 с.

32. Новосад І. Я. Технологічне забезпечення виготовлення секцій робочих органів гнучких гвинтових конвеєрів: дис. кандидата техн. наук : 05.02.08 / Новосад Іван Ярославович. Тернопіль, 2007. 229 с.

33. 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.

34. 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.

35. 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.

36. 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.

37. 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.