

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 маточини 11.107 з
дослідженням параметрів оправки з пружними затискними елементами

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

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Федоревич В.М. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Дячун А.Є. (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
2024

РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи: “Розроблення технології виготовлення маточини 11.107 з дослідженням параметрів оправки з пружними затискними елементами”.

У кваліфікаційній роботі проведено представлено конструкцію і 3D модель оправки з пружними гвинтовими затискними елементами. Представлено параметричні рівняння поверхні гвинтового затискного елемента з конічними частинами. Розроблено розрахункову схему геометричних параметрів затиску заготовки гвинтовим затискним елементом з конічними частинами. Виведено рівняння для визначення осьової сили, що необхідно прикладати на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при його деформуванні.

Побудовано графіки залежності осьової сили, що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки від геометричних параметрів гвинтового затискного елемента.

Проведено дослідження методом кінцевих елементів напружено-деформованого стану оправки з пружними затискними елементами.

Під час досліджень виконувалось проектування різних варіантів оправок з пружними затискними елементами з вибором оптимального варіанту. Після цього здійснено вибір матеріалів заготовки, корпусу оправки та гвинтового затискного елемента, накладання обмежень на конічну частину оправки, що закріплюється у шпинделі верстата та силового навантаження на зовнішній циліндричній поверхні заготовки, генерування кінцево-елементної сітки моделі. В результаті проведених розрахунків програмним забезпеченням одержали графічне відображення з поперечним січенням величин напружень та деформацій в оправці з пружними затискними елементами та закріпленій на ній заготовці, а також місць, що мають найменший запас міцності.

Вдосконалено технологічний процес виготовлення маточини 11.107.

ЗМІСТ

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

ВСТУП

Для затиску та базування циліндричних пустотілих заготовок під час виконання токарних, шліфувальних операцій оброблення зовнішніх поверхонь розроблено різноманітні оправки з пружними затискними елементами: цангові оправки, з гофрованими елементами, оболонковими елементами, гідропластові, гідромеханічні, з тарілчастими пружинами та інші.

Серед багатьох конструкцій оправок з пружними затискними елементами особливу увагу можна приділити оправкам з гвинтовими затискними елементами, основний принцип роботи яких полягає у зміні розмірів гвинтових затискних елементів під час прикладання на торцях осьового навантаження або крутного моменту. Зміна розміру у радіальному напрямку дорівнює зазору між заготовкою та гвинтовим затискним елементом. Перевагою такої оправки є забезпечення рівномірної сили затиску по поверхні заготовки, що зменшує величину її деформування.

Тому розроблення та дослідження параметрів оправки з пружними гвинтовими затискними елементами є актуальним завданням.

Актуальним є також розроблення технологічного процесу виготовлення маточини 11.107.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз стану питання

Для затиску та базування під час оброблення циліндричних заготовок, особливо тонкостінних, широко використовуються оправки з пружними затискними елементами, серед яких можна виділити цангові оправки, з гофрованими елементами, оболонковими елементами, гідропластові, гідромеханічні, з тарілчастими пружинами та інші. Серед вказаних конструкцій у роботі особливу увагу приділено оправкам з гвинтовими затискними елементами, основний принцип роботи яких полягає у зміні розмірів гвинтових затискних елементів під час прикладання на торцях осьового навантаження або крутного моменту. Зміна розміру у радіальному напрямку дорівнює зазору між заготовкою та гвинтовим затискним елементом. Перевагою такої оправки є забезпечення рівномірної сили затиску по поверхні заготовки, що зменшує величину її деформування.

Розроблення та дослідження роботи гвинтових затискних елементів у патронах, оправка, захоплювачах робіт виконували такі науковці: Гевко Б.М., Пилипець М.І., Васильків В.В., Скиба О.П., Генік І.С., Дячун А.Є., Гагалюк А.В.

У роботах вказаних авторів проведено структурний синтез затискних пристроїв, в основі яких використовуються пружні затискні елементи. Спроектовано і реалізовано у виробництві різноманітні патрони та оправки. Розроблено математичні моделі для розрахунку сили затиску заготовки для забезпечення її механічної обробки. Розглянуто циліндричні, конічні, гофровані гвинтові затискні елементи. Також визначено похибки базування та закріплення заготовок гвинтовими затискними елементами. Проведено ряд експериментальних досліджень для визначення силових параметрів процесу затиску заготовок гвинтовими затискними елементами, жорсткості затискних пристроїв а також проведено механічне оброблення закріплених деталей.

У роботі Скиби О.П. [12] проведено огляд існуючих конструкцій оправок та патронів із пружними затискними елементами, зокрема на рис. 1.1 представлено оправку, на якій затиск заготовки виконується за рахунок деформування набору пружних тарілчастих шайб 3 при повертанні гайки 2. Величина радіальної деформації шайб знаходиться в межах від 0,1 до 0,5 мм. Точність базування заготовки відповідає восьмому квалітету і може досягати величини 0,01 – 0,02 мм.

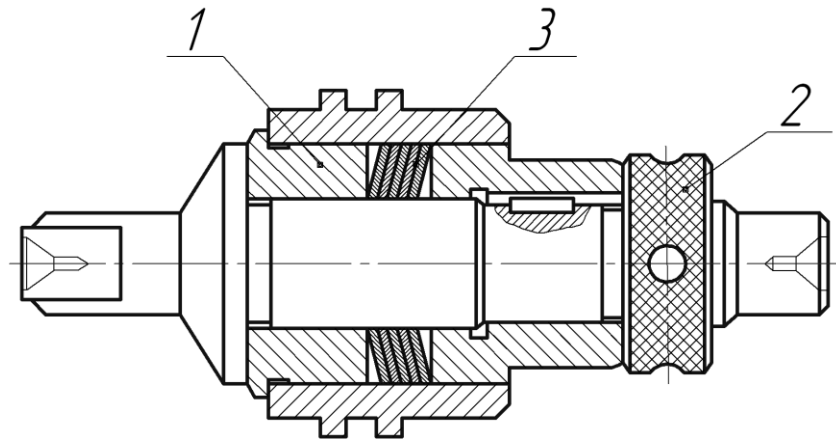


Рисунок 1.1 – Конструкція оправки, на якій затиск заготовки виконується за рахунок деформування набору пружних тарілчастих шайб [12]

Аналогічним чином до оправки рис. 1.1 працює затискний патрон із пружними елементами у вигляді тарілчастих шайб, що представлений на рис. 1.2.

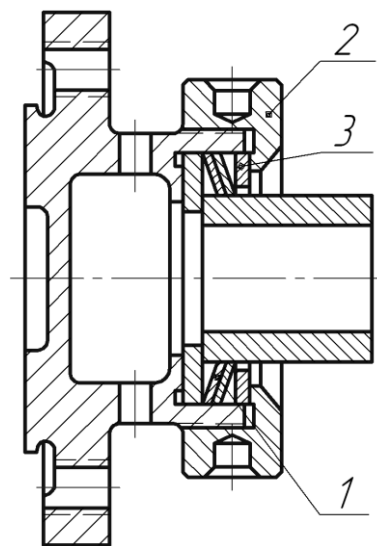


Рисунок 1.2 – Конструкція патрона, у якому затиск заготовки виконується за рахунок деформування набору пружних тарілчастих шайб [12]

Затиск заготовки (рис. 1.2) виконується за рахунок деформування набору пружних тарілчастих шайб 1 при повороті гайки 2 з передачею осьового зусилля через шайбу 3.

У роботі Геніка І.С. [15] представлено та досліджено оправку із гвинтовими затискними елементами, що представлена на рис. 1.3. Затиск циліндричної заготовки 6 здійснюється за рахунок деформування конічного гвинтового затискного елемента 4. Деформування останнього здійснюється за рахунок скручування крутним моментом, що передається через черв'ячну передачу 10, а також за рахунок стиснення в осьовому напрямку при провороті гвинта 9 та переміщенні втулки 7.

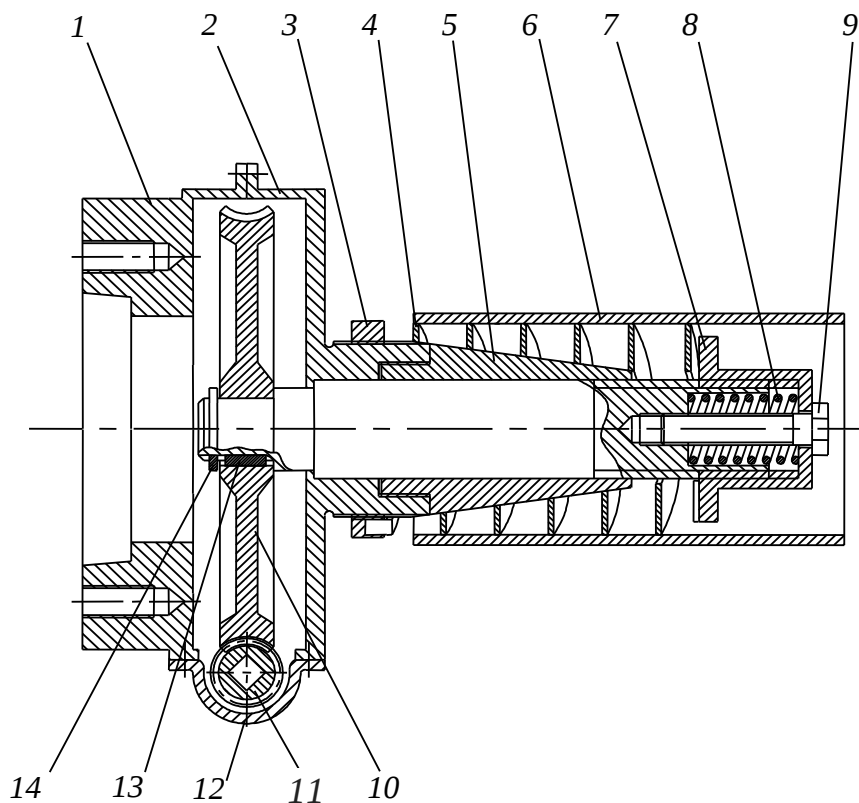
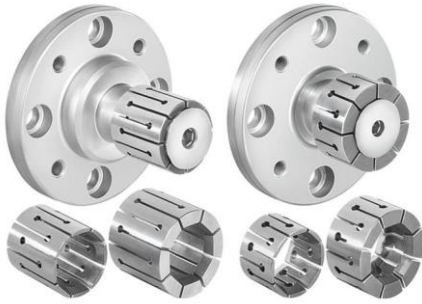


Рисунок 1.3 – Конструкція оправки із конічними гвинтовими затискними елементами [15]

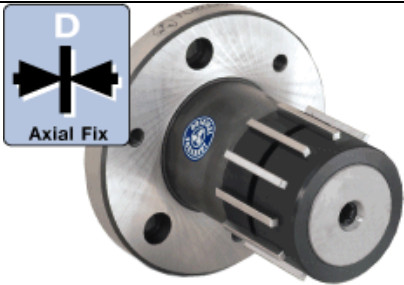
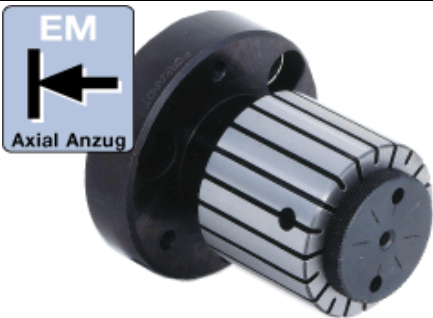
Найбільшого поширення для затиску заготовок на верстатах з ЧПК набули оправки, де в якості пружних затискних елементів використовуються цанги. У роботі Гагалюка А.В. [18] проведено аналіз цангових оправок, що

виготовляються провідними світовими виробниками (табл. 1.1). Радіальна деформація таких оправок знаходиться в межах від 0,5 до 1,2 мм, при цьому точність базування складає 0,01 мм.

Таблиця 1.1 – Цангові оправки світових виробників [18]

Фото оправки	Виробник	Характеристика	Технологічна операція
1	2	3	4
 SG	EMUGE	Похибка базування до 0,005 мм	Токарна
	AMI ENGINEERING (США)	Діаметр поверхні базування від 8 мм до 135 мм. Похибка базування до 0,01 мм	Токарна, шліфувальна
	ITW WORKHOLDING (США).	Похибка базування до 0,005 мм	Токарна
	RÖHM (Німеччина)	Діаметр поверхні базування від 12 мм до 50 мм. Похибка базування до 0,01 мм	Токарна

Закінчення табл. 1.1.

1	2	3	4
 BD series	FORKARDT (Німеччина)	Діаметр поверхні базування від 25 мм до 128 мм. Похибка базування до 0,01 мм	Токарна
 EM series		Діаметр поверхні базування від 12,5 мм до 178 мм. Похибка базування до 0,01 мм	Токарна
 Mando T21	HAINBUCH (Німеччина)	Діаметр поверхні базування від 20 мм до 100 мм. Похибка базування до 0,01 мм	Токарна
 Mando T212		Діаметр поверхні базування від 14 мм до 100 мм. Похибка базування до 0,01 мм	Токарна
	CRAFTSMAN TOOLS	Діаметр поверхні базування від 14 мм до 100 мм. Похибка базування до 0,005 мм	Токарна, шліфувальна

У роботі Скиби О.П. [12] здійснено синтез затискних оправок, в основі яких є гвинтові затискні елементи. Окремі спроектовані оправки представлено на рис. 1.4 – 1.6.

У затискній оправці рис. 1.4 затиск заготовки 13 виконується за рахунок осової деформації штоком 3 восьми гвинтових затискних елементів 9. Передача зусилля затиску виконується через хвостовик 2 від пневмоприиводу верстата. Недоліком такої оправки є прикладання значного осового зусилля для деформації декількох гвинтових затискних елементів.

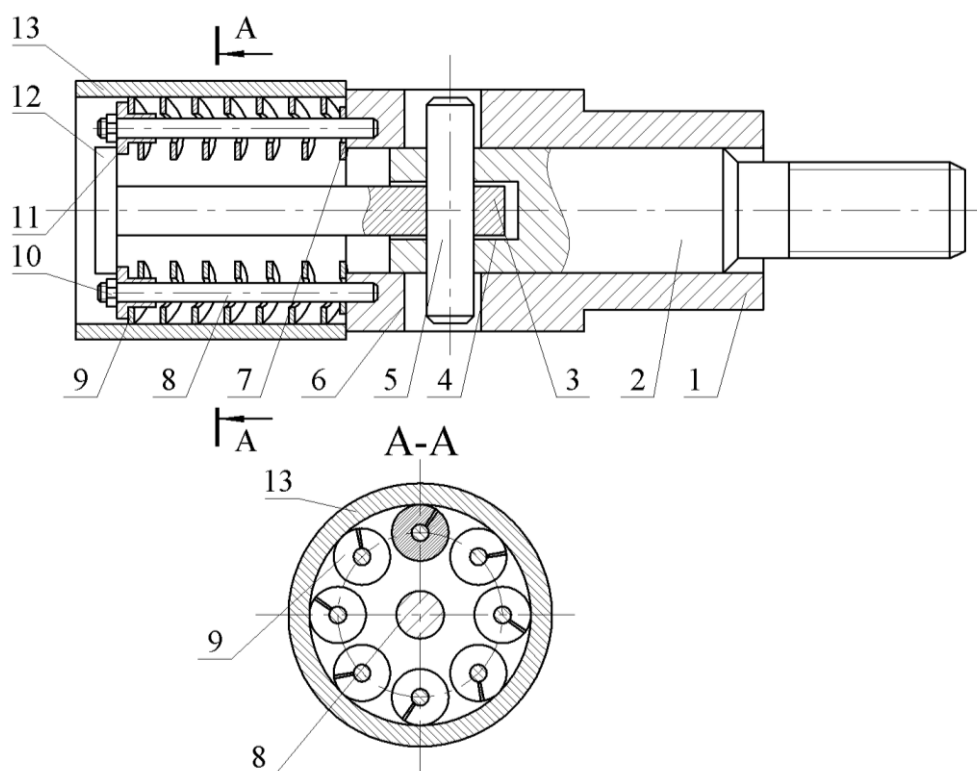


Рисунок 1.4 – Конструкція оправки із вісьмома гвинтовими затискними елементами [12]

У затискній оправці рис. 1.5 затиск заготовки 7 виконується за рахунок осової деформації штоком 4 гвинтового затискного елемента 9 та пружного гвинтового передавального елемента 10. Передача зусилля затиску виконується через шток 4 від пневмоприиводу верстата. Для збільшення діапазону затиску на корпусі 1 пристрою у місцях контакту із гвинтовим затискним елементом виконані конусні гвинтові канавки.

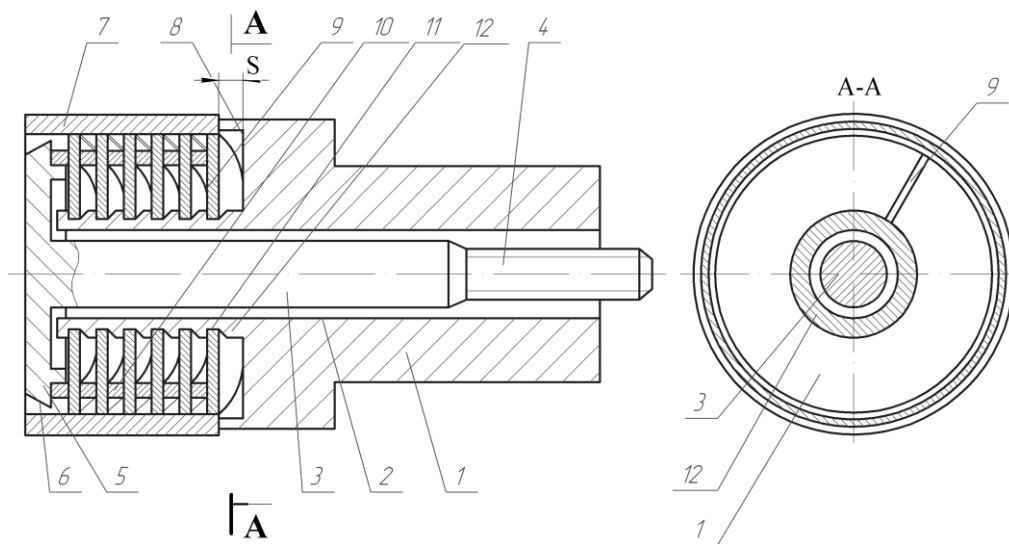


Рисунок 1.5 – Конструкція оправки із гвинтовим затискним елементом [12]

У затискній оправці пристрою для затиску заготовок на фрезерному верстаті (рис. 1.6) затиск заготовки 12 виконується за рахунок осової деформації штоком 6 гвинтового затискного елемента 10. Передача зусилля затиску виконується через шток 6, втулку 5 за рахунок повертання гвинта 3. Для збільшення діапазону затиску на втулці 8 пристрою у місцях контакту із гвинтовим затискним елементом 10 виконані конусні гвинтові канавки.

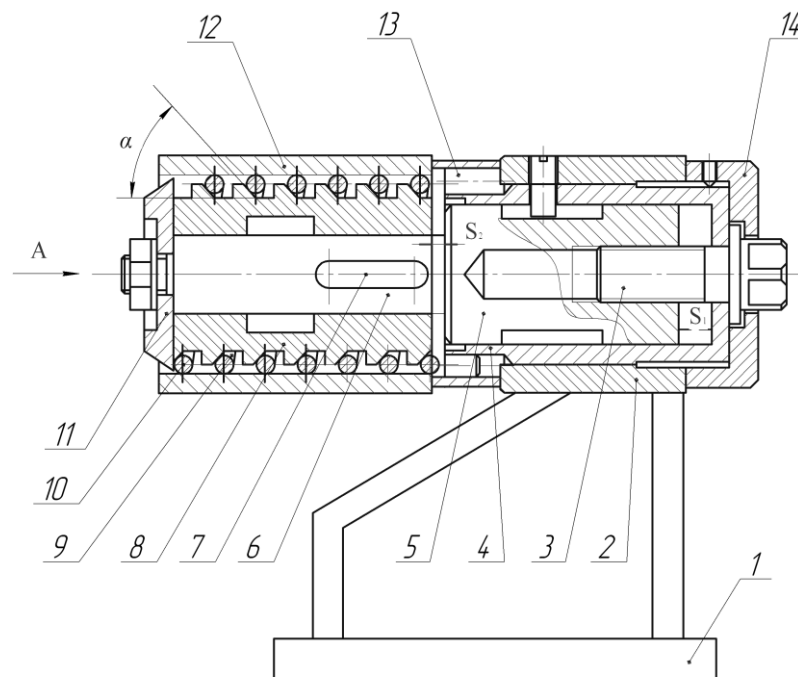
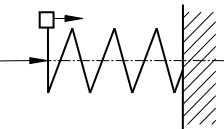
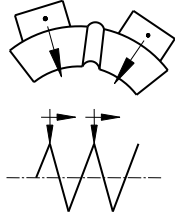
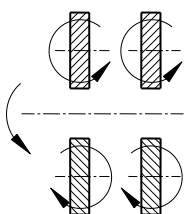
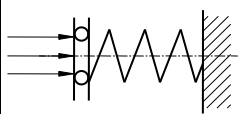
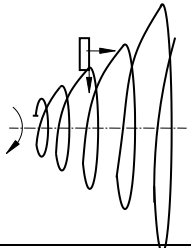
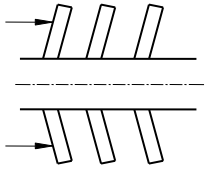
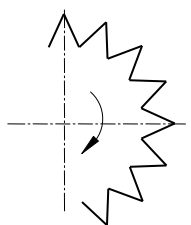
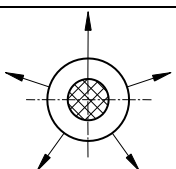


Рисунок 1.6 – Конструкція пристрою із гвинтовим затискним елементом для затиску заготовок на фрезерному верстаті [12]

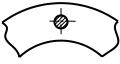
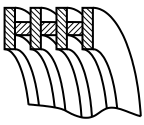
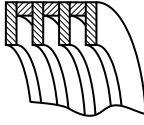
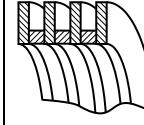
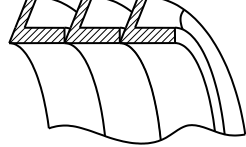
У роботі Геніка І.С. [15] розроблено та узагальнено принципові схеми роботи гвинтових затискних елементів (ГЗЕ), що представлено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Принципові схеми роботи гвинтових затискних елементів [15]

Конструктивні особливості ГЗЕ	Принципова схема затиску	Конструктивні особливості ГЗЕ	Принципова схема затиску
Циліндричний ГЗЕ		Гофрований циліндричний ГЗЕ	
Циліндричний ГЗЕ, або з вирізами		ГЗЕ з вирізами	
Циліндричний ГЗЕ, або з вирізами		Суцільний ГЗЕ	
Циліндричний ГЗЕ, або з вирізами		Суцільний ГЗЕ або з вирізами	
Циліндричний ГЗЕ, або з вирізами		Змієвидний	
Циліндричний ГЗЕ, або з вирізами			
Змієвидний ГЗЕ з наповнювачем (гідропласт)			

У роботі [15] узагальнено принципи формування взаємозв'язків гвинтових затискних елементів у пристрої, що представлено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Принципи формування взаємозв'язків гвинтових затискних елементів у пристрої [15]

Формування взаємозв'язків гвинтових затискних елементів у пристрої							
Стержневі елементи			Гнучкий гвинтовий елемент			Особливі конфігурації профілів	
розміщення			розміщення			розміщення	
							Комбінований

На основі розрахункової схеми рис. 1.7 у роботі [12] встановлено залежність між приростом кута закручування $d\varphi$ та зміною радіусу dR_0 гвинтового затискного елемента у пристрої:

$$d\varphi = -\pi\varphi_l \left(\frac{4\varphi_l^2 D_0}{Z_l} + \frac{\pi(D - \psi^2 d)}{T \cdot (\psi^2 - 1)} \right) dR_0 \Big/ \frac{4\pi\varphi_l D_0^2}{Z_l} + T, \quad (1.1)$$

де D_0 - зовнішній діаметр ГЗЕ;

T – крок витків ГЗЕ.

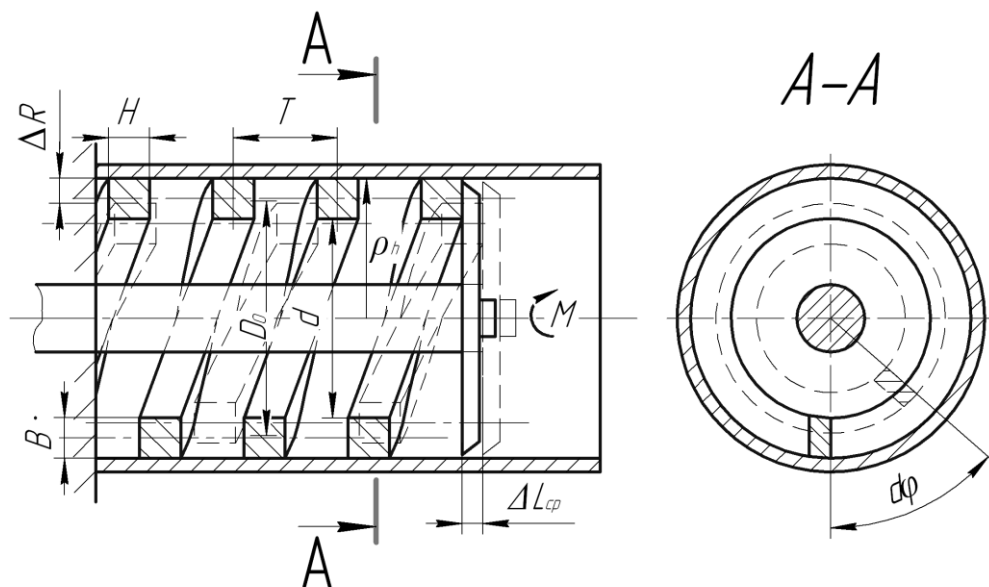


Рисунок 1.7 – Розрахункова схема для визначення деформації ГЗЕ [12]

Також встановлено взаємозв'язок зміни радіуса гвинтового затискного елемента та прикладеного крутного моменту на торцях [12]:

$$M = -\Delta R_0 / R_0^2 \left(\frac{\cos \alpha}{E J_x} (1 - \operatorname{tg}^2 \alpha) + \frac{2 \sin \alpha}{G J_p} \operatorname{tg} \alpha \right), \quad (1.2)$$

$$\text{де } J_p = B^3 H \zeta, \quad J_x = \frac{B^3 H}{12}.$$

1.2. Висновки та постановка завдань

В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що серед багатьох конструкцій оправок з пружними затискними елементами особливу увагу можна приділити оправкам з гвинтовими затискними елементами, основний принцип роботи яких полягає у зміні розмірів гвинтових затискних елементів під час прикладання на торцях осьового навантаження або крутного моменту. Зміна розміру у радіальному напрямку дорівнює зазору між заготовкою та гвинтовим затискним елементом. Перевагою такої оправки є забезпечення рівномірної сили затиску по поверхні заготовки, що зменшує величину її деформування.

Основні напрямки досліджень і проектування оправок з пружними затискними елементами спрямовані на структурний синтез затискних пристроїв, в основі яких використовуються пружні затискні елементи, розроблення математичних моделей для розрахунку сили затиску заготовки для забезпечення її механічної обробки, визначення похибок базування та закріплення заготовок, проведення експериментальних досліджень для визначення силових параметрів процесу затиску заготовок гвинтовими затискними елементами, жорсткості затискних пристроїв а також механічного оброблення закріплених деталей.

У кваліфікаційній роботі потрібно вирішити такі завдання:

1. Представити конструкцію і 3D модель оправки з пружними гвинтовими затискними елементами.
2. Вивести параметричні рівняння поверхні гвинтового затискного елемента з конічними частинами.
3. Розробити розрахункову схему геометричних параметрів затиску заготовки гвинтовим затискним елементом з конічними частинами.
4. Вивести рівняння для визначення осьової сили, що необхідно прикладати на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при його деформуванні.
5. Побудувати графіки залежності осьової сили, що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки від геометричних параметрів гвинтового затискного елемента.
6. Провести дослідження методом кінцевих елементів напружено-деформованого стану оправки з пружними затискними елементами.
7. Вдосконалити відомий технологічний процес виготовлення маточини 11.107.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1. Дослідження параметрів оправки з пружними затискними елементами

Для затиску та базування циліндричних пустотілих заготовок під час виконання токарних, шліфувальних операцій оброблення зовнішніх поверхонь розроблено різноманітні оправки з пружними затискними елементами, зокрема із гвинтовими затискними елементами. Перевагою таких оправок є можливість затиску тонкостінних циліндричних заготовок, за рахунок розподілення зусилля затиску по всій поверхні контакту між заготовкою та пружним гвинтовим затискним елементом. Для виконання поставлених завдань кваліфікаційної роботи розроблено оправку з пружними гвинтовими затискними елементами, що представлено на рис. 2.1.

Оправка з пружними гвинтовими затискними елементами (рис. 2.1) складається із корпусу 1 з конічним хвостовиком, за допомогою якого оправка встановлюється у конічному отворі шпинделя токарного або круглошліфувального верстата. На корпусі 1 встановлено упорне кільце 2, що застосовується як елемент базування циліндричної заготовки 3. Затиск і базування заготовки по внутрішній циліндричній поверхні здійснюється тарілчастим гвинтовим затискним елементом 4, що вільно встановлений на циліндричній частині корпусу 1. В отворі корпусу 1 встановлено затискну втулку 5 з можливістю осевого переміщення за рахунок обертання гвинта 6.

Робота оправки з пружними гвинтовими затискними елементами виконується таким чином. Заготовку 3 базують по зовнішній циліндричній поверхні тарілчастого гвинтового затискного елемента 4 з у пором в кільце 2. Після цього повертають гвинт 6, який переміщує затискну втулку 5 вліво. Остання стискає тарілчастий гвинтовий затискний елемент 4, внаслідок чого спочатку зменшується його крок витків і зростає зовнішній діаметр до контакту із заготовкою 3, а потім за рахунок деформації конічної форми гвинтового

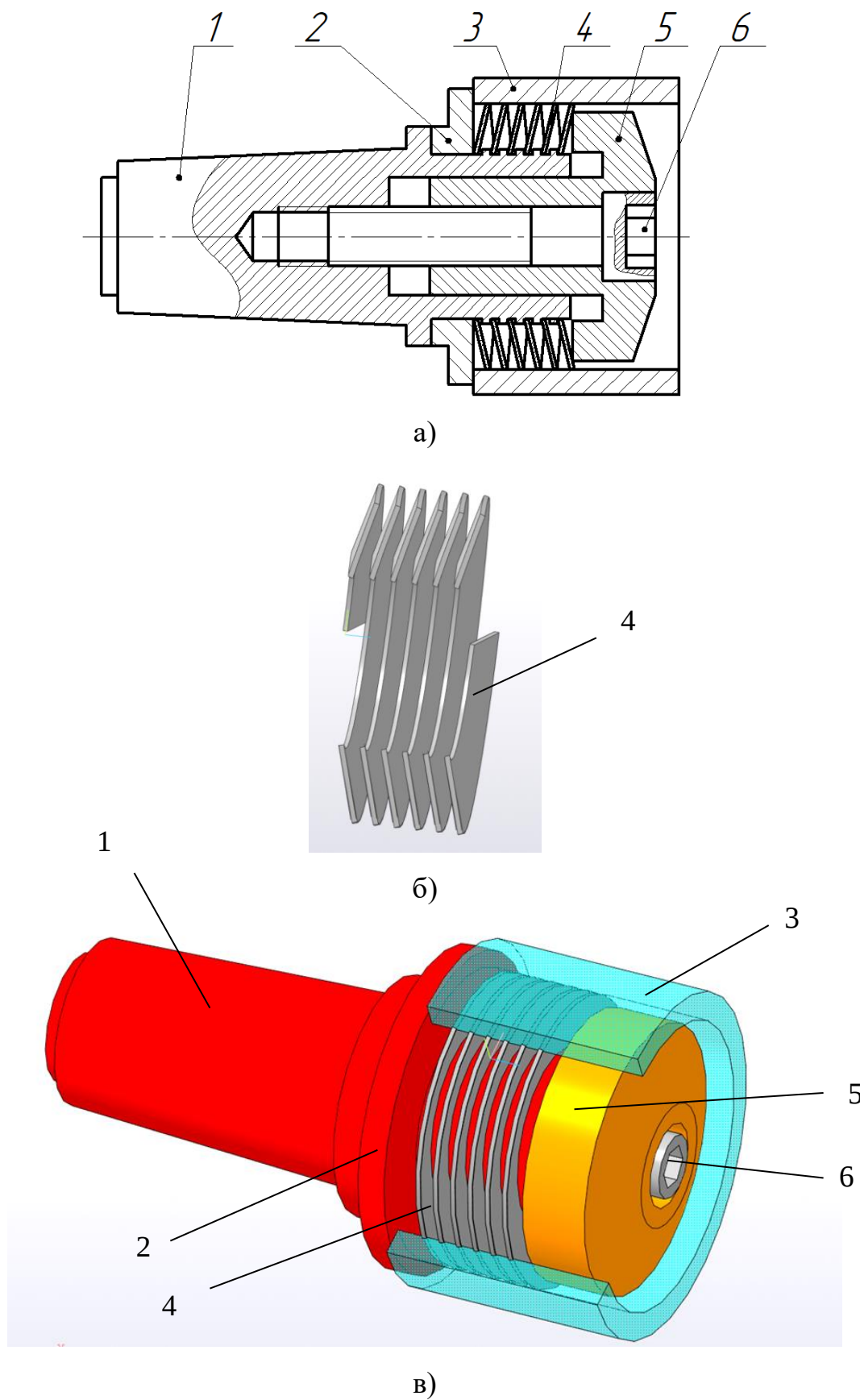


Рисунок 2.1 – Конструкція оправки з пружними гвинтовими затискними елементами а) поперечний переріз; б) переріз тарілчастого гвинтового затискного елемента; в) трьохмірне зображення

затискного елемента, зменшується його внутрішній діаметр до контакту із циліндричною частиною корпусу 1. Внаслідок цього відбувається одночасне базування та затиск заготовки 3 по центральному отвору.

Після механічного оброблення заготовки викручують гвинт 6, тарілчастий гвинтовий затискний елемент 4 розтягується до вихідної форми, при цьому зменшується його внутрішній діаметр, виходячи із контакту із заготовкою 3. Знімають заготовку. Оброблення наступної заготовки здійснюється аналогічно.

У роботі тарілчастого гвинтового затискного елемента можна виділити два основних етапи:

1. Деформація в осьовому та радіальному напрямку за рахунок прикладання осьового навантаження і зменшення кроку витків.

2. Деформація в осьовому напрямку та радіальному напрямку за рахунок прикладання осьового навантаження і зміни кута нахилу конічної частини гвинтового елемента.

Поверхню гвинтового затискного елемента (ГЗЕ) з конічними частинами можна описати параметричними рівняннями:

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

де R – зовнішній радіус ГЗЕ;

T – крок витків ГЗЕ на середній лінії;

θ - кутовий параметр;

α – кут нахилу конічної частини гвинтового затискного елемента.

На основі рівняння (2.1) побудовано поверхню гвинтового затискного елемента з конічними частинами, що зображена на рис. 2.2.

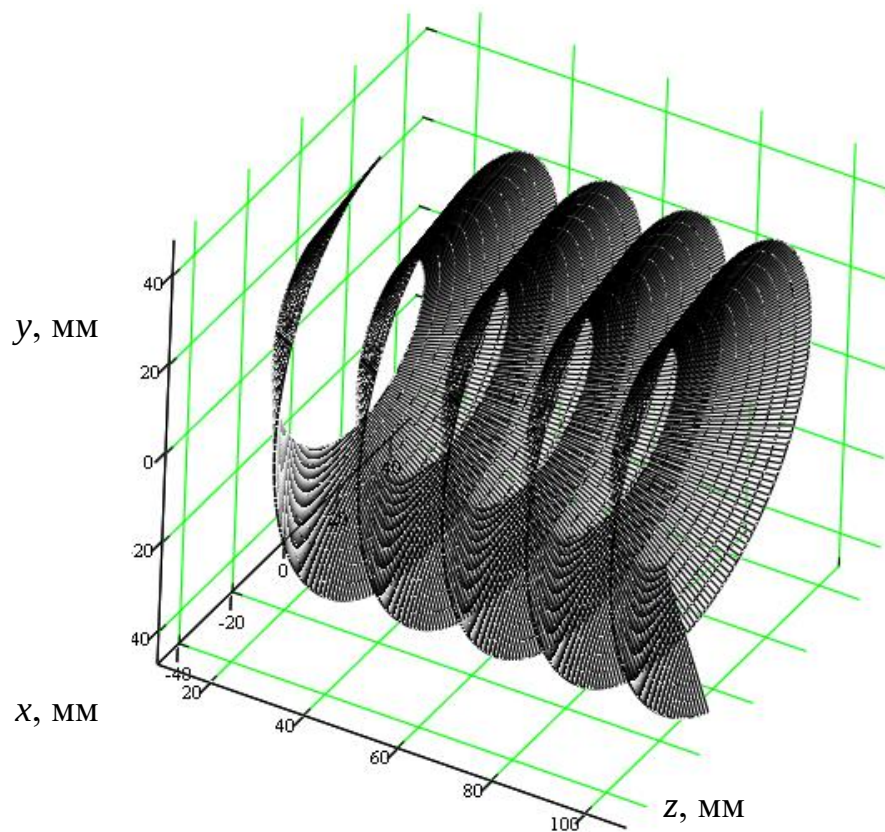


Рисунок 2.2 – Поверхня гвинтового затискного елемента з конічними частинами

Кривизна дуги гвинтового затискного елемента з конічними частинами дорівнює кривизні дуги звичайної гвинтової спіралі [23]:

$$K = \frac{R}{R^2 + \frac{T^2}{4\pi^2}}. \quad (2.2)$$

Кручення гвинтового затискного елемента з конічними частинами дорівнює крученню дуги звичайної гвинтової спіралі [23]:

$$\Omega = \frac{T}{2\pi R^2 + \frac{T^2}{2\pi}}. \quad (2.3)$$

Під час затиску заготовки на першому етапі розміри радіуса R ГЗЕ зростають, при цьому крок T витків зменшується:

$$R = R_0 + \Delta R; \quad (2.4)$$

$$T = T_0 - \Delta T, \quad (2.5)$$

де ΔR - величина приросту радіуса ГЗЕ під час затиску заготовки;

ΔT - величина зменшення кроку T витків при осьовому навантаженні.

Геометричні параметри затиску заготовки гвинтовим затискним елементом з конічними частинами показано на розрахунковій схемі рис. 2.3.

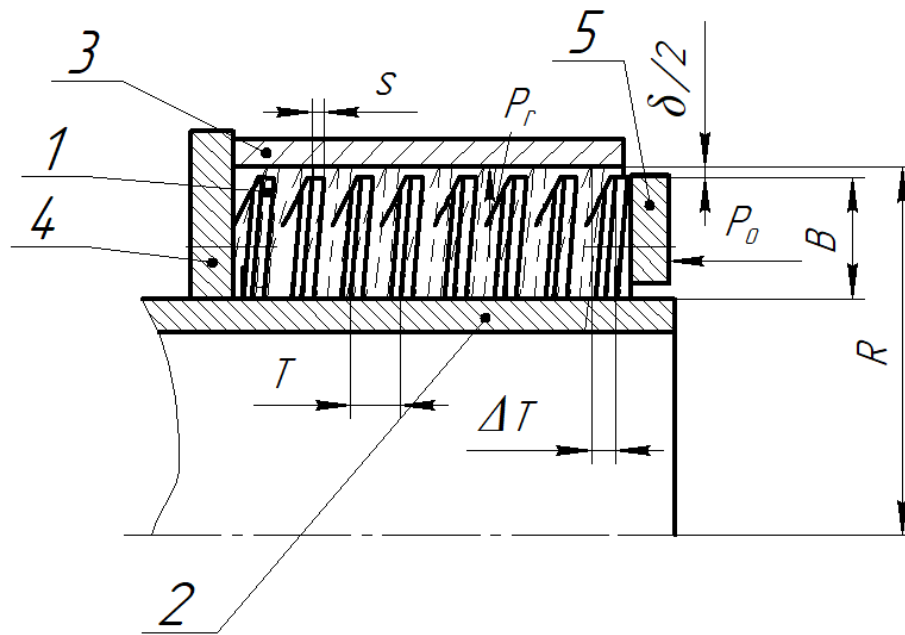


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема геометричних параметрів затиску заготовки гвинтовим затискним елементом з конічними частинами: 1 – гвинтовий затискний елемент, 2 – корпус оправки, 3 – заготовка, 4 – упорне кільце, 5 – затискна втулка

Величина приросту радіуса ГЗЕ під час затиску заготовки [23]:

$$\Delta R = \frac{\Delta K \left(R^2 + \frac{T_0^2}{4\pi^2} \right)^2 + R \Delta T \frac{T_0}{2\pi^2}}{-R^2 + \frac{T_0^2}{4\pi^2}}; \quad (2.6)$$

$$\Delta R = \frac{\delta}{2}, \quad (2.7)$$

де δ – початковий зазор між заготовкою та гвинтовим затискним елементом з кінцевими частинами.

ΔK - зміна кривизни дуги гвинтового затискного елемента з кінцевими частинами.

Зміну кривизни дуги гвинтового затискного елемента з кінцевими частинами визначаємо за формулою [23]:

$$\Delta K = \frac{M_3}{EJ_x}, \quad (2.8)$$

де M_3 – момент згину витка ГЗЕ;

E - модуль Юнга матеріалу ГЗЕ;

J_x – осьовий момент інерції поперечного перерізу витка ГЗЕ.

Осьовий момент інерції поперечного перерізу витка ГЗЕ [24]:

$$J_x = \frac{sB}{12} (B^2 \cos \alpha + s^2 \sin \alpha), \quad (2.9)$$

де s - товщина матеріалу витка ГЗЕ;

B – ширина витка ГЗЕ;

α - кут нахилу кінцевої частини гвинтового елемента.

Момент згину витка гвинтового затискного елемента з кінцевими частинами:

$$M_3 = P_0 R \sin \beta; \quad (2.10)$$

$$\sin \beta = \frac{T_0}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + T_0^2}}; \quad (2.11)$$

$$M_3 = \frac{P_0 R T_0}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + T_0^2}}, \quad (2.12)$$

де P_0 - осьова сила, прикладена на торці гвинтового затискного елемента з кінцевими частинами за рахунок переміщення втулки 5 за рахунок обертання

гвинта 6;

β - кут підйому гвинтової лінії затискного елемента.

Момент кручення витка гвинтового затискного елемента з конічними частинами:

$$M_k = P_0 R \cos \beta; \quad (2.13)$$

$$\cos \beta = \frac{2\pi R}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + T_0^2}}; \quad (2.14)$$

$$M_k = \frac{2\pi P_0 R^2}{\sqrt{4\pi^2 R^2 + T_0^2}}. \quad (2.15)$$

Величину зменшення кроку T витків при осьовому навантаженні виводимо на основі досліджень [23]:

$$\Delta T = \frac{\Delta \Omega (256\pi^8 R^6 - 64\pi^6 R^4 T_0^2 + 64\pi^5 R^4 T_0^2 + 4T_0^4 R^2 \pi^2 - T_0^6) + \dots}{4\pi^2 (32\pi^5 R^4 + 24\pi^3 R^2 T_0^2 - 4R^2 \pi^2 T_0^2 + T_0^4)} \dots \quad (2.16)$$
$$\dots \frac{+ \Delta K (-256\pi^7 T_0 R^5 - 128\pi^5 T_0^3 R^3 - 16\pi^3 T_0^5 R)}{\dots}$$

Зміну кручення дуги гвинтового затискного елемента з конічними частинами визначаємо за формулою [23]:

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

де G - модуль пружності другого роду матеріалу ГЗЕ;

J_p - полярний момент інерції поперечного перерізу витка ГЗЕ.

Полярний момент інерції поперечного перерізу витка ГЗЕ [24]:

$$J_p = sB\xi (B^2 \cos \alpha + s^2 \sin \alpha). \quad (2.18)$$

Підставляючи формули (2.9), (2.12) у формулу (2.8), одержуємо:

$$\Delta K = \frac{12P_0RT_0}{sBE(B^2 \cos \alpha + s^2 \sin \alpha)\sqrt{4\pi^2 R^2 + T_0^2}}, \quad (2.19)$$

Підставляючи формули (2.15), (2.18) у формулу (2.17), одержуємо:

$$\Delta \Omega = \frac{2\pi P_0 R^2}{GsB\xi(B^2 \cos \alpha + s^2 \sin \alpha)\sqrt{4\pi^2 R^2 + T_0^2}}. \quad (2.20)$$

Підставляємо дані у рівняння (2.16)

$$\begin{aligned} \Delta T = & \frac{\frac{2\pi P_0 R^2}{GsB\xi(B^2 \cos \alpha + s^2 \sin \alpha)\sqrt{4\pi^2 R^2 + T_0^2}}(256\pi^8 R^6 - 64\pi^6 R^4 T_0^2 + 64\pi^5 R^4 T_0^2 + 4T_0^4 R^2 \pi^2 - T_0^6) +}{4\pi^2(32\pi^5 R^4 + 24\pi^3 R^2 T_0^2 - 4R^2 \pi^2 T_0^2 + T_0^4)} \dots \\ & + \frac{\frac{12P_0RT_0}{sBE(B^2 \cos \alpha + s^2 \sin \alpha)\sqrt{4\pi^2 R^2 + T_0^2}}(-256\pi^7 T_0 R^5 - 128\pi^5 T_0^3 R^3 - 16\pi^3 T_0^5 R)}{\dots} \dots \end{aligned} \quad (2.21)$$

Із рівняння (2.21) знаходимо осьову силу, що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами

$$\begin{aligned} P_0 = & \frac{4\pi^2 \Delta TsB(B^2 \cos \alpha + s^2 \sin \alpha)\sqrt{4\pi^2 R^2 + T_0^2}(32\pi^5 R^4 + 24\pi^3 R^2 T_0^2 - 4R^2 \pi^2 T_0^2 + T_0^4)}{\frac{2\pi R^2}{G\xi}(256\pi^8 R^6 - 64\pi^6 R^4 T_0^2 + 64\pi^5 R^4 T_0^2 + 4T_0^4 R^2 \pi^2 - T_0^6) +} \dots \\ & \dots \frac{12RT_0}{E}(-256\pi^7 T_0 R^5 - 128\pi^5 T_0^3 R^3 - 16\pi^3 T_0^5 R). \end{aligned} \quad (2.22)$$

Використовуючи рівняння (2.22) побудовано графіки залежності осьової сили P_0 , що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки від геометричних параметрів гвинтового затискного елемента (рисунки 2.4, 2.5, 2.6, 2.7, 2.8).

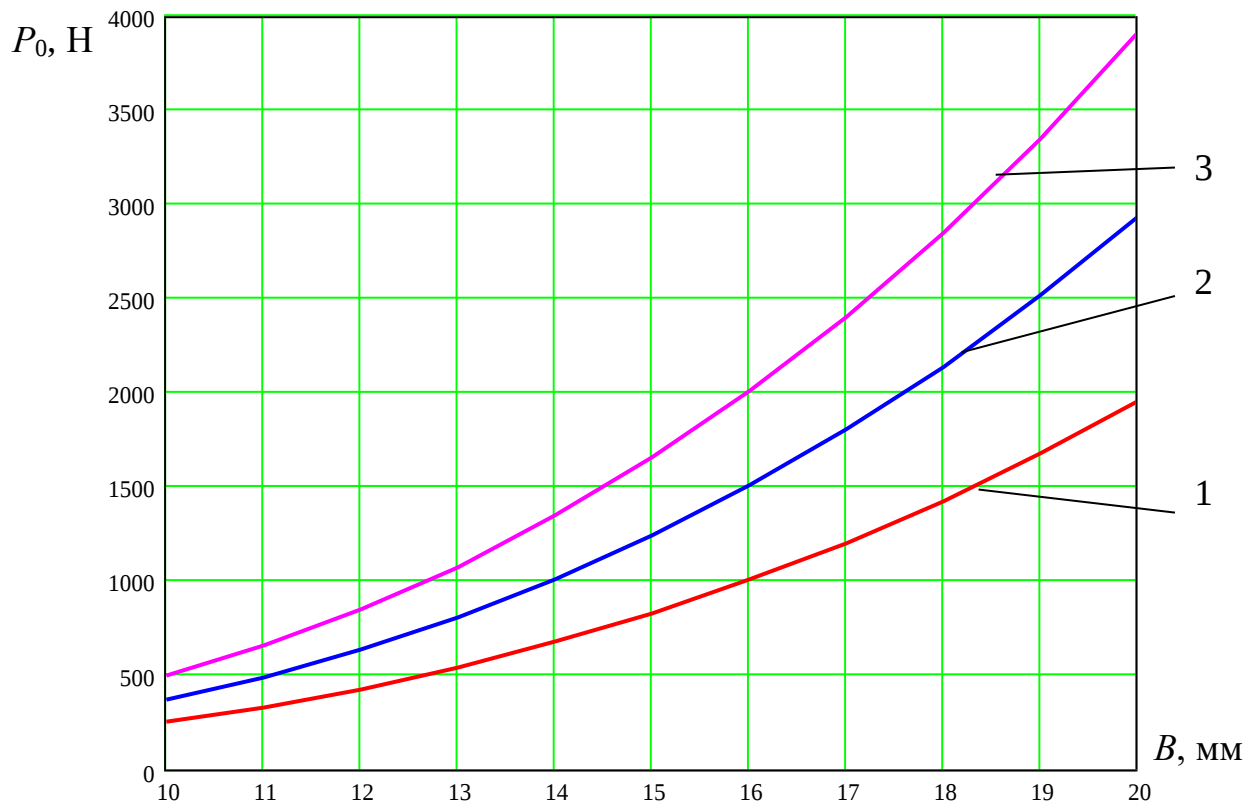


Рисунок 2.4 – Графіки залежності осьової сили P_0 , що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки від ширини витка ГЗЕ $R=50\text{мм}$, $s=2\text{ мм}$:

1) $\Delta T = 4\text{ мм}$; 2) $\Delta T = 6\text{ мм}$; 3) $\Delta T = 8\text{ мм}$

З рисунків 2.4 - 2.8 та на основі аналізу рівняння (2.22) визначено, що із збільшенням ширини та товщини витка гвинтового затискного елемента, величини зменшення кроку витків осьова сила P_0 , що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки зростає, а при збільшенні зовнішнього радіуса ГЗЕ – зменшується.

Максимальні величина осьової сили P_0 , що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки складає 3814 Н, а мінімальна величина – 122 Н. Збільшення ширини витка гвинтового затискного елемента від 10 мм до 20 мм призводить до зростання осьової сили P_0 в 7,6 рази.

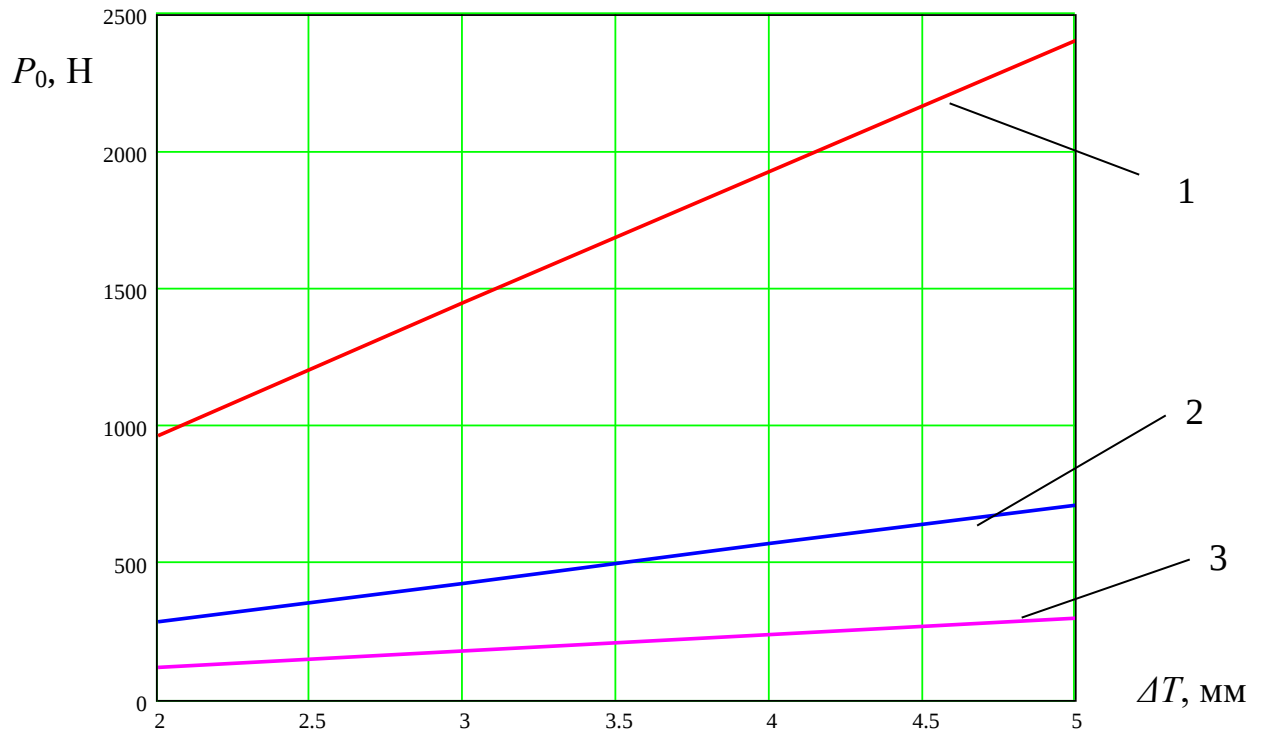


Рисунок 2.5 – Графіки залежності осьової сили P_0 , що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки від величина зменшення кроку T витків при осьовому навантаженні $B=10$ мм, $s=2$ мм: 1) $R=20$ мм; 2) $R=30$ мм; 3) $R=40$ мм

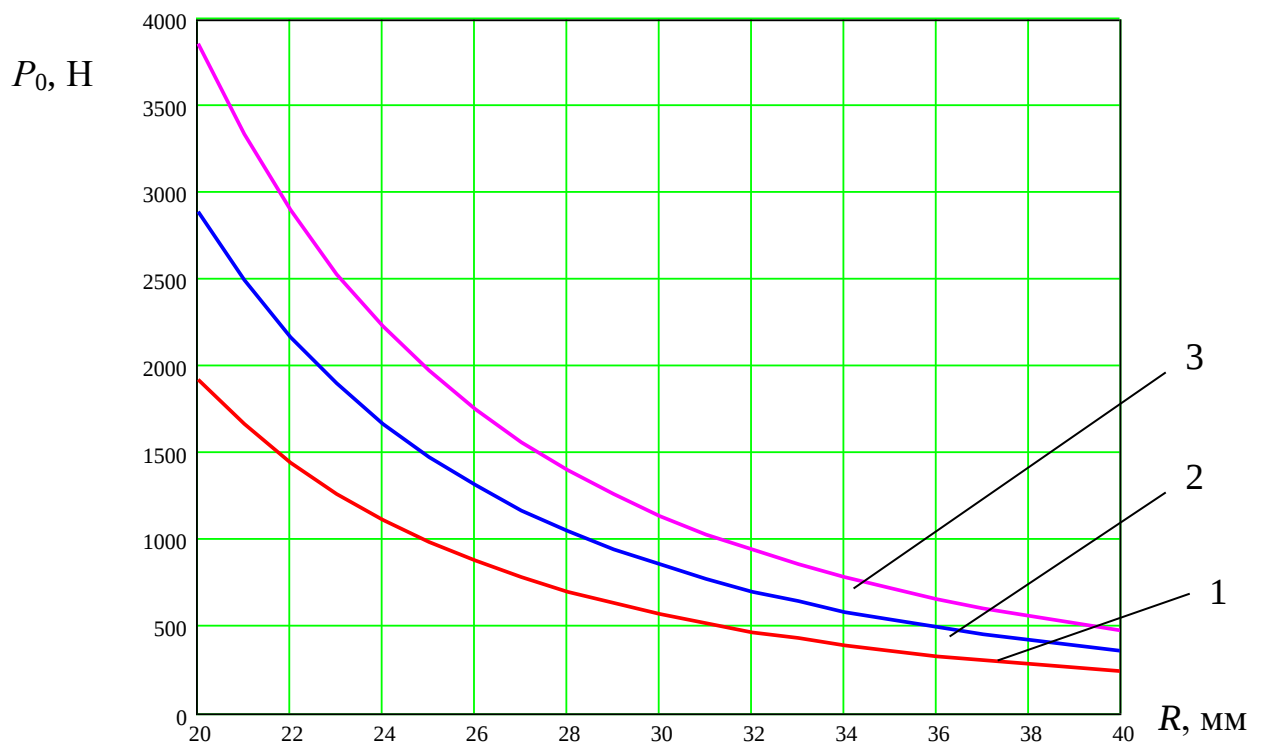


Рисунок 2.6 – Графіки залежності осьової сили P_0 , що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки від зовнішнього радіуса ГЗЕ $B=10$ мм, $\Delta T=4$ мм: 1) $s=1$ мм; 2) $s=1.5$ мм; 3) $s=2$ мм

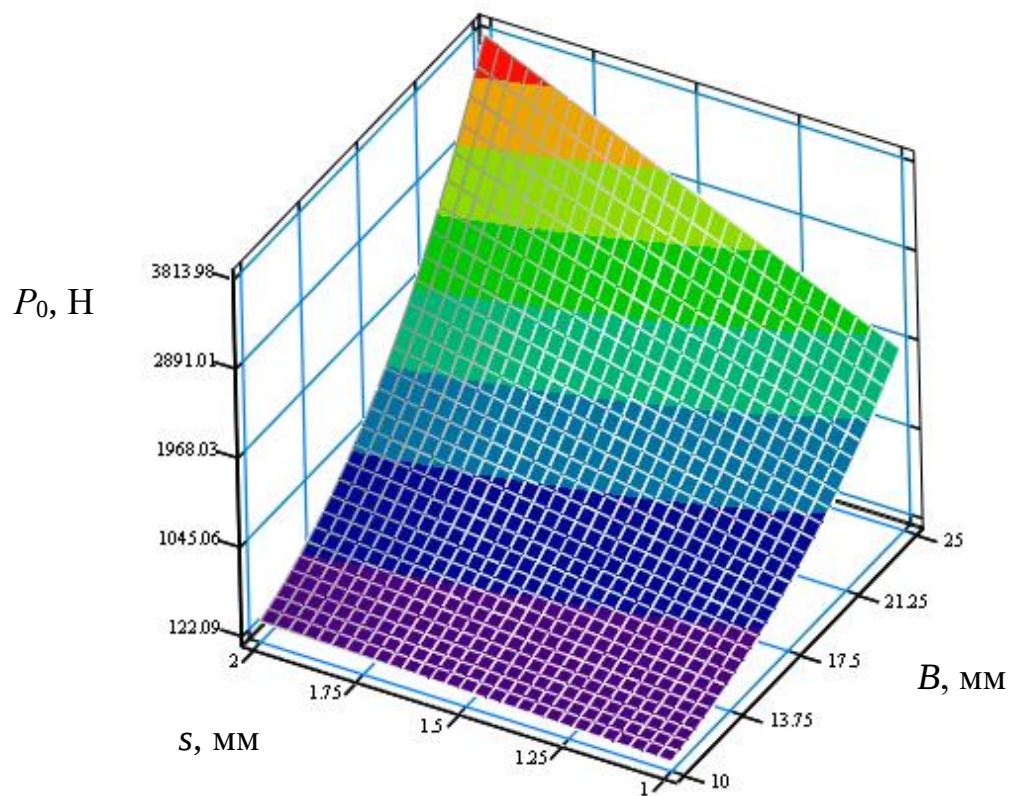


Рисунок 2.7 - Поверхня залежності осьової сили P_0 , що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки від ширина та товщини витка ГЗЕ

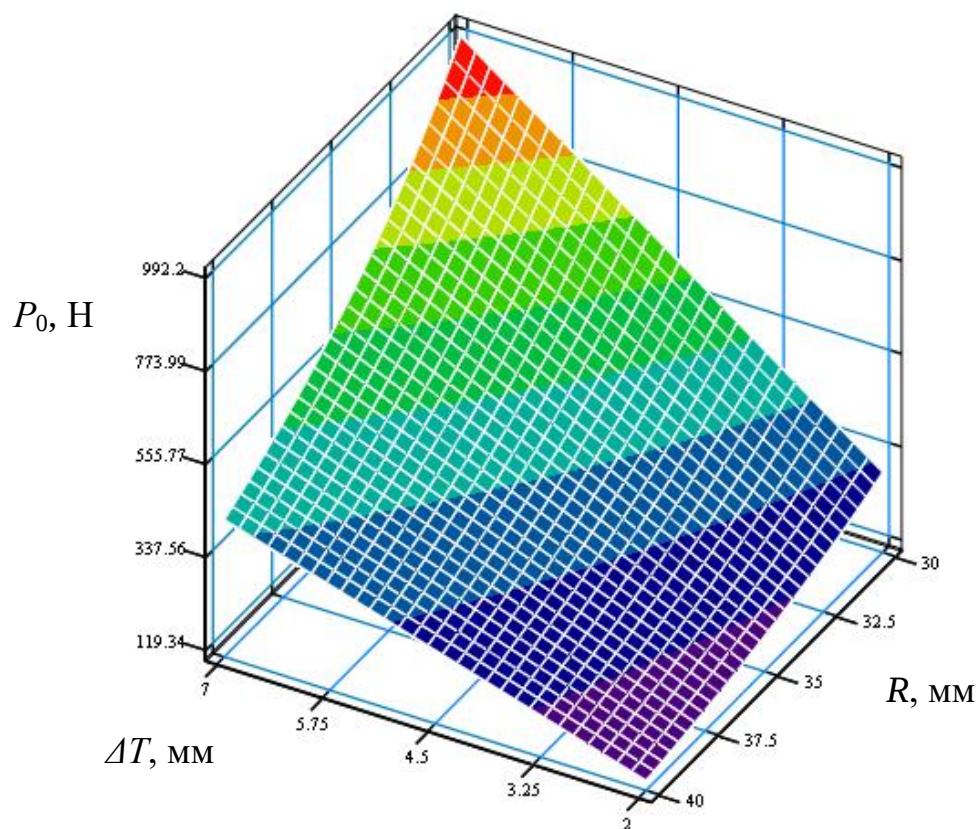


Рисунок 2.8 - Поверхня залежності осьової сили P_0 , що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки від величина зменшення кроку витків та зовнішнього радіуса ГЗЕ

Збільшення товщини витка гвинтового затискного елемента від 1 мм до 2 мм призводить до зростання осьової сили P_0 в 2 рази. Збільшення величини зміни кроку витків від 2 мм до 5 мм призводить до зростання осьової сили P_0 в 2,5 рази. При цьому збільшення величини зовнішнього радіуса гвинтового затискного елемента від 20 мм до 40 мм призводить до зменшення осьової сили P_0 в 7,6 рази.

Отже, для зменшення осьової сили P_0 , що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки потрібно застосовувати ГЗЕ з мінімальною товщиною і шириною стрічки допустимими жорсткістю системи та з мінімальним зазором між заготовкою та ГЗЕ, що відповідно зменшує зміну кроку витків та хід затискної втулки.

2.2. Дослідження методом кінцевих елементів напружено-деформованого стану оправки з пружними затискними елементами

Під час проектування оправки з пружними затискними елементами здійснено її просторове комп'ютерне моделювання із застосуванням прикладного програмного забезпечення (рис. 2.1). Це забезпечило виконання наступного етапу проектування - дослідження методом кінцевих елементів напружено-деформованого стану оправки з пружними затискними елементами та закріплених на ній заготовці при дії зовнішнього радіального силового навантаження.

Під час досліджень виконувалось проектування різних варіантів оправок з пружними затискними елементами з вибором оптимального варіанту. Після цього здійснено вибір матеріалів заготовки, корпусу оправки та гвинтового затискного елемента, накладання обмежень на конічну частину оправки, що закріплюється у шпинделі верстата та силового навантаження на зовнішній циліндричній поверхні заготовки (рис. 2.9), генерування кінцево-елементної сітки моделі (рис. 2.10). В результаті проведених розрахунків програмним

забезпеченням одержали графічне відображення з поперечним січенням величин напружень (рис. 2.11) та деформацій (рис. 2.12) в оправці з пружними затискними елементами та закріплень на ній заготовці, а також місць, що мають найменший запас міцності (рис. 2.13).

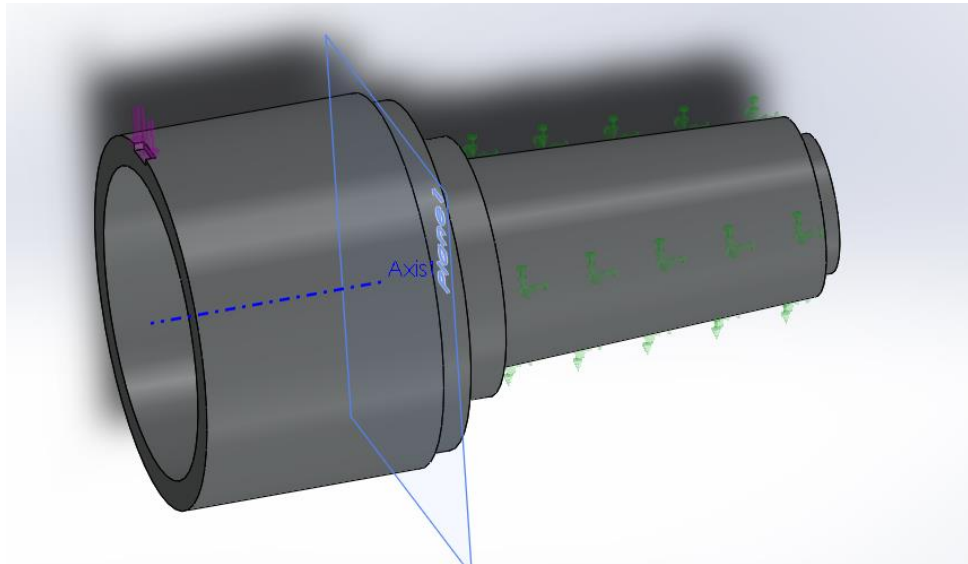


Рисунок 2.9 - Накладання обмежень на конічну частину оправки, що закріплюється у шпинделі верстата та силового навантаження на зовнішній циліндричній поверхні заготовки

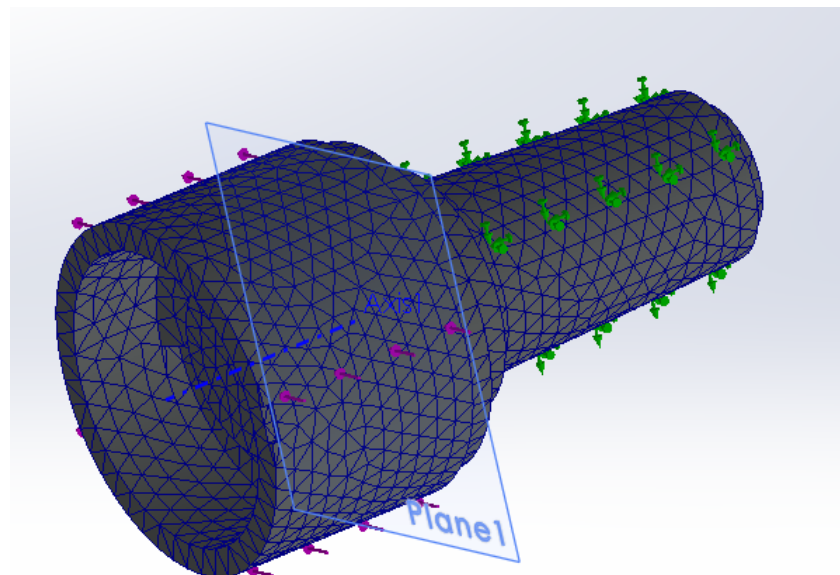


Рисунок 2.10 - Генерування кінцево-елементної сітки моделі оправки з пружними затискними елементами та закріплень на ній заготовці

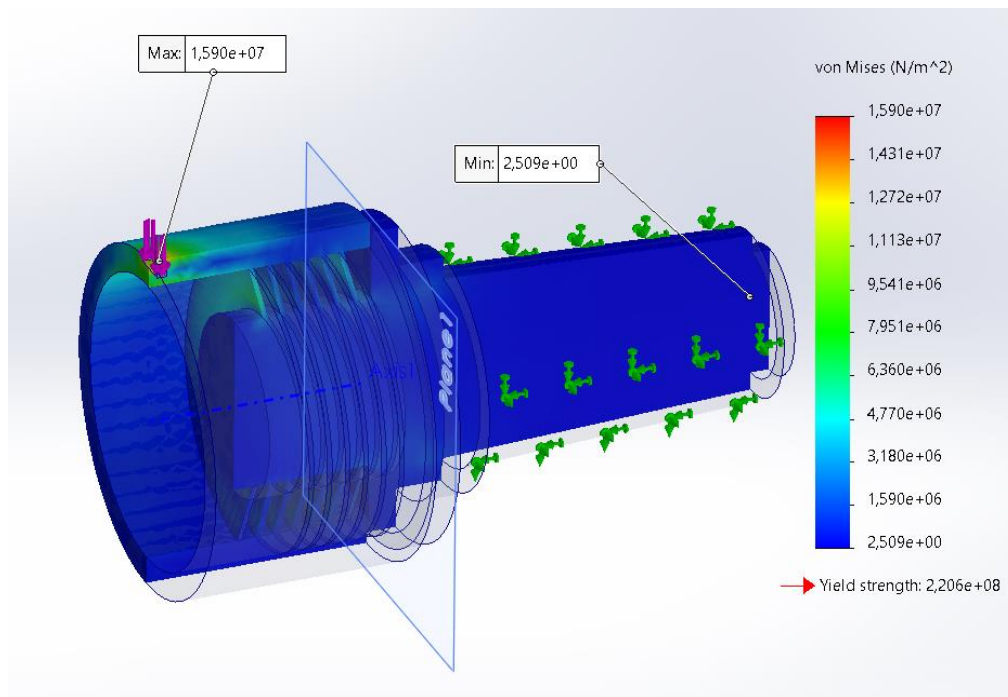


Рисунок 2.11 – Величини напружень що виникають в оправці з пружними затискними елементами та закріплених на ній заготовці при дії зовнішнього радіального навантаження

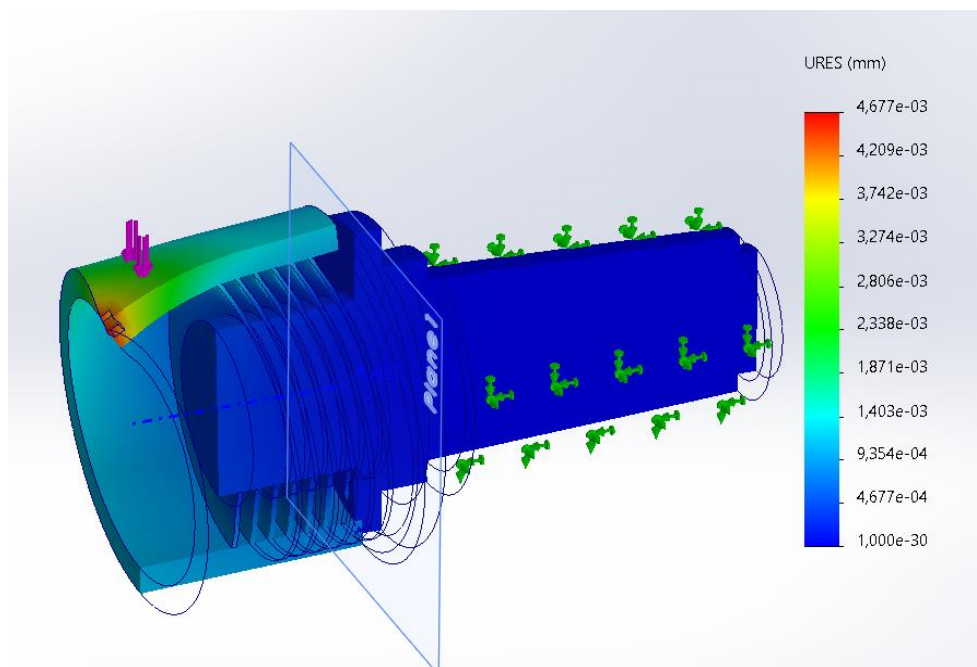


Рисунок 2.12 – Величини деформацій оправки з пружними затискними елементами та закріпленої на ній заготовки при дії зовнішнього радіального навантаження

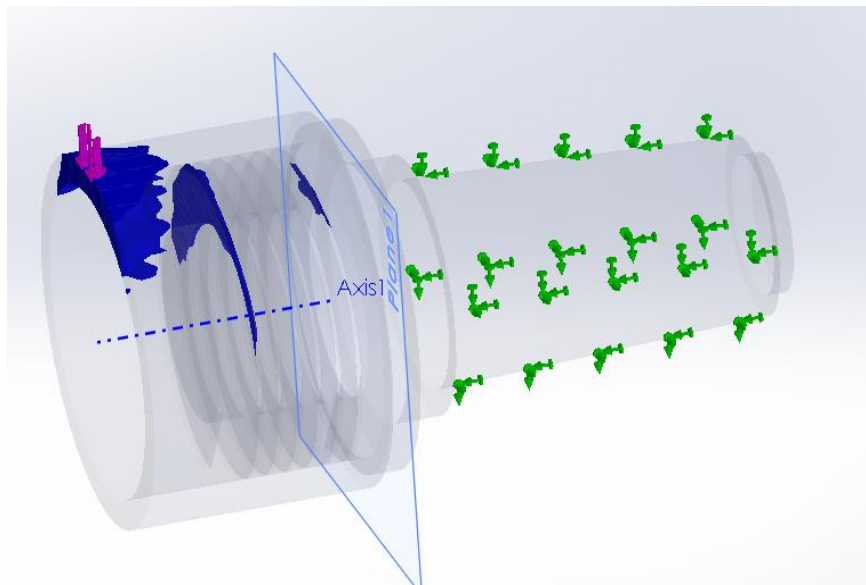


Рисунок 2.13 – Визначення місць оправки з пружними затискними елементами та закріпленої на ній заготовки, що мають найменший запас міцності

На основі аналізу результатів моделювання рис. 2.11 та 2.12 визначено, що при зовнішньому радіальному навантаженні 200 Н максимальні напруження та деформації виникають на консольній частині заготовки і становлять 15,9 МПа та 0,005 мм відповідно. Найбільші напруження та деформації виникають на першому витку гвинтового затискного елемента і становлять 5 МПа та 0,0012 мм відповідно. Одержані величини не перевищують границю текучості матеріалів заготовки та гвинтового затискного елемента і не суттєво не впливають на точність оброблення заготовки.

При зміні зовнішньої радіальної сили від 200 Н до 500 Н одержали графіки залежності максимальних напружень (рис. 2.14, рис. 2.16), та деформацій (рис. 2.15, рис. 2.17), що виникають на заготовці та гвинтовому затискному елементі відповідно.

На основі графіків рис. 2.14 – 2.17 встановлено, що величини напружень та деформацій у заготовці та гвинтовому затискному елементі майже прямопропорційно залежать від величини зовнішньої радіальної сили. Мінімальна величина напружень у заготовці дорівнює 15,9 МПа, а максимальна – 39,8 МПа. Мінімальна величина напружень у гвинтовому затискному елементі дорівнює 5 МПа, а максимальна – 13,2 МПа. Мінімальна величина

деформації заготовки дорівнює 0,005 мм, а максимальна – 0,012 мм. Мінімальна величина деформації гвинтового затискного елемента дорівнює 0,0012 мм, а максимальна – 0,0032 мм.

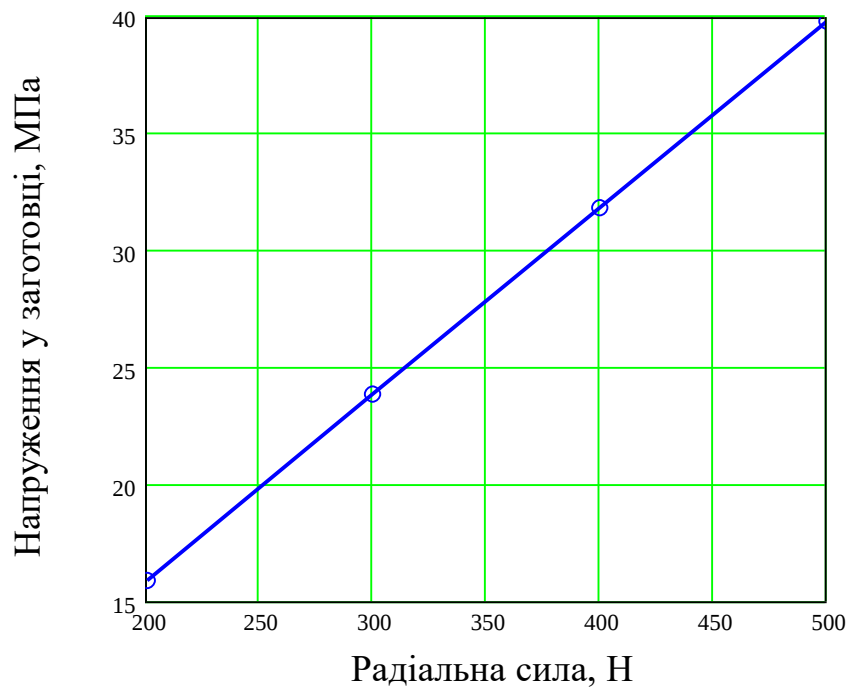


Рисунок 2.14 - Графік залежності максимальних напружень, що виникають у заготовці від величини зовнішнього радіального навантаження

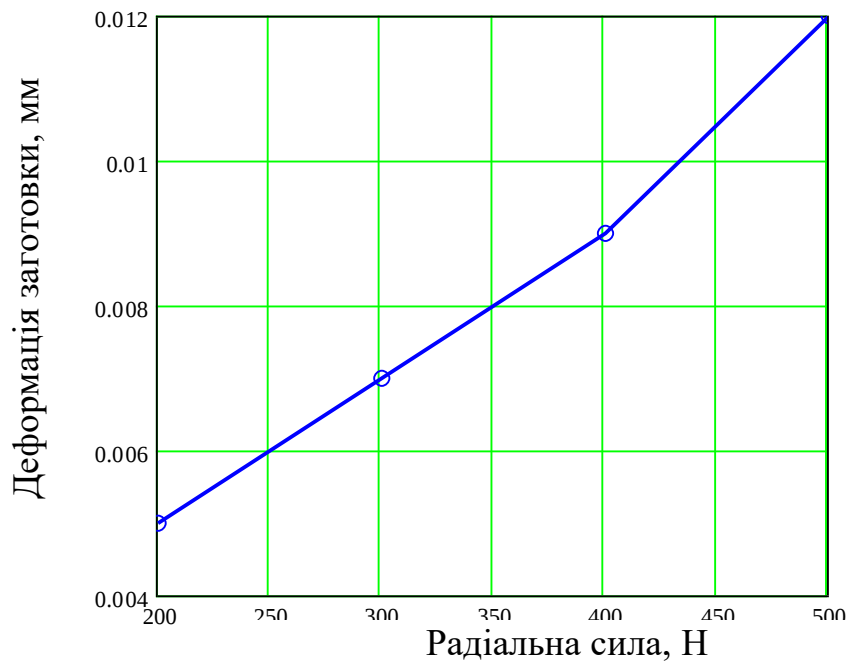


Рисунок 2.15 - Графік залежності максимальних деформацій заготовки від величини зовнішнього радіального навантаження

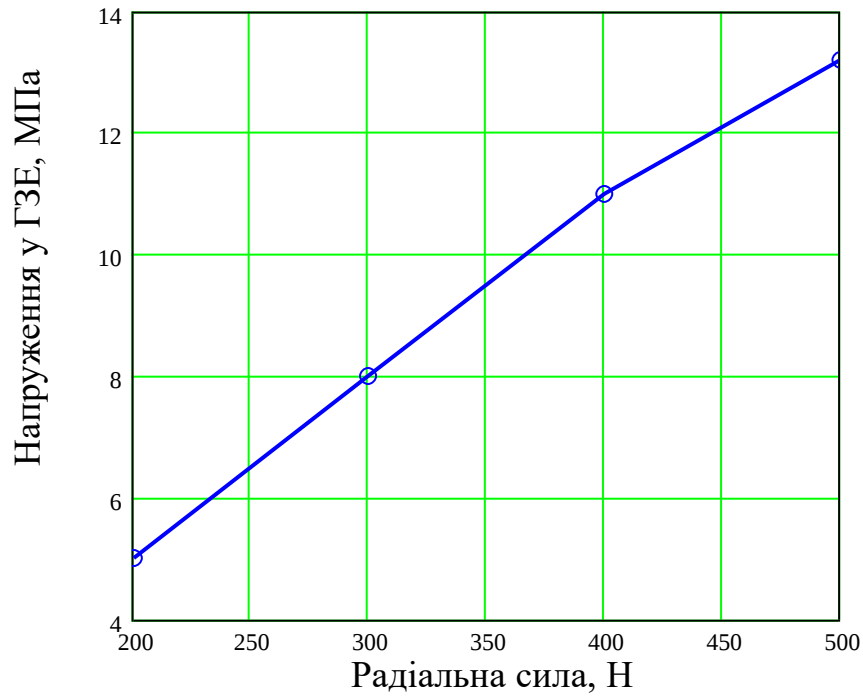


Рисунок 2.16 - Графік залежності максимальних напружень, що виникають у гвинтовому затискному елементі від величини зовнішнього радіального навантаження

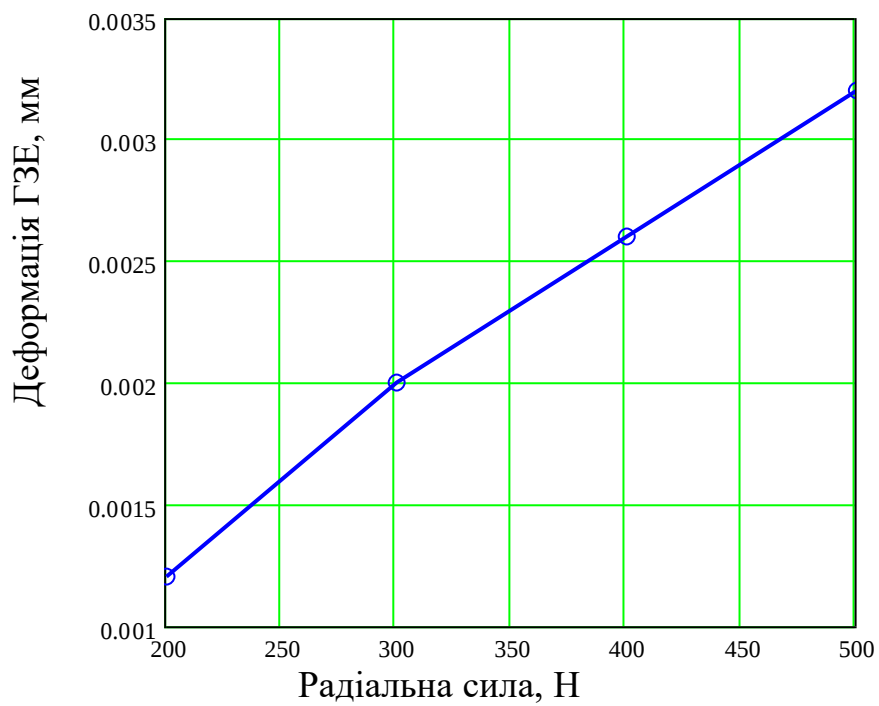


Рисунок 2.17 - Графік залежності максимальних деформацій гвинтового затискного елемента від величини зовнішнього радіального навантаження

2.3. Висновки

В розділі представлено конструкцію і 3D модель оправки з пружними гвинтовими затискними елементами. Перевагою таких оправок є можливість затиску тонкостінних циліндричних заготовок, за рахунок розподілення зусилля затиску по всій поверхні контакту між заготовкою та пружним гвинтовим затискним елементом. Представлено параметричні рівняння поверхні гвинтового затискного елемента з конічними частинами. Розроблено розрахункову схему геометричних параметрів затиску заготовки гвинтовим затискним елементом з конічними частинами. Виведено рівняння для визначення осьової сили, що необхідно прикладати на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при його деформуванні.

Побудовано графіки залежності осьової сили, що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки від геометричних параметрів гвинтового затискного елемента.

Визначено, що із збільшенням ширини та товщини витка гвинтового затискного елемента, величини зменшення кроку витків осьова сила, що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки зростає, а при збільшенні зовнішнього радіуса ГЗЕ – зменшується.

Максимальні величина осьової сили, що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки складає 3814 Н, а мінімальна величина – 122 Н. Збільшення ширини витка гвинтового затискного елемента від 10 мм до 20 мм призводить до зростання осьової сили P_0 в 7,6 рази.

Збільшення товщини витка гвинтового затискного елемента від 1 мм до 2 мм призводить до зростання осьової сили в 2 рази. Збільшення величини зміни кроку витків від 2 мм до 5 мм призводить до зростання осьової сили в 2,5 рази. При цьому збільшення величини зовнішнього радіуса гвинтового затискного

елемента від 20 мм до 40 мм призводить до зменшення осьової сили в 7,6 рази.

Отже, для зменшення осьової сили P_0 , що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки потрібно застосовувати ГЗЕ з мінімальною товщиною і шириною стрічки допустимими жорсткістю системи та з мінімальним зазором між заготовкою та ГЗЕ, що відповідно зменшує зміну кроку витків та хід затискної втулки.

Проведено дослідження методом кінцевих елементів напружено-деформованого стану оправки з пружними затискними елементами.

Встановлено, що при зовнішньому радіальному навантаженні 200 Н максимальні напруження та деформації виникають на консольній частині заготовки і становлять 15,9 МПа та 0,005 мм відповідно. Найбільші напруження та деформації виникають на першому витку гвинтового затискного елемента і становлять 5 МПа та 0,0012 мм відповідно. Одержані величини не перевищують границю текучості матеріалів заготовки та гвинтового затискного елемента і не суттєво не впливають на точність оброблення заготовки.

При зміні зовнішньої радіальної сили від 200 Н до 500 Н одержали графіки залежності максимальних напружень, та деформацій, що виникають на заготовці та гвинтовому затискному елементі відповідно.

На основі графіків встановлено, що величини напружень та деформацій у заготовці та гвинтовому затискному елементі майже прямопропорційно залежать від величини зовнішньої радіальної сили. Мінімальна величина напружень у заготовці дорівнює 15,9 МПа, а максимальна – 39,8 МПа. Мінімальна величина напружень у гвинтовому затискному елементі дорівнює 5 МПа, а максимальна – 13,2 МПа. Мінімальна величина деформації заготовки дорівнює 0,005 мм, а максимальна – 0,012 мм. Мінімальна величина деформації гвинтового затискного елемента дорівнює 0,0012 мм, а максимальна – 0,0032 мм.

3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Службове призначення деталі

Деталь “Маточина” 11.107 є складовою редуктора комбайну і конструктивно виконує функції запобігання осьового переміщення вала з зубчастим колесом і радіальне виставлення вказаних деталей за рахунок отворів $d-8\times 42H9\times 38\times 8D9$, $\varnothing 120H9$; зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 68h14_{(-0,74)}$ та торцевих поверхонь $73h14_{(-0,74)}$; $52h12_{(-0,3)}$.

Основними поверхнями деталі “Корпус” 738197.141 є: внутрішня шліцева поверхня $d-8\times 42H9\times 38\times 8D9$, $Ra_{2,1}$; Ra_{20} – призначена для посадки на вал; $\varnothing 120H9^{(+0,087)}$ $Ra_{2,1}$; торець $73h14_{(-0,74)}$; $52h12_{(-0,3)}$; шість отворів $\varnothing 11H14$, $\oplus \varnothing 0,5_M A_M$, торець $34h14_{(-0,62)}$, завдяки яким до деталі кріпляться конструктивні елементи. Різь конічна дюймова $K1/8"$ для встановлення маслянки.

Аналіз технічних вимог до деталі представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Аналіз технічних вимог

Позначення поверхні (поверхонь)	Зміст технічної вимоги	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
1	Зовнішня шестигранна поверхня $l = 34$ мм; $Rz\ 200$	Виливок. Не підлягає обробці різанням	Штангенциркуль
2, 10	Торцева поверхня $73h14_{(-0,74)}$; $Rz\ 40$	Напівчистова підрізка торця	Шаблон лінійний ($73_{-0,74}$)
3	Фаска внутрішня $1,6\times 45^\circ$; $Rz\ 80$	Однократне розточування	Шаблон фасочний $1,6\times 45^\circ$ спеціальний
4	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 120H9^{(+0,087)}$; $Ra\ 2,1$; A	Розточування чистове	Калібр-пробка ($\varnothing 120$) $H9$ Взірці шорсткості

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3	4
5	Торцева поверхня 52h12 _(-0,3) ; Rz 40	Напівчистова підрізка торця	Шаблон лінійний (52 _{-0,3})
6	Внутрішня циліндрична поверхня Ø42H9 ^(+0,062) ; Ra 2,1	Розточування чистове	Калібр-пробка (Ø42)H9 Взірці шорсткості
7	Фаска внутрішня 4×45°; Rz 80	Однократне розточування	Шаблон фасочний 4×45° спеціальний
8	Торцева поверхня l = 34 мм; Rz 40	Напівчистова підрізка торця	Шаблон лінійний (34 _{-0,62})
9	Зовнішня циліндрична поверхня Ø68h14 _(-0,74) ; Rz 40	Однократне точіння	Калібр-скоба (Ø68) h14
11...16	Отвори Ø 11H14; Ø 138; Rz 80; ∠ 60°	Свердління по кондуктору із базуванням по поверхні 4 на оправку	Калібр-пробка (Ø11) H14 Калібр розташування спеціальний
17	Різь конічна дюймова K1/8"	Нарізання мітчиком	Калібр-пробка K1/8"
18	Паз 20H14 ^(+0,52) ; 1; Rz80	Фрезерування дисковою фрезою	Шаблон 20 ^{+0,52} спеціальний
19	Шліцева внутрішня поверхня d8×42H8×48×8D9, Ra20	Протягування	Калібр-пробка для прямобічних шліців
20	Фаска зовнішня 4×45°; Rz80	Однократне точіння	Шаблон фасочний 45°

3.2. Вибір способу одержання заготовки

Матеріалом деталі “Маточина” 11.107 є сірий чавун СЧ20, що характеризується добрими ливарними властивостями. Під час аналізу способів

виготовлення заготовок розглянуто такі два способи:

- 1) лиття в кокіль;
- 2) лиття в піщані форми із їх механізованим формуванням.

Оскільки форма деталі є складною, визначення маси заготовки використано формулу:

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

$q = 3,2$ кг – маса деталі;

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

Чисельні дані про припуски і поверхні деталі, що піддаються механічній обробці подано у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Припуски деталі “Маточина” 11.107

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) Лиття в кокіль				
Торцева поверхня 73h14 _(-0,74)	Rz 40	1,1	1,6 × 2	76,2±0,55
Торцева поверхня 52h12 _(-0,3)	Rz 40	1,0	1,4	На кресленні 55±0,5
Внутрішня циліндрична поверхня Ø120H9 ^(+0,087)	Ra 2,1	1,2	2,5 × 2 = 5,0	Ø 115±0,6
Внутрішня циліндрична поверхня Ø42H9 ^(+0,062)	Ra 2,1	1,0	2,0 × 2 = 4,0	Ø 38±0,5
Зовнішня циліндрична поверхня Ø68h14 _(-0,74) ;	Rz 40	1,1	1,6 × 2	Ø 71,2±0,55
Торцева поверхня l = 34h14 _(-0,62) мм;	Rz 40	0,9	1,4	На кресленні 37±0,45

Закінчення таблиці 3.2

1	2	3	4	5
2) Лиття в піщані форми				
Торцева поверхня 73h14 _(-0,74)	Rz 40	4,4	5,0 × 2	83±2,2
Торцева поверхня 52h12 _(-0,3)	Rz 40	4,0	4,2	На кресленні 61,2±2,0
Внутрішня циліндрична поверхня Ø120H9 ^(+0,087)	Ra 2,1	5,0	6,5 × 2 = 13,0	Ø 107±2,5
Внутрішня циліндрична поверхня Ø42H9 ^(+0,062)	Ra 2,1	4,0	5,5 × 2 = 11,0	Ø 31±2,0
Зовнішня циліндрична поверхня Ø68h14 _(-0,74) ;	Rz 40	4,4	5,0 × 2	Ø 78±2,2
Торцева поверхня l = 34h14 _(-0,62) мм;	Rz 40	3,6	4,2	На кресленні 43,2±1,8

Ескізи варіантів способів виготовлення заготовок корпусу представлено на рис. 3.1, 3.2.

Розраховуємо об'єми припусків для двох альтернативних варіантів:

- ЛИТТЯ В КОКІЛЬ:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot (120^2 - 115^2) \cdot 21,2}{4} = 19554,35 \text{ мм}^3;$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot (42^2 - 38^2) \cdot 53,6}{4} = 13464,32 \text{ мм}^3;$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 115^2 \cdot 1,4}{4} = 14534,3 \text{ мм}^3;$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot (71,2^2 - 38^2) \cdot 1,6}{4} = 4553 \text{ мм}^3;$$

$$V_5 = \frac{\pi \cdot (71,2^2 - 68^2) \cdot 39,2}{4} = 13707 \text{ мм}^3;$$

$$V_6 = 8 \cdot 8 \cdot 55 \cdot 3 = 10560 \text{ мм}^3;$$

$$V_7 = \frac{\pi \cdot 11^2 \cdot 34}{4} = 3229,5 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{заг}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7;$$

$$V_{\text{заг}} = 19554,32 + 13464,32 + 14534,3 + 4553 + 13707 + 10560 + 6 \cdot 3229,5 = 65812 \text{ мм}^3 = 65,8 \text{ см}^3.$$

- лиття в піщані форми із їх механізованим формуванням:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot (120^2 - 107^2) \cdot 21,8}{4} = 50500 \text{ мм}^3;$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot (42^2 - 31^2) \cdot 52}{4} = 32778 \text{ мм}^3;$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 107^2 \cdot 4,2}{4} = 37747,35 \text{ мм}^3;$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot (78^2 - 31^2) \cdot 5}{4} = 20107 \text{ мм}^3;$$

$$V_5 = \frac{\pi \cdot (78^2 - 68^2) \cdot 39}{4} = 44698 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{заг}} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 - V_6 - V_7;$$

$$V_{\text{заг}} = 50500 + 32778 + 37747,35 + 20107 + 44698 + 10560 + 6 \cdot 3229,5 = 215767 \text{ мм}^3 = 215,8 \text{ см}^3.$$

Загальні маси припусків:

— лиття в кокіль:

$$m_{\text{пр1}} = 65,8 \cdot 7,2 = 473,8 \approx 0,474 \text{ кг}$$

— лиття в піщані форми із їх механізованим формуванням:

$$m_{\text{пр2}} = 215,8 \cdot 7,2 = 1553,8 \approx 1,554 \text{ кг}$$

Визначаємо маси заготовок:

– ЛИТТЯ В КОКІЛЬ:

$$Q_1 = 3,2 + 0,474 = 3,674 \text{ кг}$$

– ЛИТТЯ В ПІЩАНІ ФОРМИ ІЗ ЇХ МЕХАНІЗОВАНИМ ФОРМУВАННЯМ:

$$Q_2 = 3,2 + 1,554 = 4,754 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (3.3)$$

– ЛИТТЯ В КОКІЛЬ:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{3,2}{3,674} = 0,87.$$

– ЛИТТЯ В ПІЩАНІ ФОРМИ ІЗ ЇХ МЕХАНІЗОВАНИМ ФОРМУВАННЯМ:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{3,2}{4,754} = 0,67.$$

Вибираємо для умов великосерійного типу виробництва а також характеристик поверхонь деталі “Маточина” 11.107 спосіб виготовлення заготовки - литво в кокіль.

3.3. Формування технологічного процесу

На основі вказаних вище даних проводимо проектування технологічного процесу механічної обробки деталі “Маточина” 11.107.

005 Токарна напівавтоматна

1. Розточити попередньо отвір 4, витримуючи розмір $\varnothing 119,5H11(^{+0,25})$; розточити фаску 3, витримуючи розмір $3,2 \times 45^\circ$, розточити фаску 7, витримуючи розмір $5,4 \times 45^\circ$ з вертикального супорта одночасно.

2. Підрізати попередньо торець 10, витримуючи розмір $74,8h14 (-_{0,74})$ точити фаску 20 витримуючи розмір $5,6 \times 45^\circ$ з вертикального супорта одночасно.

3. Підрізати остаточно торці 2, 5 витримуючи розміри $73h14 (-_{0,74})$, $52h12(-_{0,3})$

з універсального супорта одночасно.

4. Підрізати остаточно торці 10, 8, витримуючи розміри $74,6h14_{(-0,74)}$, $35,6h14_{(-0,62)}$ з універсального супорта одночасно.

5. Розточити попередньо отвір 6, витримуючи розмір $\varnothing 41,78H11^{(+0,16)}$, розточити остаточно отвір 4, витримуючи розмір $\varnothing 120H9^{(+0,087)}$ з вертикального супорта одночасно.

6. Точити зовнішню циліндричної поверхню 9 витримуючи розмір $\varnothing 68h14_{(-0,74)}$ з вертикального супорта.

7. Розточити остаточно отвір 6, витримуючи розмір $\varnothing 42H9^{(+0,062)}$ з вертикального супорта.

Перевірити розміри $\varnothing 42H9^{(+0,062)}$, $\varnothing 68h14_{(-0,74)}$, $\varnothing 120H9^{(+0,087)}$, $74,6h14_{(-0,74)}$, $35,6h14_{(-0,62)}$, $73h14_{(-0,74)}$, $52h12_{(-0,3)}$

010 Горизонтально-протяжна

1. Протягнути шліцевий отвір 19, витримуючи розміри $d8 \times 42H9 \times 48 \times 8D9$, $l=52$.

Перевірити розміри: $d8 \times 42H9 \times 48 \times 8D9$.

015 Вертикально-свердлильна

1. Одночасно свердлити шість отворів 11..16, витримуючи розміри $\varnothing 11H14$; $\varnothing 138$.

Перевірити розміри: $\varnothing 11H14$; $\varnothing 138$.

020 Вертикально-фрезерна

1. Фрезерувати паз 18, витримуючи розміри $20^{+0,52}$; $1 \pm 0,1$

Перевірити розміри: $20^{+0,52}$; $1 \pm 0,1$.

025 Вертикально-свердлильна

1. Свердлити отвір під різь 17, зенкувати фаску, витримуючи розміри $\varnothing 8,7^{+0,14}$; $20 \pm 0,2$; $1 \times 45^\circ$.

Перевірити розміри: $\varnothing 8,7^{+0,14}$; $20 \pm 0,2$; $1 \times 45^\circ$.

030 Різенарізна

1. Нарізати внутрішню різь 17, витримуючи розміри $K1/8''$.

Перевірити розміри: K1/8"

Операція 035. Контроль.

3.4. Визначення припусків на оброблення

Розрахунки припусків проведено аналітичними та табличними методами, оформлено вигляді таблиці 3.4.

Послідовність оброблення поверхні $\varnothing 42H9$ із припусками та допусками представлено на рис. 3.3.

Таблиця 3.4 – Розрахункові припуски деталі “Маточина” 11.107

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Внутрішня циліндрична $\varnothing 120H9^{(+0,087)}$					
Розточування чистове	9	2,1	0,087	$0,25 \times 2 = 0,5$	$\varnothing 120H9^{(+0,087)}$
Розточування напівчистове	11	$R_z 20$	0,25	$2,25 \times 2 = 4,5$	$\varnothing 119,5H11^{(+0,25)}$
Заготовка	7-ий кл.	$R_z 200$	1,2	$2,5 \times 2 = 5,0$	$\varnothing 115 \pm 0,6$
Торець $73h14_{(-0,74)}$					
Точіння напівчистове	14	$R_z 40$	0,74	1,6	$73h14_{(-0,74)}$
Точіння напівчистове	14	$R_z 40$	0,74	1,6	$74,6h14_{(-0,74)}$
Заготовка	7-ий кл.	$R_z 200$	1,1	$1,6 \times 2 = 3,2$	$76,2 \pm 0,55$

Закінчення таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
Торець 52h12 _(-0,3)					
Точіння напівчистове	12	R _z 40	0,3	—	52h12 _(-0,3)
Заготовка	7-ий кл.	R _z 200	1,0	1,4	53,4±0,5
Торцева поверхня 34h14 _(-0,62)					
Точіння напівчистове	14	R _z 40	0,62	—	34h14 _(-0,62)
Заготовка	7-ий кл.	R _z 200	0,9	1,4	35,4±0,45
Зовнішня циліндрична поверхня Ø68h14 _(-0,74) ;					
Точіння напівчистове	14	R _z 40	0,74	—	68h14 _(-0,74)
Заготовка	7-ий кл.	R _z 200	1,1	1,6×2=3,2	71,2±0,55

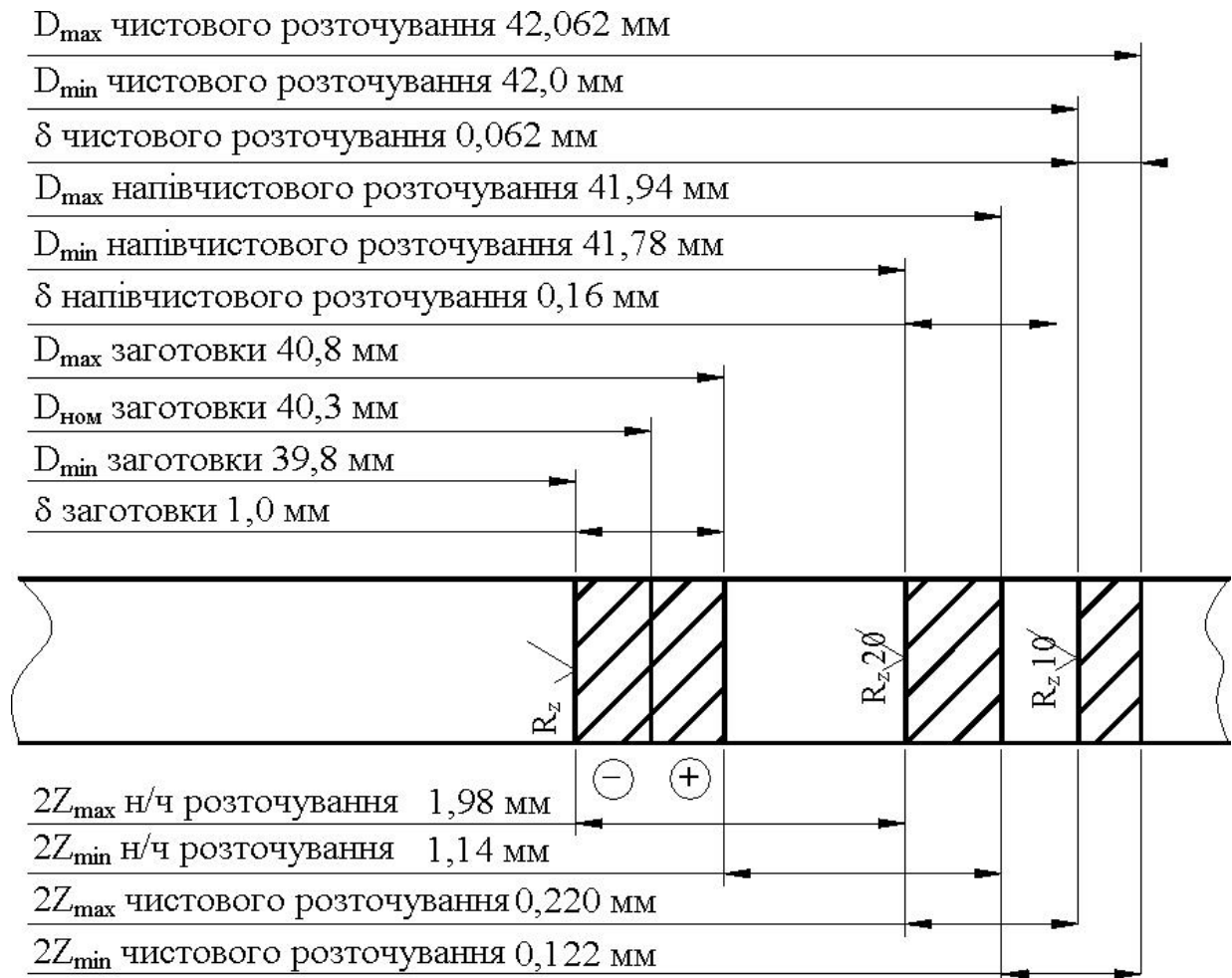


Рисунок 3.3 – Послідовність оброблення поверхні Ø42H9 із припусками та допусками

3.5. Визначення режимів різання

Розрахунки режимів різання технологічного процесу виготовлення деталі “Маточина” 11.107 проведено аналітичними та табличними методами, оформлено вигляді таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Режими різання технологічного процесу виготовлення деталі “Маточина” 11.107

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _м , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S _м , мм/хв	T _о , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна напівавтоматна										
Перехід 2. Розточити попередньо отвір 4, витримуючи розмір Ø119,5H11(+0,25); розточити фаску 3, витримуючи розмір 3,2 × 45°, розточити фаску 7, витримуючи розмір 5,4 × 45° з вертикального супорта одночасно	2,25 3,2 5,4	59,8	1	114	0,58	246	93	—	0,43	6,4
Перехід 3. Підрізати попередньо торець 10, витримуючи розмір 74,8h14 (-0,74) точити фаску 20 витримуючи розмір 5,6 × 45° з вертикального супорта одночасно	26 5,6	15	1	150	0,1	246	53,9	—	0,4	3,7
Перехід 4. Підрізати остаточно торці 2, 5 витримуючи розміри 73h14 (-0,74), 52h12(-0,3) з універсального супорта одночасне	1,6 1,4	20,6	1	114	0,47	181	66	—	0,25	5,4

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 5. Підрізати остаточно торці 10, 8, витримуючи розміри 74,6h14 ($-0,74$), 35,6h14($-0,62$) з універсального супорта одночасно	0,2 1,6	60	1	114	0,4	501	93	—	0,32	3,3
Перехід 6. Розточити попередньо отвір 6, витримуючи розмір $\varnothing 41,78H11(^{+0,16})$, розточити остаточно отвір 4, витримуючи розмір $\varnothing 120H9(^{+0,087})$ з вертикального супорта одночасне	0,99 0,25	55,8	1	114	0,22	526	73,9	—	0,39	—
Перехід 7. Точити зовнішню циліндричної поверхню 9 витримуючи розмір $\varnothing 68h14(-0,74)$ з вертикального супорта	1,6	55	1	114	0,4	501	53	—	0,28	5,5
Перехід 8. Розточити остаточно отвір 6, витримуючи розмір $\varnothing 42H9(^{+0,062})$ з вертикального супорта.	0,11	55,9	1	114	0,22	636	91	—	0,41	—
010 Горизонтально-протяжна										
Перехід 2. Протягнути шліцевий отвір 19, витримуючи розміри d8×42H9×48×8D9, l=52	2,9	465	1	45	0,07 мм/зуб	—	5	—	1,04	1,92

Закінчення таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
015 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2. Одночасно свердлити шість отворів 11..16, витримуючи розміри Ø11H14; Ø138	5,5	40	1	100	0,1	251	8,8	–	1,61	0,99
020 Вертикально-фрезерна										
Перехід 2. Фрезерувати паз 18, витримуючи розміри 20 ^{+0,52} ; 1±0,1	2	50	1	60	0,07 мм/зуб	401	26	114	0,126	0,71
025 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2.										
Свердлити отвір під різь 17, zenкувати фаску, витримуючи розміри Ø8,7 ^{+0,14} ; 20±0,2; 1×45°	4,35	15	1	20	0,2	711	19,5	–	0,11	1,4
030 Різенарізна										
Перехід 2. Нарізати внутрішню різь 17, витримуючи розміри K1/8"	0,3765	22	1	–	0,941	259	8,11	244	0,11	–

Розрахунки технічних норм часу технологічного процесу виготовлення деталі “Маточина” 11.107 проведено аналітичними та табличними методами, оформлено вигляді таблиці 3.6 та на графіку завантаження обладнання (рис. 3.4).

Таблиця 3.6 – Норми часу механічної обробки деталі “Маточина” 11.107

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д , с.			Час циклу напів- автомата, T _ц , хв	Час обслуго- вування, T _{об} , хв		T _{відп} , хв	T _{шт} , хв
		T ₁	T ₂	T _{3,5}		T _{тех.об.}	T _{орг.об.}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005 Токарна напівавтоматна	0,42	0,12	0,7	0,243	1,12	0,0084	0,0268	0,0784	1,23

Закінчення таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010 Горизонтально-протяжна	1,03								1,03
015 Вертикально-свердлильна	1,6	—	—	—	—	—	—	—	2,12
020 Вертикально - фрезерна	0,125	—	—	—	—	—	—	—	0,19
025 Вертикально-свердлильна	0,1	—	—	—	—	—	—	—	0,172
030 Різенарізна	0,1	—	—	—	—	—	—	—	0,18

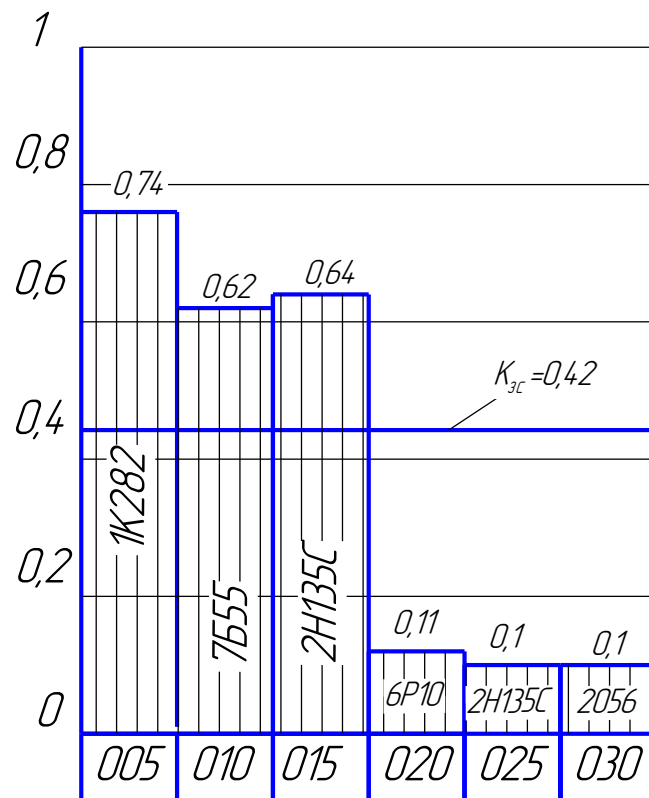


Рисунок 3.4 – Графік завантаження обладнання

3.6. Розрахунок пристосування

Для обробки деталі “Маточина” 11.107 на 015 вертикально-свердлильній операції (одночасне свердління шести отворів $\varnothing 11^{+0,43}$, витримуючи розмір

Ø138±0,25) розроблено спеціальні пристрої - кондуктор та шестишпindelьна свердлильна головка. Базування заготовки здійснюється у кондукторі на базу 18 з зазором по центральному отвору і з упором в торець та зрізаний палець 15 по центральному отвору з упором у верхню фаску. Позбавлення повороту навколо своєї вісі відбувається за допомогою призми 20. Затиск деталі в кондукторі відбувається за допомогою шестишпindelьної свердлильної головки.

Креслення кондуктора та шестишпindelьної свердлильної головки представлено у графічній частині роботи.

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

$$\Delta \epsilon_y = \sqrt{\Delta \epsilon_6^2 + \Delta \epsilon_3^2 + \Delta \epsilon_{пр}^2} . \quad (3.4)$$

Точність діаметрального розміру Ø11H14(^{+0,43}) забезпечується інструментом, відповідно похибка базування $\Delta \epsilon_{y\varnothing 14} = 0$.

Похибка базування на розташування отворів розраховується за формулою [11]:

$$\Delta \epsilon_6 = S_{\min} + Td + TD, \quad (3.5)$$

де $S_{\min}$ – мінімальний зазор між пальцем кондуктора та отвором деталі;

Td – поле допуску пальця із діаметром Ø42e7(^{-0,005}_{-0,075});

TD – поле допуску отвору діаметром Ø42H9(^{+0,062}).

Мінімальний гарантований при базуванні [11]:

$$S_{\min} = EI - es, \quad (3.6)$$

де $EI = 0$;

$es = -0,005$ мм.

$$S_{\min} = 0 + 0,005 = 0,005 \text{ мм.}$$

Поле допуску пальця:

$$Td = es - ei. \quad (3.7)$$

$$Td = -0,005 - (-0,075) = 0,07 \text{ мм.}$$

Поле допуску отвору:

$$TD = ES - EI. \quad (3.8)$$

$$TD = 0,062 - 0 = 0,062 \text{ мм.}$$

Тоді, із формули (3.5) похибка базування буде складати:

$$\Delta\epsilon_{\bar{0}} = 0,005 + 0,07 + 0,062 = 0,137 \text{ мм} = 137 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення заготовки складе $\Delta\epsilon_z = 90 \text{ мкм.}$

Похибка пристосування $\Delta\epsilon_{\text{пр}} = 150 \text{ мкм.}$

Підставляємо дані у формулу (3.4) та одержуємо:

$$\Delta\epsilon_y = \sqrt{137^2 + 90^2 + 150^2} = 222 \text{ мкм.} = 0,222 \text{ мм.}$$

Визначення сили затиску заготовки проведено при одночасному свердлінні шести отворів $\varnothing 11H14(^{+0,43})$; $l = 34 \text{ мм}$, $\varnothing 138 \pm 0,25$ на 015 вертикально-свердлильній операції.

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

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

$$W = \frac{K \cdot M_{\text{кр}} \cdot k}{\frac{1}{3} \cdot f \cdot \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)}, \quad (3.9)$$

де W – сила затиску деталі при одночасному свердлінні шести отворів;

D, d – діаметральні розміри взаємодії поверхні заготовки із базовими поверхнями кондуктора;

f – коефіцієнт тертя $f = 0,25$;

k – кількість свердл у свердлильній головці, $k = 6$;

$M_{кр}$ – крутний момент свердління.

Крутний момент свердління [16]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.10)$$

де $C_M = 0,012$; $q = 2,2$; $y = 0,8$ [16].

$D = 11$ мм;

$S = 0,1$ мм/об.

K_p – поправочний коефіцієнт.

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [16];$$

$n = 0,75$ [16];

$$K_p = \left(\frac{638}{750} \right)^{0,75} = 0,886;$$

$K = 2,5$.

Отже, $M_{кр} = 10 \cdot 0,012 \cdot 11^{2,2} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,886 = 3,22$ Н·м.

Підставляємо дані у формулу (3.9):

$$W = \frac{2,5 \cdot 3,22 \cdot 6}{\frac{1}{3} \cdot 0,25 \cdot \left(\frac{0,156^3 - 0,12^3}{0,156^2 - 0,12^2} \right)} = 2802 \text{ Н.}$$

Умова забезпечення оброблення деталі на верстаті:

$$P_{\text{верст.мах.}} > W, \quad (3.11)$$

де $P_{\text{верст.мах.}}$ – допустиме максимальне осьове навантаження на механізм подачі верстата (для вертикально-свердлильного верстата 2Н135С – $P_{\text{верст.мах.}} = 25000$ Н.)

Проводимо перевірку:

$$25000 \text{ Н} > 2802 \text{ Н}.$$

Умова виконується, допустиме максимальне осьове навантаження на механізм подачі верстата більше за силу затиску деталі свердлильною головкою при одночасному свердлінні шести отворів.

Виконуємо перевірку забезпечення потужності головного приводу верстата для одночасного приводу шести свердел на свердлильній головці

$$N_{\text{верст.}} \geq \frac{\sum N_{\text{гол.сум.}}}{\eta_{\text{верст.}}}, \quad (3.12)$$

де $\eta_{\text{верст.}}$ — К.К.Д., $\eta_{\text{верст.}} = 0,8$;

$\sum N_{\text{гол.сум.}}$ — сумарна потужність одночасного приводу шести свердел на свердлильній головці.

$N_{\text{верст.}}$ — потужність головного приводу верстата, $N_{\text{верст.}} = 7,5 \text{ кВт}$.

$$\sum N_{\text{гол.сум.}} = N \cdot k, \quad (3.13)$$

де N — потужність свердління одним інструментом;

k — кількість свердел у свердлильній головці, $k = 6$.

$$N = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n}{9750}, \quad (3.14)$$

де n — частота обертання шпинделя, $n = 250 \text{ хв}^{-1}$.

;

$$\sum N_{\text{гол.сум.}} = 0,8 \cdot 6 = 0,48 \text{ кВт}.$$

Перевіряємо умову:

$$7,5 \text{ кВт} > \frac{0,48}{0,8} = 0,6 \text{ кВт}.$$

Забезпечення потужності головного приводу верстата для одночасного приводу шести свердел на свердлильній головці забезпечується.

Виконуємо перевірку забезпечення максимальної сили подачі, що допускається свердлильним верстатом для одночасної подачі шести свердел на свердлильній головці:

$$P_{\text{гол.сум.}} = k \cdot P_o \leq P_{\text{верст.мах.О}}, \quad (3.15)$$

де k – кількість свердел у свердлильній головці, $k = 6$.

$P_{\text{верст.махО}}$ – допустиме максимальна осьова сила різання, що допускається на верстаті (для вертикально-свердлильного верстата 2Н135С – $P_{\text{верст.мах}} = 22000 \text{ Н.}$)

P_o – осьова сила різання одним свердлом.

Осьова сила різання одним свердлом [16]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.16)$$

де $C_p = 42,7$; $q = 1,0$; $y = 0,8$ [16].

$D = 11 \text{ мм}$;

$S = 0,1 \text{ мм/об.}$

$n = 0,75$ [16];

$$K_p = \left(\frac{638}{750} \right)^{0,75} = 0,886$$

Отже, $P_o = 10 \cdot 42,7 \cdot 11^{1,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,886 = 645 \text{ Н.}$

Сумарна осьова сила різання:

$$P_{\text{гол.сум.}} = 6 \cdot 645 = 3870 \text{ Н.}$$

Перевіряємо умову (3.15):

$$3870 \text{ Н} < 22000 \text{ Н.}$$

Умова забезпечення максимальної сили подачі, що допускається свердлильним верстатом для одночасної подачі шести свердел на свердлильній головці виконується.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Техніка безпеки під час роботи на верстатах

До виконання робіт на металообробних верстатах допускаються особи, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання та одержали посвідчення на право виконання робіт.

До самостійного виконання робіт допускаються особи, які пройшли стажування протягом 2–15 змін під керівництвом бригадира (майстра) або досвідченого працівника. Виконується тільки та робота, яка доручена відповідним нарядом (крім екстремальних та аварійних ситуацій), не можна передоручати її іншим особам.

Не допускається перебування сторонніх осіб у робочій зоні.

Не можна приступати до роботи на технічно несправних або з знятими захисними пристроями верстатах, з несправною сигналізацією, контрольними пристроями, з пошкодженим контуром заземлення. При обробці на верстатах довгих деталей (більше довжини робочого стола) необхідно обладнувати ззаду й спереду верстата спеціальні пристрої у вигляд опорних столів з роликами, щоб матеріал не звисав.

Не можна користуватись несправним інструментом, інвентарем і пристроями. Верстати, стелаж, столи, шафи, тумбочки та інше обладнання повинні бути міцними, стійкими і мати висоту, зручну для роботи.

Очищення, змащення, регулювання й ремонт верстатів здійснюється тільки після повної їх зупинки.

Спецодяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту повинні відповідати умовам і характеру виконуваної роботи.

Не можна приступати до роботи у стані алкогольного, наркотичного або медикаментозного сп'яніння, у хворобливому або стомленому стані.

Протягом роботи потрібно слідкувати за самопочуттям. При появі стомленості, сонливості, раптового болю треба припинити виконання роботи.

Необхідно виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку та правила пожежної безпеки. Не можна використовувати пожежний інвентар не за призначенням.

Під час виконання робіт на працівників можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Фізичні небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- машини й механізми, що рухаються; рухомі частини виробничого обладнання; вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому масці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищена або знижена рухомість повітря;
- підвищена напруга в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини;
- відсутність або недостатність природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- гострі краї, задирки й шорсткість на поверхнях конструкцій, інструменту й обладнання.

Психофізіологічні небезпечні й шкідливі виробничі фактори:

- фізичні перевантаження (статичні й динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (перенапруга аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Вимоги безпеки перед початком роботи.

Отримайте від керівника робіт вказівки про порядок і безпечні прийоми виконання роботи.

Одягніть і заправте спецодяг. Упевніться, що він прилягає, не має елементів, що звисають, які можуть бути захоплені деталями, що обертаються

або рухаються.

Огляньте робоче місце. Проходи повинні бути вільними, підлога чистою, сухою, без виїмок і нерівностей. Перевірте наявність і справність підніжної дерев'яної решітки.

Перевірте освітленість робочого місця. Світло спрямуйте на ріжучий інструмент зліва.

Видалення стружки 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 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.

Шпиндель з патроном повинен самостійно повертатися у верхнє положення у разі відпускання штурвала подачі свердла.

Забороняється:

— застосовувати свердла і патрони з забитим або спрацьованим хвостовиком;

— використовувати під час роботи на верстаті рукавиці;

— утримувати деталь під час роботи руками.

Клини, гвинти та інші елементи, що використовуються для закріплення інструмента, не повинні виступати над периферією шпинделя.

Установку деталей на верстаті і їх знімання з верстата необхідно виконувати тільки тоді, коли шпиндель з ріжучим інструментом знаходяться у вихідному положенні.

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.

4.2. Інженерний захист робітників підприємства

Інженерний захист робітників та службовців підприємства передбачає захист за допомогою колективних засобів захисту – захисних споруд. До захисних споруд належать сховища і протирадіаційні укриття [25]. Захисні споруди призначені для укриття населення від засобів масового ураження в особливий період та надзвичайних ситуацій у мирний час, та є основним видом колективного захисту населення. За захисними властивостями захисні споруди поділяють на типи: сховища; протирадіаційні укриття; найпростіші укриття.

Сховище - інженерна споруда, яка забезпечує захист осіб, що укриваються, від негативного впливу сучасних засобів ураження, бактеріальних (біологічних) засобів, від бойових отруйних речовин, а також при необхідності, від катастрофічного затоплення, небезпечних хімічних речовин, радіоактивних продуктів при руйнуванні ядерних енергетичних енергоустановок, високих температур і продуктів горіння при пожежах та передбачають можливість безперервного перебування у них розрахункової кількості осіб, що укриваються, протягом двох діб.

Основні вимоги, яким мають відповідати сховища:

1. Сховища повинні мати механічну міцність відповідно до класу і бути герметичними (від усіх видів зараження).
2. Сховища повинні забезпечити безперервне перебування в них людей не менше двох діб.
3. Сховища повинні бути розташовані на місцевості, що не затоплюється і на відстані не більше 600 м від місць роботи людей, для захисту яких вони призначені.
4. Через сховища забороняється проводити комунально-енергетичні мережі.

5. Вбудовані сховища слід розміщувати під невисокими (одно-, двоповерховими) будівлями, а окремо побудовані – на відстані від будинків, що більше або дорівнює їх висоті.

6. Сховища повинні мати подвійне призначення – для використання в мирний час та в надзвичайний стан мирного і воєнного часу. Коли захисні споруди не використовуються за своїм призначенням, вони за погодженням з територіальними органами з питань НС, МВС, пожежного нагляду, Держархбудконтролю, Держгірпромнагляду, санітарно-епідеміологічного нагляду можуть використовуватись для потреб господарства.

За призначенням у сховищах передбачаються основні і допоміжні приміщення: а) основні: приміщення для осіб, що укриваються; пункт управління; медичні пункти. б) допоміжні: тамбур-шлюзи, тамбури; фільтровентиляційні камери; приміщення для дизельних електростанцій та електрощитових; санітарні вузли і станції перекачування; балонні; приміщення для ємностей запасу питної води; приміщення артезіанської свердловини; приміщення для продуктів харчування та ін., а для сховищ атомних станцій – приміщення для дозиметричного контролю, роздягальні, приміщення для брудного одягу, душові. Кількість місць у сховищі для лежання: 2-ярусні – 20% (від площі основних приміщень); 3-ярусні – 30 %. Кількість сховищ визначається загальною кількістю місць для сидіння (45×45 см) і лежання (0,55×1,8 м). Запас продуктів харчування закладається на 2 доби з розрахунку на 1 людину.

На об'єктах, де найбільша працююча зміна становить 600 чол. і більше, у сховищі передбачається приміщення для пункту управління. На кожні 500 чол. передбачається один санітарний пост площею 2 м².

Протирадіаційне укриття – призначене для захисту осіб, що укриваються, від впливу іонізуючого випромінювання при радіоактивному забрудненні місцевості і допускає безперервне перебування у ньому розрахункової кількості осіб, що укриваються, до двох діб.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі представлено конструкцію і 3D модель оправки з пружними гвинтовими затискними елементами. Перевагою таких оправок є можливість затиску тонкостінних циліндричних заготовок, за рахунок розподілення зусилля затиску по всій поверхні контакту між заготовкою та пружним гвинтовим затискним елементом. Представлено параметричні рівняння поверхні гвинтового затискного елемента з конічними частинами. Розроблено розрахункову схему геометричних параметрів затиску заготовки гвинтовим затискним елементом з конічними частинами. Виведено рівняння для визначення осьової сили, що необхідно прикладати на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при його деформуванні.

Побудовано графіки залежності осьової сили, що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки від геометричних параметрів гвинтового затискного елемента.

Визначено, що із збільшенням ширини та товщини витка гвинтового затискного елемента, величини зменшення кроку витків осьова сила, що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки зростає, а при збільшенні зовнішнього радіуса ГЗЕ – зменшується.

Максимальні величина осьової сили, що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки складає 3814 Н, а мінімальна величина – 122 Н. Збільшення ширини витка гвинтового затискного елемента від 10 мм до 20 мм призводить до зростання осьової сили P_0 в 7,6 рази.

Збільшення товщини витка гвинтового затискного елемента від 1 мм до 2 мм призводить до зростання осьової сили в 2 рази. Збільшення величини зміни кроку витків від 2 мм до 5 мм призводить до зростання осьової сили в 2,5 рази.

При цьому збільшення величини зовнішнього радіуса гвинтового затискного елемента від 20 мм до 40 мм призводить до зменшення осьової сили в 7,6 рази.

Отже, для зменшення осьової сили P_0 , що прикладена на торці гвинтового затискного елемента з конічними частинами при затиску заготовки потрібно застосовувати ГЗЕ з мінімальною товщиною і шириною стрічки допустимими жорсткістю системи та з мінімальним зазором між заготовкою та ГЗЕ, що відповідно зменшує зміну кроку витків та хід затискної втулки.

Проведено дослідження методом кінцевих елементів напружено-деформованого стану оправки з пружними затискними елементами.

Встановлено, що при зовнішньому радіальному навантаженні 200 Н максимальні напруження та деформації виникають на консольній частині заготовки і становлять 15,9 МПа та 0,005 мм відповідно. Найбільші напруження та деформації виникають на першому витку гвинтового затискного елемента і становлять 5 МПа та 0,0012 мм відповідно. Одержані величини не перевищують границю текучості матеріалів заготовки та гвинтового затискного елемента і не суттєво не впливають на точність оброблення заготовки.

При зміні зовнішньої радіальної сили від 200 Н до 500 Н одержали графіки залежності максимальних напружень, та деформацій, що виникають на заготовці та гвинтовому затискному елементі відповідно.

На основі графіків встановлено, що величини напружень та деформацій у заготовці та гвинтовому затискному елементі майже прямопропорційно залежать від величини зовнішньої радіальної сили. Мінімальна величина напружень у заготовці дорівнює 15,9 МПа, а максимальна – 39,8 МПа. Мінімальна величина напружень у гвинтовому затискному елементі дорівнює 5 МПа, а максимальна – 13,2 МПа. Мінімальна величина деформації заготовки дорівнює 0,005 мм, а максимальна – 0,012 мм. Мінімальна величина деформації гвинтового затискного елемента дорівнює 0,0012 мм, а максимальна – 0,0032 мм.

Розроблено технологічний процес виготовлення маточини 11.107.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

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

11. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.
12. 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.
13. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.
14. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : Навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с.
15. 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.
16. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.
17. Стаднійчук М.В., Федоревич В.М., Бегман Є.П. Дослідження динаміки різання циліндричної заготовки дисковою фрезою. Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій": 11-12 грудня 2024 р.: тези доп. Тернопіль: вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2024. С. 148.
18. 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; Тернопільський нац. технічний ун-т ім. Івана Пулюя. Т., 2011. 177 с.
19. Ivan Hevko, Andrii Diachun, Oleg Lyashuk, Yuriy Vovk, Andriy Hupka Study of Dynamic and Power Parameters of the Screw Workpieces with a Curved Profile Turning. Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange. IV.

DSMIE 2021. Springer, Cham. P. 385-394.

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

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

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

23. Ivan Hevko, Oleg Liashuk, Andriy Diachun, Viktor Hud. Investigation of the sectional working body deformation of a flexible screw conveyor. ТЕКА. 2019. Vol. 19. No. 3. P. 11–20.

24. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.

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