



## РЕФЕРАТ

Тема кваліфікаційної роботи: “Розроблення технології виготовлення корпусу 728144.012 з дослідженням параметрів запобіжного патрона для осьових інструментів”.

У кваліфікаційній роботі представлено конструктивну схему запобіжного патрона для осьових інструментів. Розроблено розрахункову схему для визначення силових параметрів для двох варіантів конструкції запобіжного патрона: із застосуванням кульок та із застосуванням радіусних виступів.

Виведено рівняння та побудовано графіки залежності сили пружної деформації круглого стержня від радіуса кульки та від радіуса поперечного перерізу пружного круглого стержня. Встановлено, що збільшення радіуса кульки призводить до зростання сили пружної деформації круглого стержня, оскільки при більшому радіусі кульки виникає більший максимальний прогин круглого стержня при спрацюванні запобіжного механізму.

Встановлено взаємозв'язок між конструктивними та силовими параметрами запобіжного патрона, зокрема виведено аналітичні залежності для визначення колової сили і крутного моменту при роботі патрона. Побудовано графіки залежності колової сили від радіуса кульки та від радіуса поперечного перерізу пружного круглого стержня.

Побудовано графіки залежності крутного моменту передачі патроном від радіуса кульки, радіуса поперечного перерізу пружного круглого стержня, відстані між опорами стержня.

Вдосконалено технологічний процес виготовлення корпусу 728144.012.

## ЗМІСТ

<b>Вступ .....</b>	
<b>1 Аналітична частина</b>	
1.1. Аналіз стану питання.....	
1.2. Висновки та постановка завдань.....	
<b>2 Науково-дослідна частина</b>	
2.1. Дослідження параметрів запобіжного патрона для осьових інструментів.....	
2.2. Висновки.....	
<b>3 Технологічно-конструкторська частина</b>	
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.....	
<b>4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</b>	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

## ВСТУП

Операції механічної обробки деталей із використанням осьових інструментів таких як свердел, зенкерів, розверток, мітчиків широко використовуються у машинобудівній промисловості. Із використанням сучасних верстатів з ЧПК та нових матеріалів межі їх використання збільшуються. Значна кількість різбових отворів застосовується у різноманітних галузях промисловості, зокрема автомобільної, тому забезпечення стабільності та високої продуктивності процесів їх оброблення є актуальним завданням. Руйнування інструментів під час обробки призводить до застосування додаткових витрат для усунення інструменту, відновлення якості поверхні, або ж можуть призвести до бракування заготовок.

Оскільки процес нарізання різьби є останньою операцією обробки різбового отвору, то наявність зміщення осі отвору, биття інструменту, похибки синхронізації подачі інструменту, руйнування інструменту призводять до значних додаткових витрат при виготовленні деталей. Будь-які відхилення від необхідної якості різьби через зношення інструментів, особливо в аерокосмічній промисловості, де є підвищені вимоги до якості поверхонь можуть призвести до бракування деталей і відповідно до значних економічних втрат.

Одним із напрямків попередження руйнування осьових інструментів є застосування патронів із запобіжними механізмами, що починають працювати при різкому зростанні крутного моменту різання.

Тому подальші дослідження параметрів запобіжних патронів для осьових інструментів є актуальними.

Актуальним є також розроблення технологічного процесу виготовлення корпусу 728144.012.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Аналіз стану питання

Операції механічної обробки деталей із використанням осьових інструментів таких як свердел, зенкерів, розверток, мітчиків широко використовуються у машинобудівній промисловості. Із використанням сучасних верстатів з ЧПК та нових матеріалів межі їх використання збільшуються. Значна кількість різбових отворів застосовується у різноманітних галузях промисловості, зокрема автомобільної, тому забезпечення стабільності та високої продуктивності процесів їх оброблення є актуальним завданням. Руйнування інструментів під час обробки призводить до застосування додаткових витрат для усунення інструменту, відновлення якості поверхні, або ж можуть призвести до бракування заготовок.

Оскільки процес нарізання різьби є останньою операцією обробки різбового отвору, то наявність зміщення осі отвору, биття інструменту, похибки синхронізації подачі інструменту, руйнування інструменту призводять до значних додаткових витрат при виготовленні деталей. Будь-які відхилення від необхідної якості різьби через зношення інструментів, особливо в аерокосмічній промисловості, де є підвищені вимоги до якості поверхонь можуть призвести до бракування деталей і відповідно до значних економічних втрат.

У роботі [12] для дослідження похибок, що виникають в процесі нарізання різьби мітчиком, як базовий етап контролю якості обробки, розроблено спеціальний патрон для мітчиків із інтегрованими датчиками для вимірювання вібрацій поблизу інструмента. Визначення похибок процесу нарізання різьби мітчиком шляхом визначення його вібрацій дає можливість зрозуміти динамічні параметри ріжучого інструменту.

Компанією Schunk розроблено патрон iTendo2 для мітчиків із датчиками для промислового застосування, що дозволяє контролювати вібрацію під час

механічної обробки. Патрон iTendo2 оснащено одним акселерометром, що інтегрований у центральну вісь патрона. Це дозволяє виконувати операції при високих швидкостях обертання шпинделя [15].

У роботі [18] представлено патрон для мітчиків з інтегрованими датчиками (рис. 1.1, 1.2), при цьому датчик вібрацій розміщено безпосередньо на мітчику, що дозволяє точніше визначати величину вібрацій інструмента.

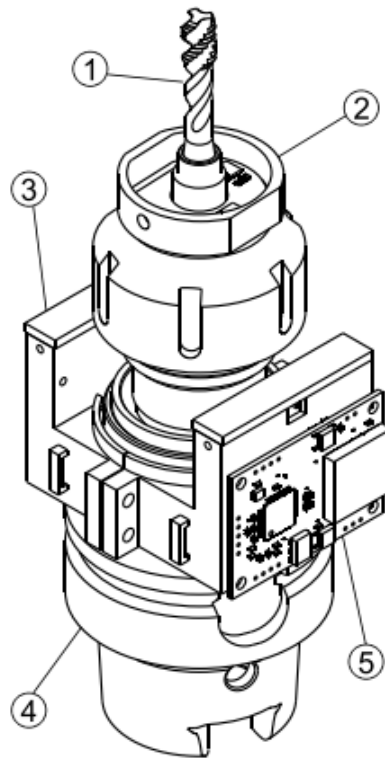


Рисунок 1.1 – Конструкція патрона для мітчиків з інтегрованими датчиками [18]

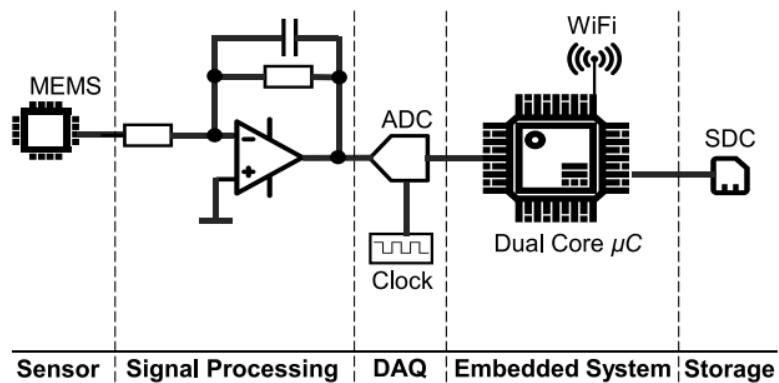


Рисунок 1.2 – Схема зчитування, оброблення, передачі та зберігання даних сигналів патрона для мітчиків з інтегрованими датчиками [18]

На рисунку 1.1 представлено конструктивні елементи патрона для мітчиків з інтегрованими датчиками: 1 – мітчик; 2 – датчик вібрацій; 3 – корпус із елементами обробки сигналів та батареями живлення; 4 - хвостовик типу Softsynchro3 виготовлений компанією Emuge-Franken; 5 – елементи оброблення та передачі сигналів через WiFi (рис. 1.2)

Компанією Mach III Motion Control Solutions розроблено спеціальний запобіжний патрон для розверток, що представлений на рис. 1.3. Передача крутного моменту від хвостовика 3 до втулки 7 із конусом Морзе під інструменти здійснюється за рахунок моменту тертя, що виникає між торцевими поверхнями втулки 7 та диска 6. Регулювання моменту тертя здійснюється за рахунок деформації тарілчастої пружини 2 поворотом гайки 4. При виникненні моменту різання, що перевищує момент тертя припиняється передача обертового руху від хвостовика 3 до втулки 7.

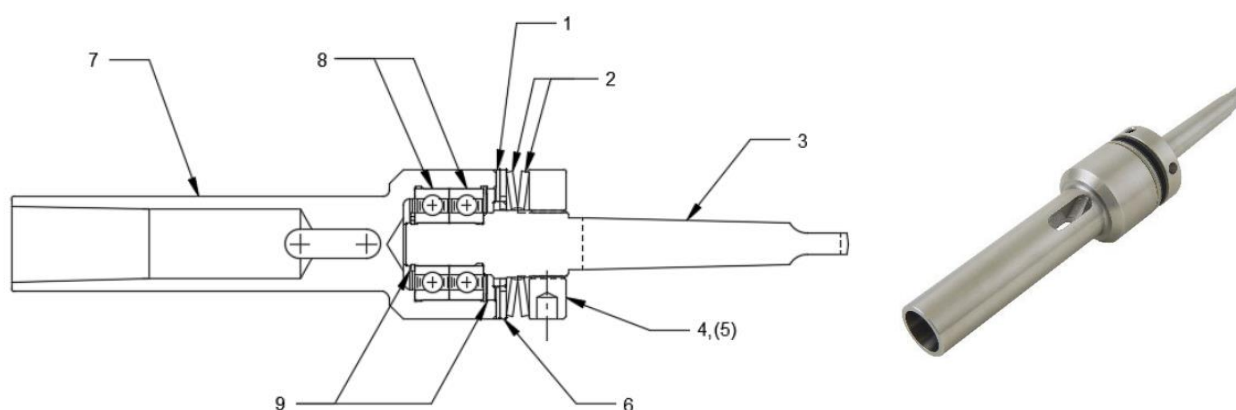


Рисунок 1.3 – Спеціальний запобіжний патрон для розверток компанії Mach III Motion Control Solutions [19]

Залежність моменту спрацювання запобіжного патрона рис. 1.3 від величини стиснення тарілчастої пружини представлено на рис. 1.4. Така залежність має лінійний прямопропорційний характер.

У запобіжному патроні для осьових інструментів патенту США № 4,669,930 (рис. 1.5) передача крутного моменту на інструмент здійснюється від хвостовика 1, через розміщені по колу кульки 11, ведений диск 2 та затискні кулачки 5 та 6. Кульки 11 утримуються у канавках оправки 1 та веденого диска

2 за допомогою кільця 9, що піддається осьовому навантаженню від тарілчастої пружини 10.

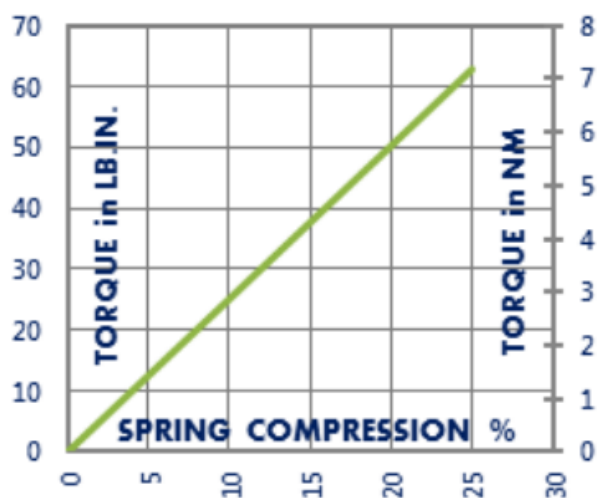


Рисунок 1.4 – Графік залежності моменту спрацювання запобіжного патрона від величини стиснення тарілчастої пружини [19]

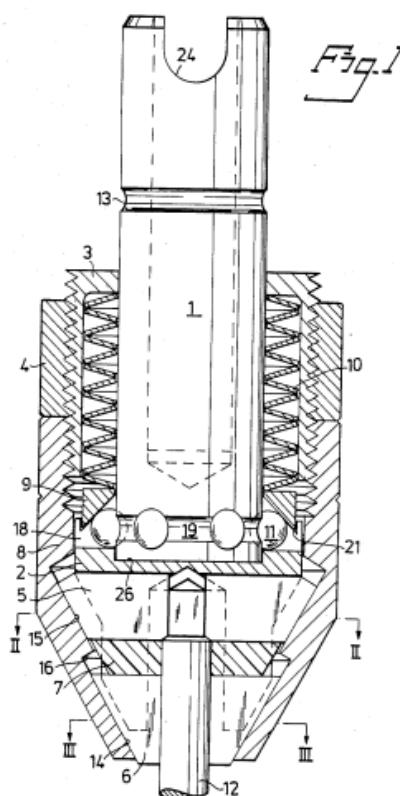


Рисунок 1.5 – Запобіжний патрон для осьових інструментів (патент США № 4,669,930)

Регулювання жорсткості та утримання тарілчастої пружини здійснюється



за допомогою різьбової втулки 3. При перевищенні допустимої величини крутного моменту різання на інструменті, осьове зусилля, що виникає на кульках 11, зміщує їх із канавок вгору, переміщуючи кільце 9 та стискаючи пружину 10. При цьому обертovому руху піддається тільки хвостовик 1.

Для синхронізації подачі мітчика та кроку різби, що піддається нарізанню розроблено спеціальний патрон, зображений на рис. 1.6. Оправка 1 патрона разом із закріпленим мітчиком має можливість вільного зміщення вздовж осі патрона на кульках 9, при врізанні у заготовку.

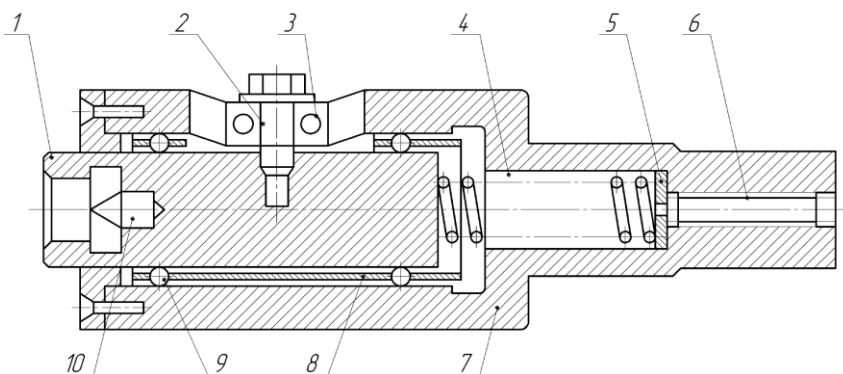


Рисунок 1.6 – Патрон із функцією синхронізації подачі мітчика та кроку різби, що піддається нарізанню [21]

У запобіжному патроні для осьових інструментів (рис. 1.7) передача крутного моменту на інструмент здійснюється від хвостовика 22, через розміщені по колу у декілька рядів кульки 4, оправку 3 та затискну цангу 27. Кульки 4 утримуються у канавках хвостовика 22 за допомогою пружин стиску 11. Регулювання жорсткості пружин 11 здійснюється за допомогою конічної оправки 9. При перевищенні допустимої величини крутного моменту різання на інструменті, радіальне зусилля, що виникає на кульках 4, зміщує їх із канавок до осі обертання патрона, стискаючи пружини 11. При цьому обертovому руху піддається тільки хвостовик 22.

Аналогічним чином працює запобіжний патрон для осьових інструментів, представлений на рис. 1.8. Передача крутного моменту на інструмент 17 здійснюється від хвостовика 1, через диск 3, розміщені по колу кульки 5, диск

9, гвинти 14, оправку 13.

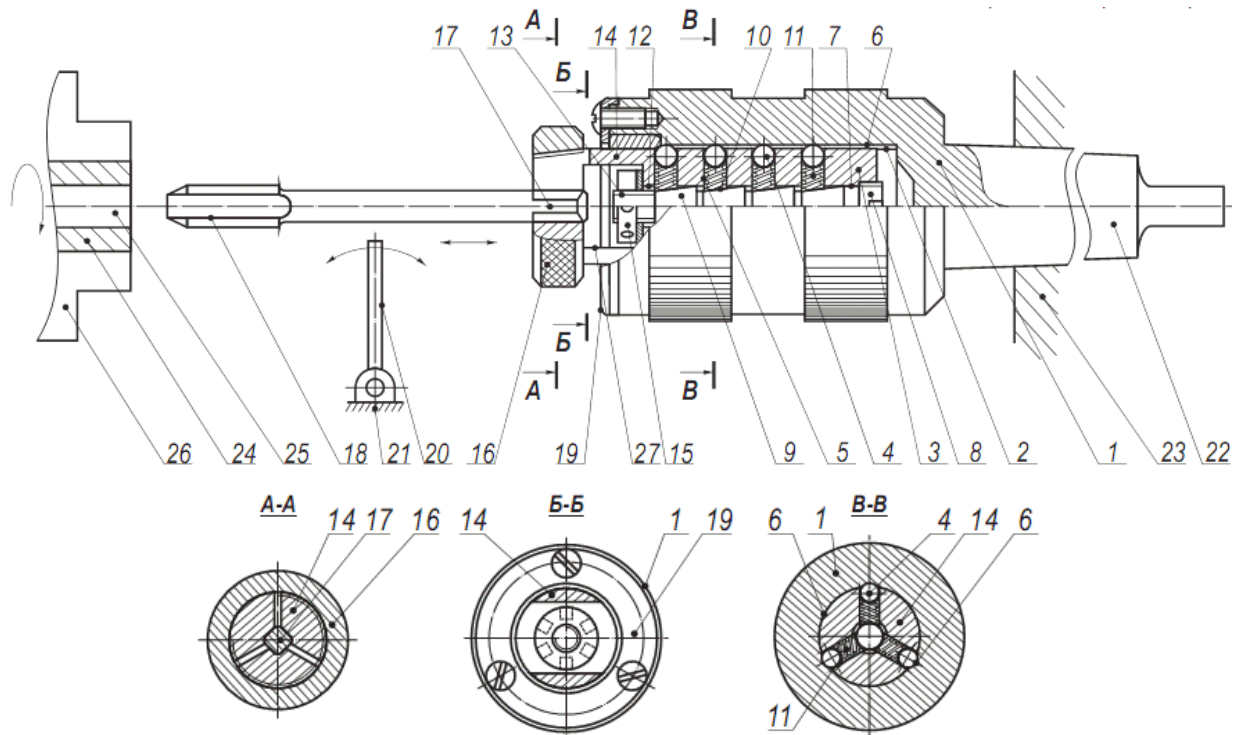


Рисунок 1.7 – Запобіжний патрон для осьових інструментів [21]

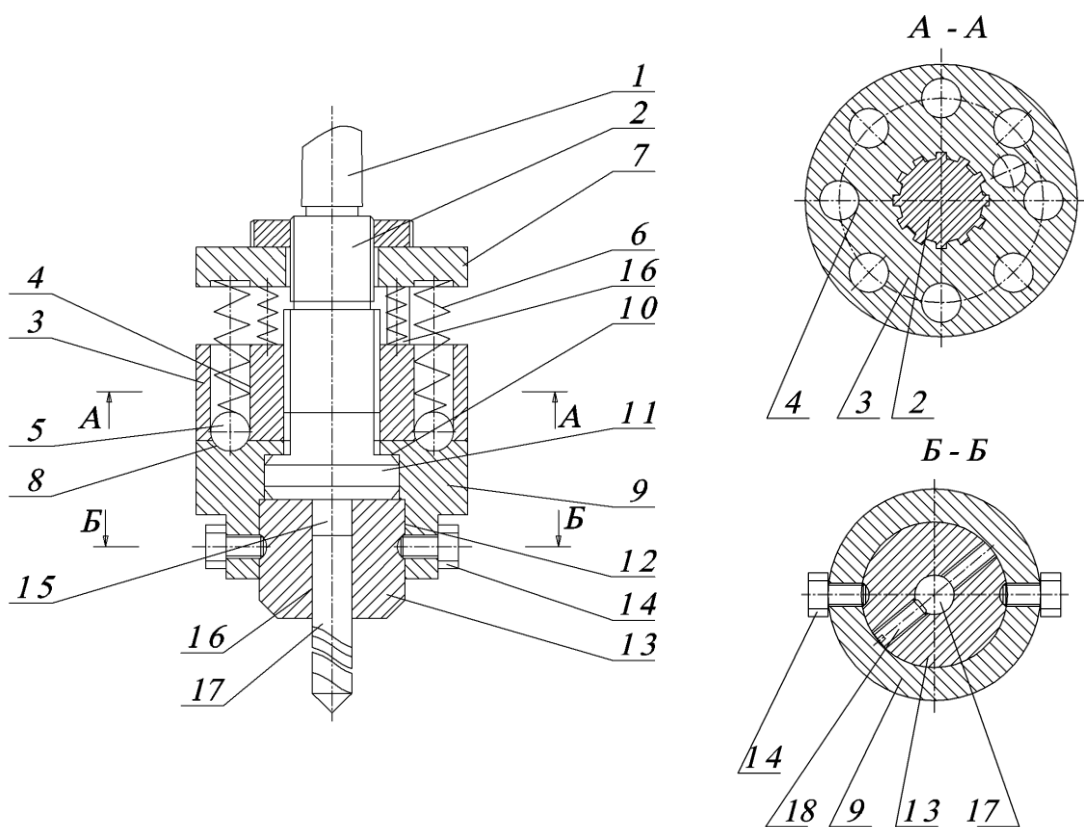


Рисунок 1.8 – Конструкція запобіжного патрона для осьових інструментів

[21]

Кульки 5 утримуються у канавках диска 9 за допомогою пружин стиску 6. Регулювання жорсткості пружин 6 здійснюється за допомогою гайки. При перевищенні допустимої величини крутного моменту різання на інструменті, осьове зусилля, що виникає на кульках 5, зміщує їх із канавок вздовж осі патрона, стискаючи пружини 6. При цьому обертovому руху піддається тільки верхня частина патрона.

На рис. 1.9 схема патрона для осьових інструментів, що забезпечує бездротове вимірювання вібрацій, що виникають під час роботи інструментів.

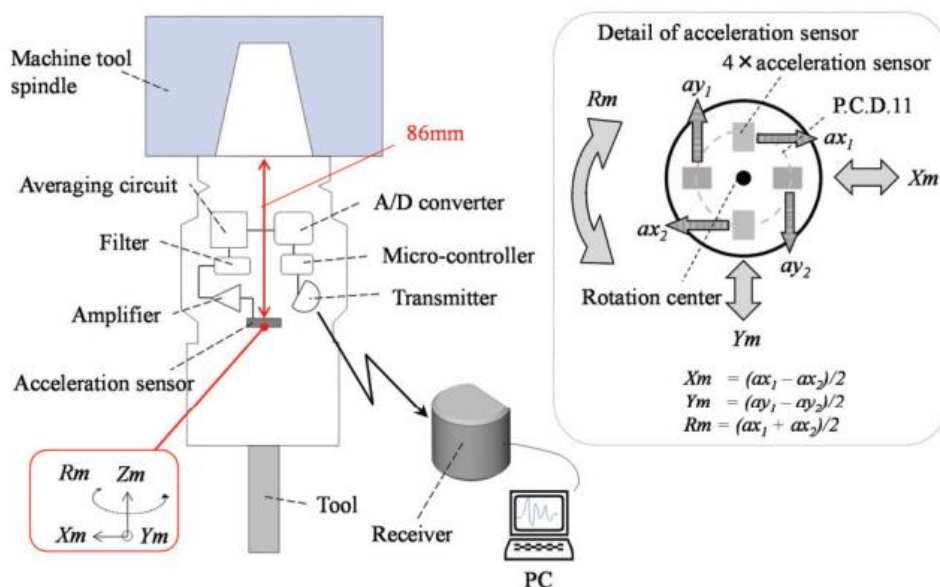


Рисунок 1.9 – Схема бездротового вимірювання вібрацій у патроні для осьових інструментів [22]

Для цього використовуються чотири п'єзоелектричних датчики, розміщені на відстані 68 мм від місця кріплення патрона у шпинделі верстата та на відстані 5,5 мм від осі обертання патрона. Застосування такої схеми дозволяє вимірювати крутні вібрації  $R_m$  відносно осі обертання патрона та в напрямку двох ортогональних осей ( $X_m$  та  $Y_m$ ). У схемі застосовано мікроконтролер, що працює із напругою, яка виникає в акселерометрах. Для розрахунку прискорення у кожному із напрямків використано формули:

$$Xm = \frac{ax_1 - ax_2}{2}; \quad (1.1)$$

$$Ym = \frac{ay_1 - ay_2}{2}; \quad (1.2)$$

$$Rm = \frac{ax_1 + ax_2}{2}, \quad (1.3)$$

де  $ax_1$ ,  $ax_2$ ,  $ay_1$ ,  $ay_2$  - вихідні сигнали на кожному із датчиків.

На рис. 1.10 показано співвідношення між прискореннями на датчиках патрона та крутним моментом на ріжучому інструменті (мітчику) до виникнення руйнування інструменту при швидкості різання 3 м/хв.

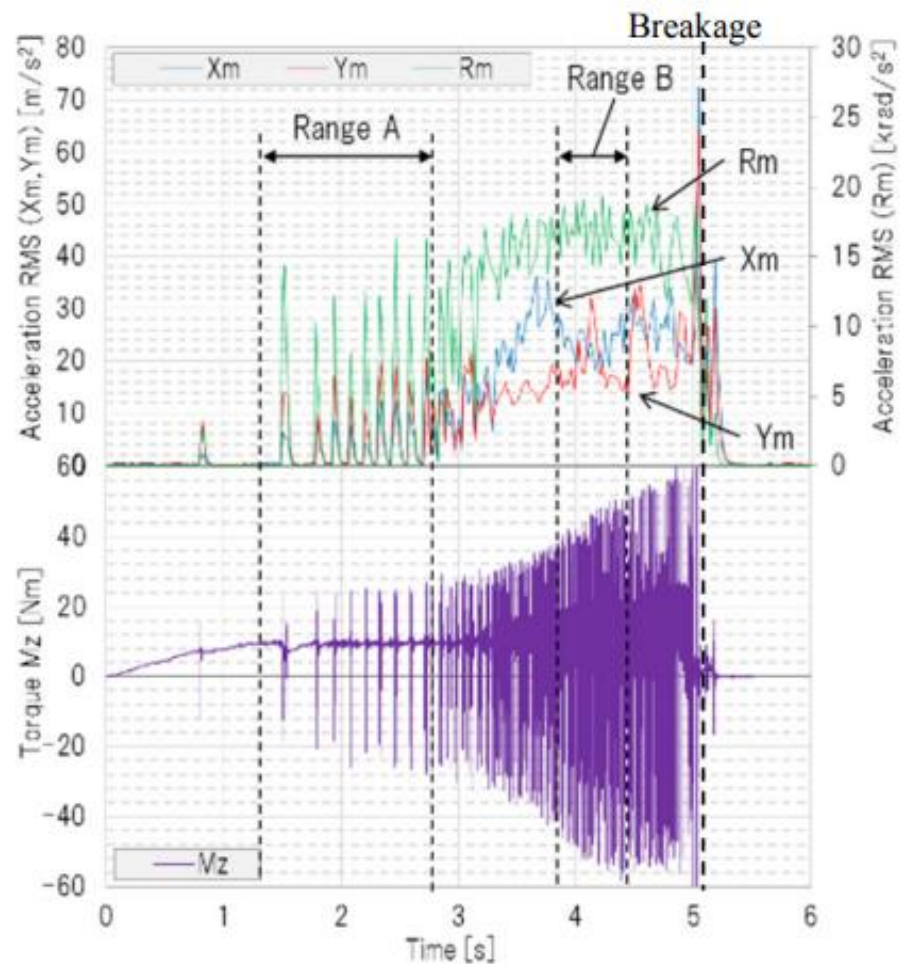


Рисунок 1.10 – Співвідношення між прискореннями на датчиках патрона та крутним моментом на мітчику до виникнення руйнування інструменту [22]

Руйнування мітчика відбулось приблизно на 5 секунд процесу нарізання

різьби. Безпосередньо перед руйнуванням інструменту спостерігалось зростання прискорення вібрацій в напрямку двох ортогональних осей ( $X_m$  та  $Y_m$ ), тоді як прискорення крутних вібрацій  $R_m$  зменшувались. Визначено, що вказана система може використовуватись для діагностики стану мітчика та визначати індикатори його можливого руйнування, проводячи моніторинг прискорень  $X_m$ ,  $Y_m$  та  $R_m$ .

## **1.2. Висновки та постановка завдань**

Значна кількість різбових отворів застосовується у різноманітних галузях промисловості, тому забезпечення стабільності та високої продуктивності процесів їх оброблення є актуальним завданням. Руйнування інструментів під час обробки призводить до застосування додаткових витрат для усунення інструменту, відновлення якості поверхні, або ж можуть призвести до бракування заготовок. Одним із напрямків попередження руйнування осьових інструментів є застосування патронів із запобіжними механізмами, що починають працювати при різкому зростанні крутного моменту різання. У механічних системах запобіжних механізмів часто використовуються як передавальні елементи кульки, що піддаються навантаженню пружними елементами.

У кваліфікаційній роботі вирішуються такі завдання:

1. Представити конструктивну схему запобіжного патрона для осьових інструментів.
2. Розробити розрахункову схему для визначення силових параметрів двох варіантів конструкції запобіжного патрона: із застосуванням кульок та із застосуванням радіусних виступів.
3. Вивести рівняння та побудувати графіки залежності сили пружної деформації круглого стержня від радіуса кульки та від радіуса поперечного перерізу пружного круглого стержня.
4. Встановити взаємозв'язок між конструктивними та силовими

параметрами запобіжного патрона із виведенням аналітичних залежностей для визначення колової сили і крутного моменту при роботі патрона.

5. Вдосконалити відомий технологічний процес виготовлення корпусу 728144.012.

## 2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 2.1. Дослідження параметрів запобіжного патрона для осьових інструментів

Під час виконання технологічних операцій обробки малих отворів осьовими інструментами, зокрема свердління, зенкерування, розвертання, нарізання різьби мітчиками можуть виникати випадкові похибки під впливом зовнішніх факторів таких як неоднорідність матеріалу заготовки, пошкодження і руйнування ріжучих кромки інструментів, внаслідок зношування або втомного руйнування. Також при врізанні інструмента у заготовку виникають значні динамічні, зокрема ударні навантаження. Вказані фактори можуть призводити до різкого зростання моменту різання, а відповідно до зростання крутних моментів на інструменті. При перевищенні крутних моментів на інструменті допустимої величини відбувається пластичне скручування інструменту а також його руйнування. Це призводить до погіршення якості оброблених поверхонь. При руйнуванні мітчика виникає необхідність застосування додаткових операцій для його усунення із отвору, що також може вплинути на якість нарізаної різьби та виникнення браку деталі. Для уникнення вказаних негативних факторів розроблено конструкцію запобіжного патрона для осьових інструментів, що представлений на рис. 2.1.

Запобіжний патрон для осьових інструментів складається із верхньої та нижньої частин. У верхній частині патрона розташовано хвостовик 1 для кріплення патрона у шпинделі верстата. На хвостовику 1 закріплено диск 2 із контргайкою 3. У радіальних отворах диска 2 та у радіальних отворах хвостовика 1 попарно рівномірно по колу розташовані пружні круглі стержні 4 виготовлені із пружинної сталі із термічною обробкою. Запропоновано два варіанти розташування стержнів. У варіанті 1 (рис. 2.1) стержні 4 розташовані під кутом один відносно одного, у варіанті 2 (рис. 2.1) стержні 4 паралельні між собою. У нижній частині патрона на корпусі 5 розміщено втулку 6 для

кріплення осьових інструментів 7 ( на рисунку зображено мітчик).

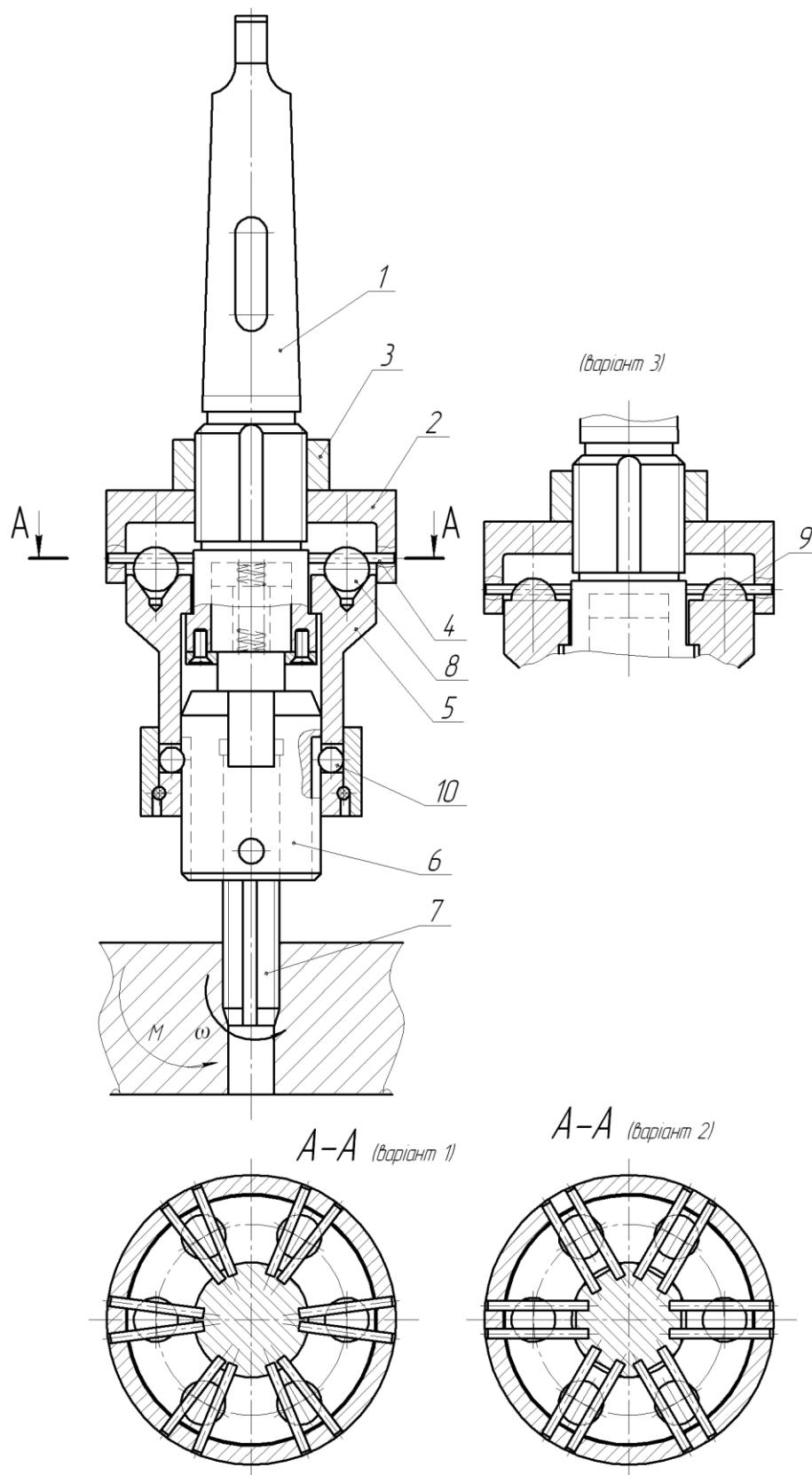


Рисунок 2.1 – Конструктивна схема запобіжного патрона для осьових інструментів

На верхній торцевій поверхні корпуса 5 у конусних лунках рівномірно по



колу розміщено кульки 8, що знаходяться у контакті з пружними круглими стержнями 4. У варіанті 3 (рис. 2.1) на верхній торцевій поверхні корпуса 5 рівномірно по колу розміщено радіусні виступи 9, що знаходяться у контакті з пружними круглими стержнями 4.

Для звичайного режиму роботи передача крутного моменту від шпинделя верстата до осьового інструмента 7 передається через хвостовик 1, диск 2, пружні круглі стержні 4, кульки 8 (або радіусні виступи 9), корпус 5, кульки 10 та втулку 6.

При різкому зростанні моменту різання, а відповідно і зростанні крутного моменту на інструменті 7, що перевищує допустиму величину, внаслідок виникнення осьової сили в місцях контакту кульки 8 із лункою, та кульки 8 (або радіусного виступу 9) із пружними круглими стержнями 4, що перевищує силу деформування пружних круглих стержнів 4 відбувається деформація круглих стержнів 4 у вертикальній площині до вершини кульки 8 (або радіусного виступу 9), а також може відбуватись вихід кульок 8 із лунок. Внаслідок цього відбувається зупинка обертального руху корпуса 5, кульок 10 та втулки 6 із осьовим інструментом 7, оскільки на дані елементи буде передаватись лише крутний момент тертя між кульками 8 та пружними круглими стержнями 4. Це дозволяє запобігти руйнуванню осьових інструментів, погіршенню якості обробленої поверхні через перевантаження. Також пружні круглі стержні 4 дозволяють демпфувати динамічні, зокрема ударні навантаження при врізанні інструмента у заготовку.

Для знаходження колової сили  $F$  і крутного моменту  $M$  при роботі патрона розроблено розрахункову схему, що представлена на рис. 2.2.

Відповідно до розрахункової схеми на рис. 2.2а записуємо рівняння рівноваги при контакті кульки 1 із пружними круглими стержнями 2 в проекції на вісь  $x$ :

$$F - F_n \sin \gamma - P_{t1} \cos \gamma - N_s \sin \beta + P_{t2} \cos \beta = 0, \quad (2.1)$$

де  $F_n$  – нормальна сила взаємодії кульки із конічною лункою;

$\gamma$  – кут нахилу конічної лунки;

$P_{t1}$  - сила тертя між лункою та кулькою;

$N_s$  - сила пружної деформації круглого стержня;

$\beta$  - кут контакту між кулькою та пружним круглим стержнем;

$P_{t2}$  - сила тертя між кулькою та пружним круглим стержнем.

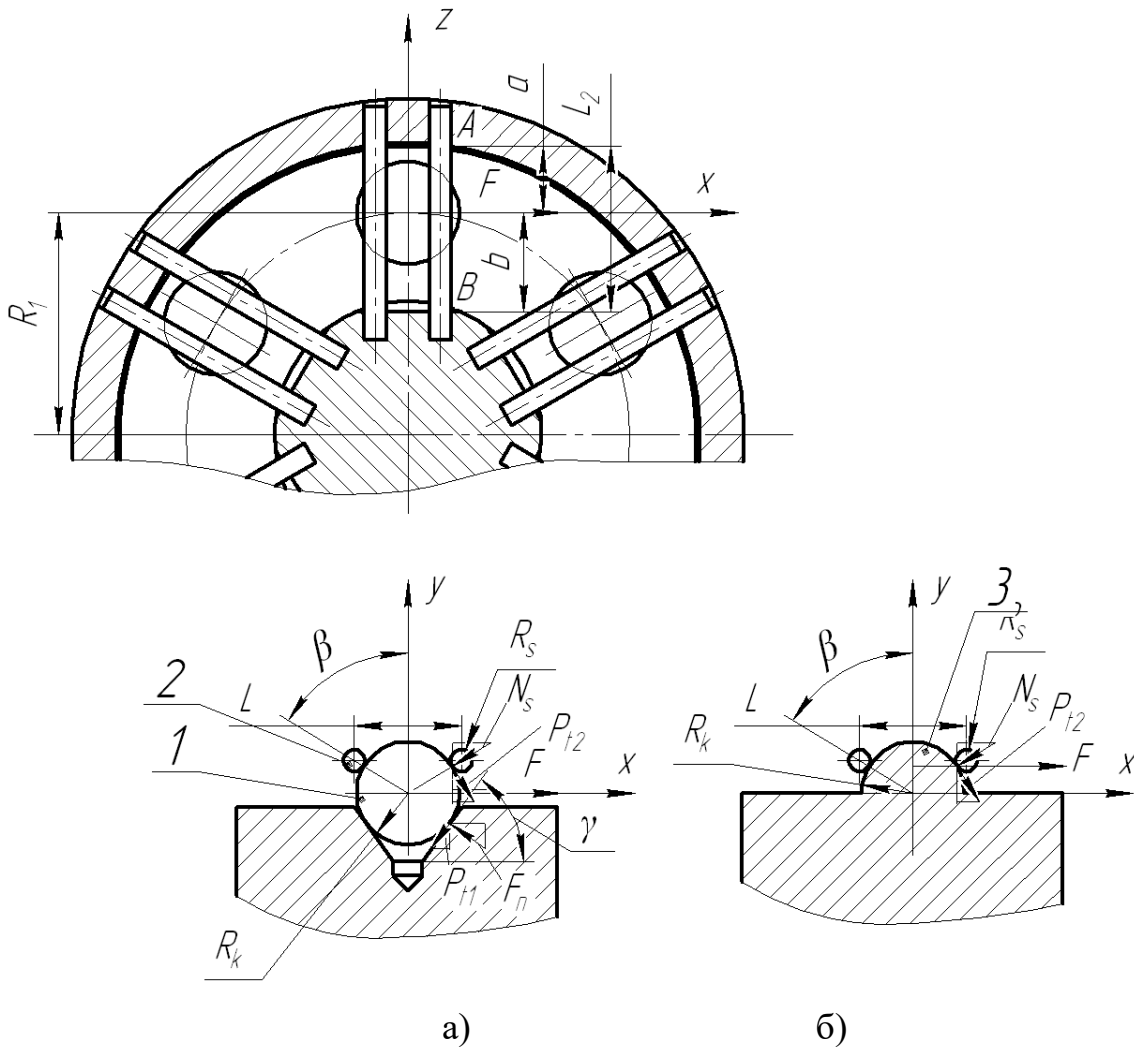


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема для визначення силових параметрів запобіжного патрона: а) при застосуванні кульок 2 б) при застосуванні радіусних виступів 3

Також запишемо рівняння рівноваги (рис. 2.2а) при контакті кульки 1 із пружними круглими стержнями 2 в проекції на вісь  $y$ :

$$F_n \cos \gamma - P_{t1} \sin \gamma - N_s \cos \beta - P_{t2} \sin \beta = 0, \quad (2.2)$$

Сили тертя між лункою та кулькою та між кулькою та пружним круглим стержнем визначаються залежностями:

$$P_{t1} = f_1 F_n; \quad (2.3)$$

$$P_{t2} = f_2 N_s, \quad (2.4)$$

де  $f_1$  – коефіцієнт тертя між поверхнями лунки та кульки;

$f_2$  – коефіцієнт тертя між поверхнями кульки та пружного круглого стержня.

Кут контакту між кулькою та пружним круглим стержнем відповідно до розрахункової схеми рис. 2.2 визначено за залежністю:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{L}{2(R_k + R_s)}\right), \quad (2.5)$$

де  $L$  – відстань між центрами пружних круглих стержнів, що взаємодіють із кулькою (знаходиться в межах:  $2R_s \leq L \leq 2(R_k + R_s)$ );

$R_k$  – радіус кульки;

$R_s$  – радіус поперечного перерізу пружного круглого стержня.

Із рівняння (2.1), враховуючи рівняння (2.3), (2.4) визначаємо колову силу  $F$ :

$$F = F_n (\sin \gamma - f_1 \cos \gamma) + N_s (\sin \beta + f_2 \cos \beta). \quad (2.6)$$

Із рівняння (2.2), враховуючи рівняння (2.3), (2.4) визначаємо нормальну силу взаємодії кульки із конічною лункою  $F_n$ :

$$F_n = \frac{N_s (\cos \beta - f_2 \sin \beta)}{\cos \gamma - f_1 \sin \gamma}. \quad (2.7)$$

Підставляємо рівняння (2.7) у рівняння (2.6):

$$F = N_s \left( \frac{(\cos \beta - f_2 \sin \beta)(\sin \gamma - f_1 \cos \gamma)}{\cos \gamma - f_1 \sin \gamma} + (\sin \beta + f_2 \cos \beta) \right). \quad (2.8)$$

Підставляючи рівняння (2.5) у рівняння (2.8), одержано:

$$F = N_s \left[ \frac{\left( \sqrt{1 - \frac{L^2}{4(R_k + R_s)^2}} - f_2 \frac{L}{2(R_k + R_s)} \right) (\sin \gamma - f_1 \cos \gamma)}{\cos \gamma - f_1 \sin \gamma} + \left( \frac{L}{2(R_k + R_s)} + f_2 \sqrt{1 - \frac{L^2}{4(R_k + R_s)^2}} \right) \right]. \quad (2.9)$$

Для визначення сили  $N_s$  пружної деформації круглого стержня розглянемо останній як балку закріплену на двох опорах (рис. 2.2).

Запишемо рівняння кутової деформації (2.10) та прогину (2.11) середньої лінії круглого стержня, використовуючи методом початкових параметрів [23]:

$$EI \frac{d y_1}{d x} = EI \Theta_0 + F_A \frac{x^2}{2} - N_s \frac{(x-a)^2}{2}; \quad (2.10)$$

$$EI y_1 = EI y_0 + EI \Theta_0 x + F_A \frac{x^3}{6} - N_s \frac{(x-a)^3}{6}. \quad (2.11)$$

де  $E$  – модуль пружності матеріалу круглого стержня;

$I$  – момент інерції поперечного січення круглого стержня;

$\Theta_0$  – початковий кут повороту балки;

$F_A$  – реакція в опорі  $A$ ;

$a$  – відстань від точки  $A$  до точки контакту між кулькою та круглим стержнем.

Враховуючи те, що в місцях кріплення деформація круглого стержня дорівнює нулю, рівняння (2.11) буде мати вигляд:

$$EI \Theta_A L_2 + F_A \frac{L_2^3}{6} - N_s \frac{(L_2 - a)^3}{6} = 0. \quad (2.12)$$

Реакція в опорі  $A$ :

$$F_A = \frac{N_s b}{L_2}, \quad (2.13)$$

де  $b$  - відстань від точки  $B$  до точки контакту між кулькою та круглим стержнем;  $b = L_2 - a$ .

$L_2$  - відстань між опорами стержня.

Початковий кут повороту стержня у точці  $A$ :

$$\Theta_A = \frac{-N_s b}{6EI L_2} (L_2^2 - b^2). \quad (2.14)$$

Враховуючи рівняння (2.14), рівняння (2.10) і (2.11) запишемо таким чином:

$$EI \frac{d y_1}{d x} = -\frac{N_s b}{6L_2} (L_2^2 - b^2) + \frac{N_s b x^2}{2L_2} - \frac{N_s (x - a)^2}{2}; \quad (2.15)$$

$$EI y_1 = -\frac{N_s b x}{6L_2} (L_2^2 - b^2) - \frac{N_s b x^3}{6L_2} - \frac{N_s (x - a)^3}{6}. \quad (2.16)$$

У точці з найбільшим прогином стержня кут повороту стержня дорівнює нулю, тому:

$$EI \frac{d y_1}{d x} = -\frac{N_s b}{6L_2} (L_2^2 - b^2) + \frac{N_s b x_1^2}{2L_2} = 0. \quad (2.17)$$

де  $x_1$  – координата точки максимального прогину.

Із рівняння (2.17) знаходимо:

$$x_1 = \sqrt{\frac{L_2^2 - b^2}{3}}. \quad (2.18)$$

Підставляючи рівняння (2.17) у рівняння (2.15) одержимо величину прогину круглого стержня:

$$f = \frac{N_s b L_2^2 \sqrt{3} \sqrt{\left(1 - \frac{b^2}{L_2^2}\right)^3}}{27EI}. \quad (2.19)$$

Із рівняння (2.19) визначаємо силу  $N_s$  пружної деформації круглого стержня:

$$N_s = \frac{27EI f}{b L_2^2 \sqrt{3} \sqrt{\left(1 - \frac{b^2}{L_2^2}\right)^3}}. \quad (2.19)$$

Момент інерції поперечного січення круглого стержня [23]:

$$I = \frac{\pi R_s^4}{4}. \quad (2.20)$$

Максимальний прогин круглого стержня при спрацюванні запобіжного механізму:

$$f = R_k (1 - \cos \beta); \quad (2.21)$$

$$f = R_k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{L^2}{4(R_k + R_s)^2}} \right). \quad (2.22)$$

Підставляючи рівняння (2.20) та (2.22) у рівняння (2.19), одержуємо:

$$N_s = \frac{27E\pi R_s^4 R_k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{L^2}{4(R_k + R_s)^2}} \right)}{4b L_2^2 \sqrt{3} \sqrt{\left(1 - \frac{b^2}{L_2^2}\right)^3}}. \quad (2.23)$$

На основі формули (2.23) побудовано графіки залежності сили  $N_s$  пружної деформації круглого стержня від радіуса кульки  $R_k$  (рис. 2.3) та від радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня (рис. 2.4).

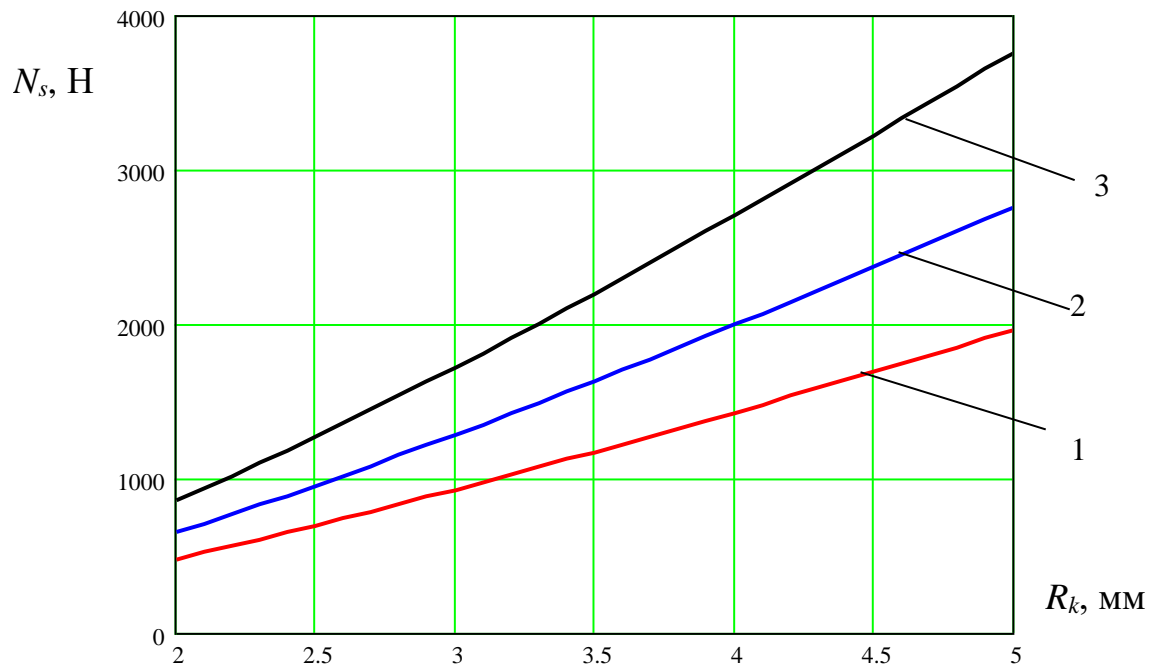


Рисунок 2.3 – Графіки залежності сили  $N_s$  пружної деформації круглого стержня від радіуса кульки  $R_k$ : 1 –  $R_s=1$ мм; 2 –  $R_s=1,1$ мм; 3 –  $R_s=1,2$ мм

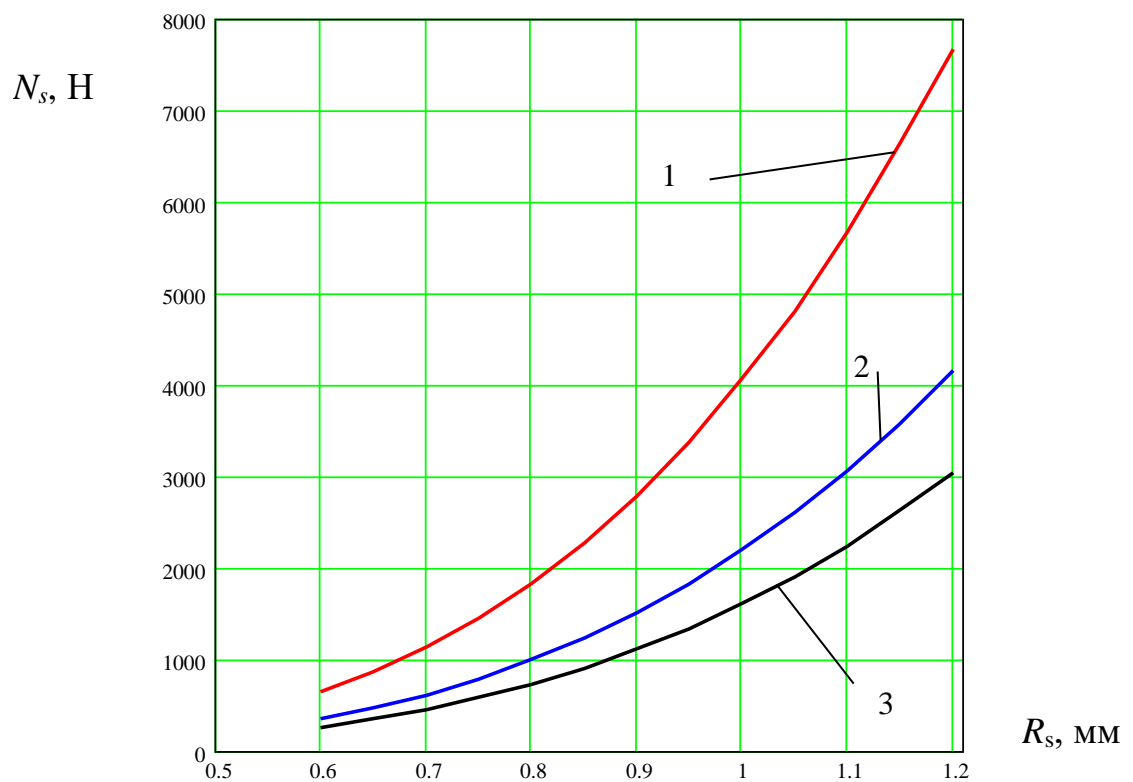


Рисунок 2.4 – Графіки залежності сили  $N_s$  пружної деформації круглого стержня від радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня: 1 –  $L_2=12$ мм; 2 –  $L_2=15$ мм; 3 –  $L_2=17$ мм

Із графіка на рис. 2.3 встановлено, що збільшення радіуса кульки  $R_k$  призводить до зростання сили  $N_s$  пружної деформації круглого стержня,

оскільки при більшому радіусі кульки виникає більший максимальний прогин круглого стержня при спрацюванні запобіжного механізму. Зокрема, для радіуса  $R_s=1\text{мм}$  поперечного перерізу пружного круглого стержня при збільшенні радіуса кульки  $R_k$  від 2 мм до 5 мм сила  $N_s$  зростає в 4,14 рази – від 473 Н до 1954 Н.

Із графіка на рис. 2.4 встановлено, що збільшення радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня призводить до зростання сили  $N_s$  пружної деформації круглого стержня, оскільки збільшується жорсткість стержня. Зокрема, для відстані між опорами стержня  $L_2=17\text{мм}$  при збільшенні радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня від 0,6 мм до 1,2 мм сила  $N_s$  зростає в 12,02 рази – від 252 Н до 3028 Н.

Підставляючи рівняння (2.23) у рівняння (2.9), одержуємо:

$$F = \left( \frac{\left( \sqrt{1 - \frac{L^2}{4(R_k + R_s)^2}} - f_2 \frac{L}{2(R_k + R_s)} \right) (\sin \gamma - f_1 \cos \gamma)}{\cos \gamma - f_1 \sin \gamma} + \left( \frac{L}{2(R_k + R_s)} + f_2 \sqrt{1 - \frac{L^2}{4(R_k + R_s)^2}} \right) \frac{27E\pi R_s^4 R_k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{L^2}{4(R_k + R_s)^2}} \right)}{4bL_2^2 \sqrt{3} \sqrt{\left( 1 - \frac{b^2}{L_2^2} \right)^3}} \right). \quad (2.24)$$

Для конструктивної схеми рис. 2.2б при контакті радіусного виступу 3 із пружними круглими стержнями 2  $F_n = 0$ . При цьому рівняння (2.6), (2.9) та (2.24) для визначення колової сили  $F$  набудуть вигляду:

$$F = N_s (\sin \beta + f_2 \cos \beta). \quad (2.25)$$

$$F = N_s \left( \frac{L}{2(R_k + R_s)} + f_2 \sqrt{1 - \frac{L^2}{4(R_k + R_s)^2}} \right). \quad (2.26)$$



$$F = \frac{27E\pi R_s^4 R_k \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{L^2}{4(R_k + R_s)^2}} \right)}{4bL_2^2 \sqrt{3} \sqrt{\left(1 - \frac{b^2}{L_2^2}\right)^3}} \left( \frac{L}{2(R_k + R_s)} + f_2 \sqrt{1 - \frac{L^2}{4(R_k + R_s)^2}} \right). \quad (2.27)$$

На основі формули (2.27) побудовано графіки залежності колової сили  $F$  від радіуса кульки  $R_k$  (рис. 2.5) та від радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня (рис. 2.6).

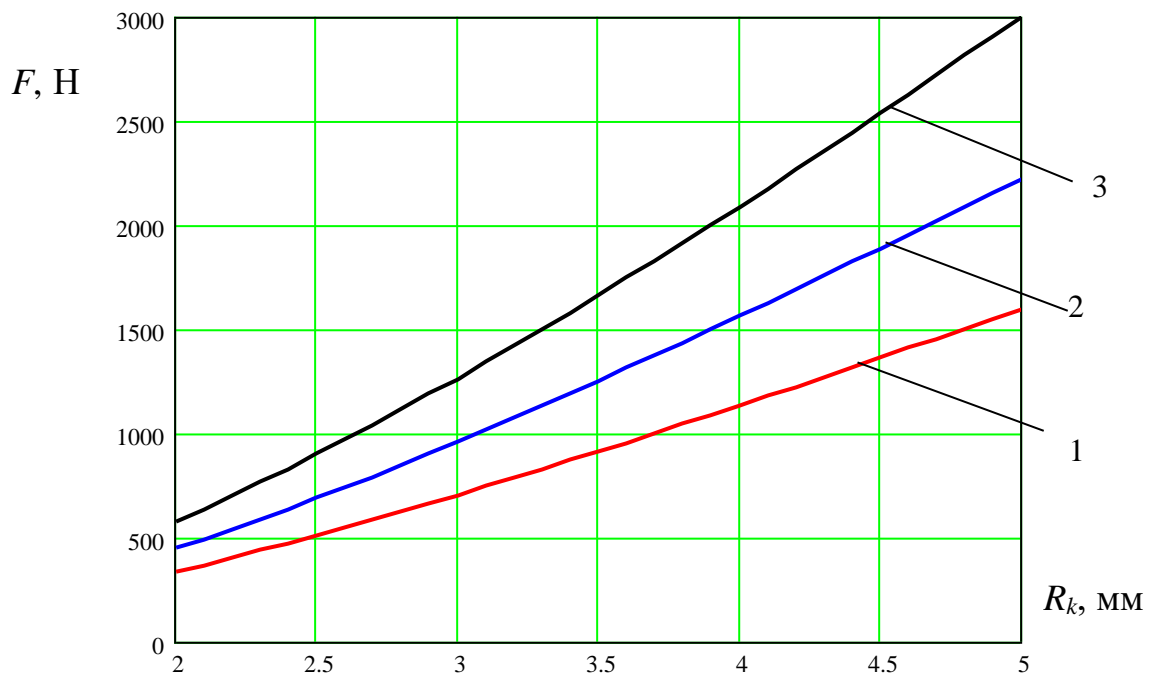


Рисунок 2.5 – Графіки залежності колової сили  $F$  від радіуса кульки  $R_k$ :  
1 –  $R_s=1$ мм; 2 –  $R_s=1,1$ мм; 3 –  $R_s=1,2$ мм

Із графіка на рис. 2.5 встановлено, що збільшення радіуса кульки  $R_k$  призводить до зростання колової сили  $F$ . Зокрема, для радіуса  $R_s=1$ мм поперечного перерізу пружного круглого стержня при збільшенні радіуса кульки  $R_k$  від 2 мм до 5 мм колова сила  $F$  зростає в 4,8 рази – від 332 Н до 1594 Н.

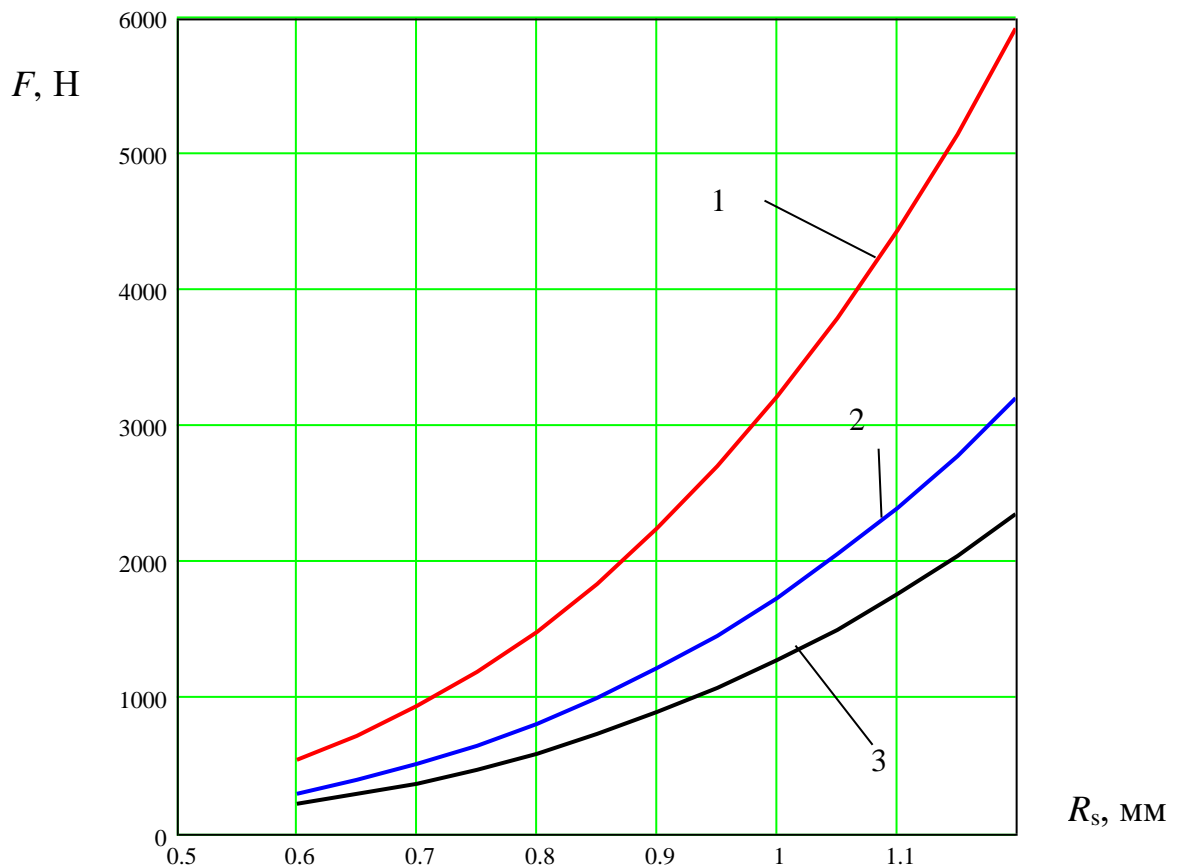


Рисунок 2.6 – Графіки залежності колової сили  $F$  від радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня:  
 1 –  $L_2=12$ мм; 2 –  $L_2=15$ мм; 3 –  $L_2=17$ мм

Із графіка на рис. 2.6 встановлено, що збільшення радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня призводить до зростання колової сили  $F$ . Зокрема, для відстані між опорами стержня  $L_2=17$ мм при збільшенні радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня від 0,6 мм до 1,2 мм колова сила  $F$  зростає в 11,09 рази – від 211 Н до 2340 Н.

Максимальний крутний момент  $M$  передачі патроном визначаємо за формулою:

$$M = nFR_1, \quad (2.28)$$

де  $n$  – кількість кульок у патроні;

$R_1$  - радіус розташування центрів кульок.

На основі формул (2.28) та (2.27) на рис. 2.7, 2.8, 2.9 побудовано графіки

залежності крутного моменту  $M$  передачі патроном від радіуса кульки  $R_k$ , радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня, відстані між опорами стержня  $L_2$ .

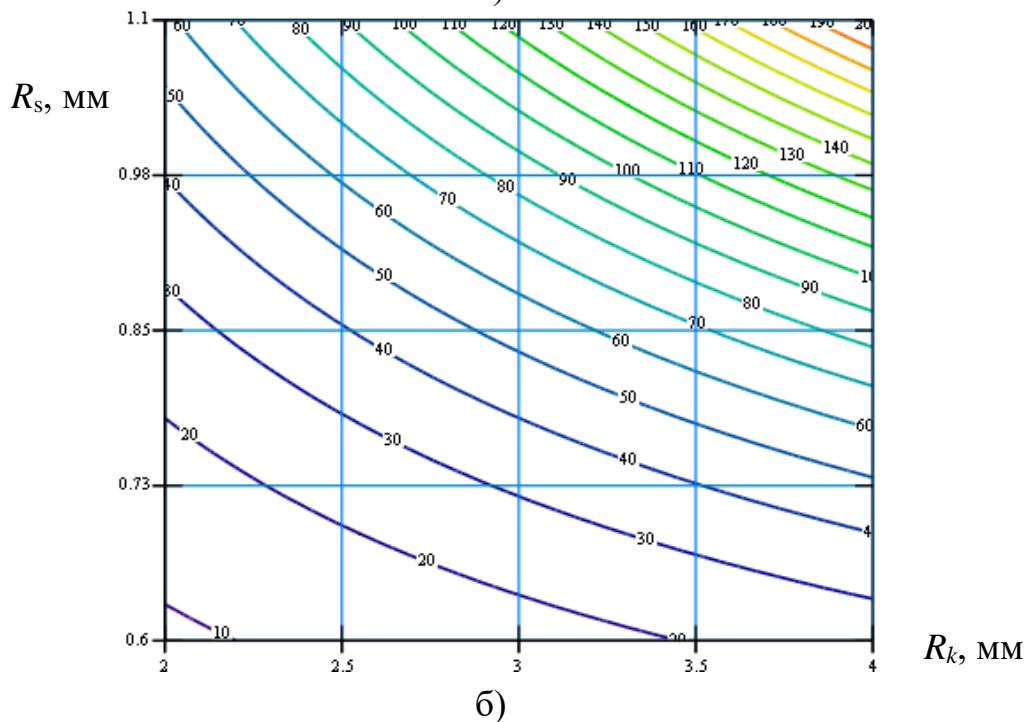
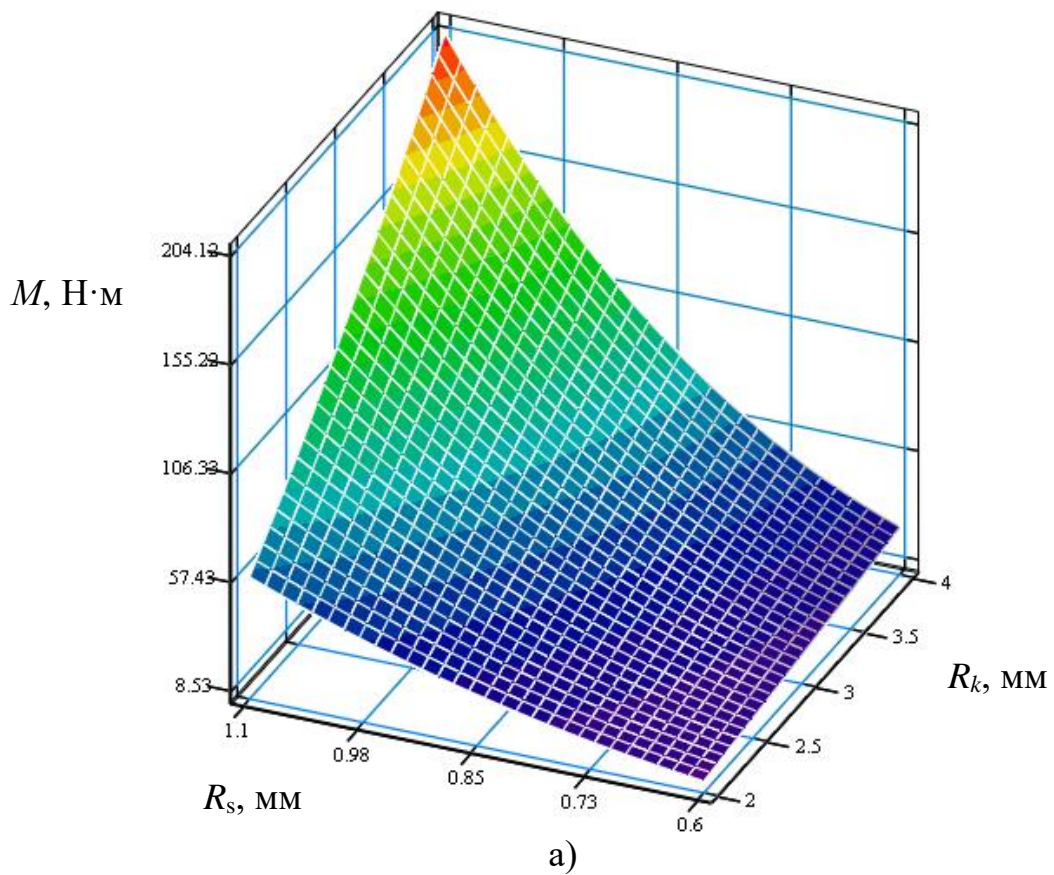
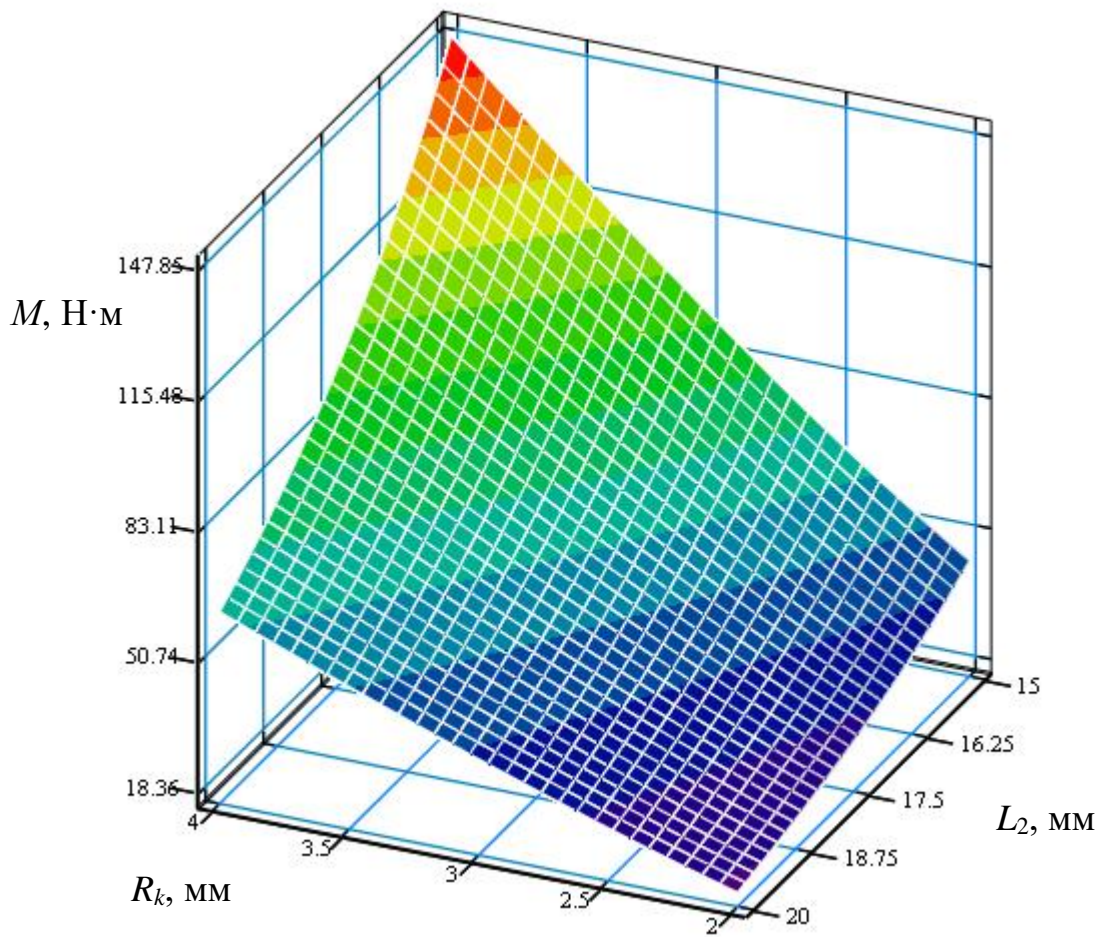
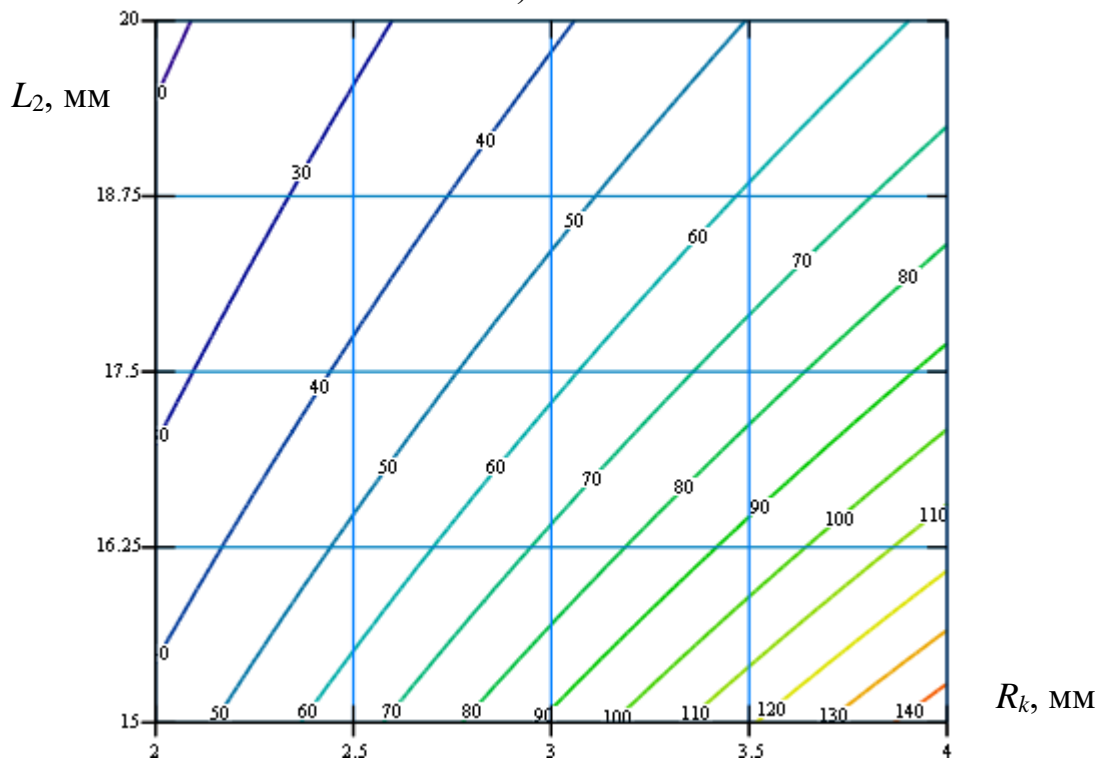


Рисунок 2.7 - Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності крутного моменту  $M$  передачі патроном від радіуса кульки  $R_k$  та радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня

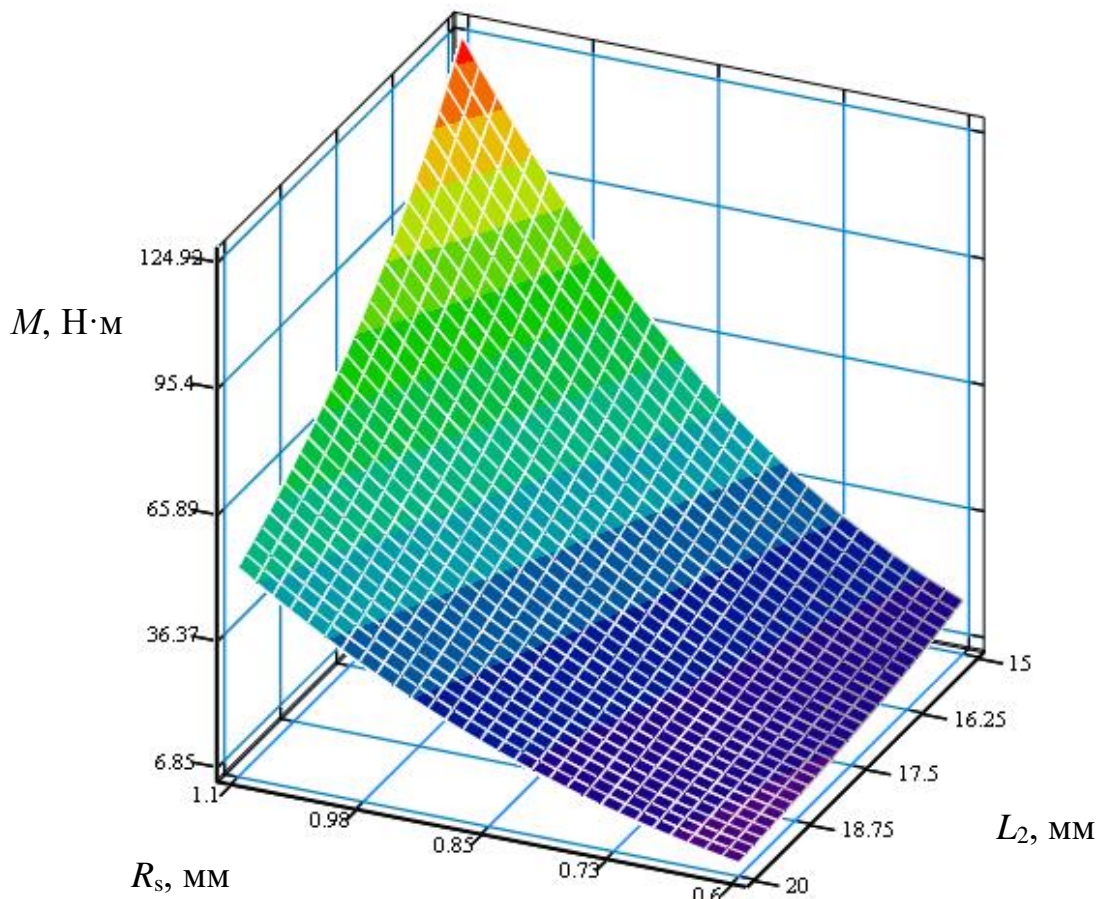


a)

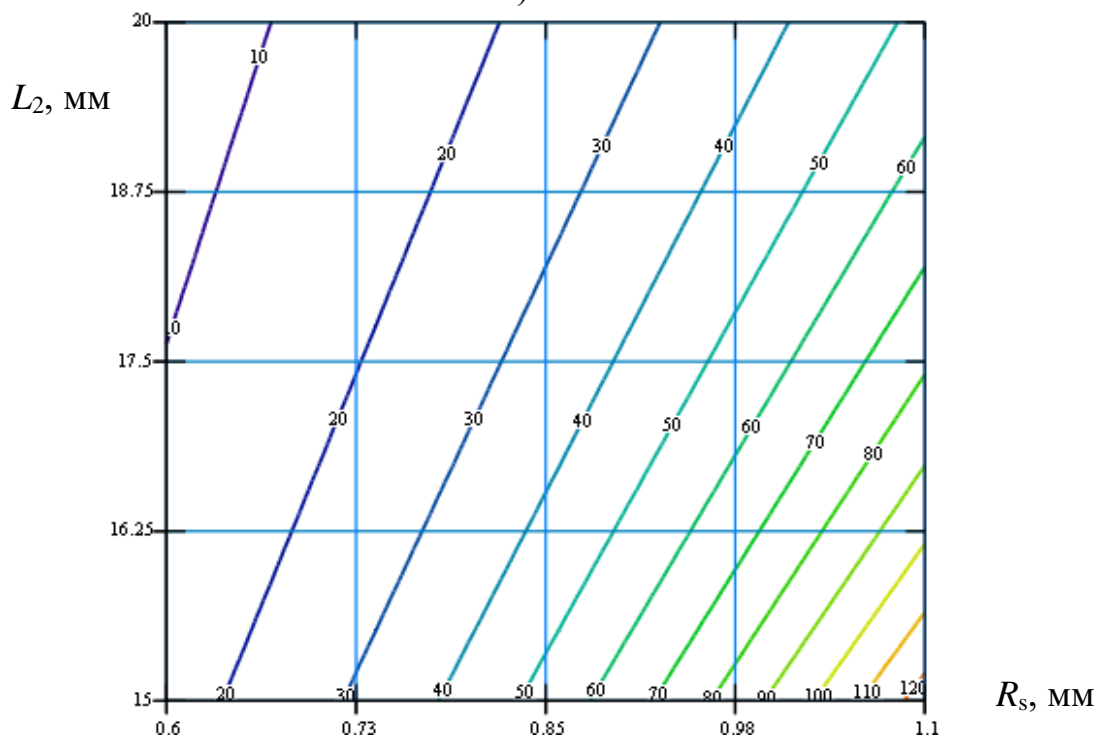


б)

Рисунок 2.8 - Поверхня відгуку (а) та двовірний переріз поверхні відгуку (б) залежності крутного моменту  $M$  передачі патроном від радіуса кульки  $R_k$  та відстані між опорами стержня  $L_2$



a)



б)

Рисунок 2.9 - Поверхня відгуку (а) та двомірний переріз поверхні відгуку (б) залежності крутного моменту  $M$  передачі патроном від радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня та відстані між опорами стержня  $L_2$

На основі аналізу графіків рис. 2.7 – 2.9 встановлено, що при збільшенні радіуса кульки  $R_k$  та радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня величина крутного моменту  $M$  передачі патроном зростає, а при збільшенні відстані між опорами стержня  $L_2$  величина крутного моменту  $M$  передачі патроном зменшується. Змінюючи радіус кульки  $R_k$  від 2 мм до 4 мм, радіус  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня від 0,6 мм до 1,1 мм та відстань між опорами стержня  $L_2$  від 15 мм до 20 мм, можна змінювати величину крутного моменту  $M$  передачі патроном від 6,85 Н·м до 204,12 Н·м.

## 2.2. Висновки

В розділі представлено конструктивну схему запобіжного патрона для осьових інструментів. Розроблено розрахункову схему для визначення силових параметрів для двох варіантів конструкції запобіжного патрона: із застосуванням кульок та із застосуванням радіусних виступів.

Виведено рівняння та побудовано графіки залежності сили пружної деформації круглого стержня від радіуса кульки та від радіуса поперечного перерізу пружного круглого стержня. Встановлено, що збільшення радіуса кульки призводить до зростання сили пружної деформації круглого стержня, оскільки при більшому радіусі кульки виникає більший максимальний прогин круглого стержня при спрацюванні запобіжного механізму. Зокрема, для радіуса  $R_s=1$ мм поперечного перерізу пружного круглого стержня при збільшенні радіуса кульки  $R_k$  від 2 мм до 5 мм сила  $N_s$  зростає в 4,14 рази – від 473 Н до 1954 Н.

Також встановлено, що збільшення радіуса поперечного перерізу пружного круглого стержня призводить до зростання сили пружної деформації круглого стержня, оскільки збільшується жорсткість стержня. Зокрема, для відстані між опорами стержня  $L_2=17$ мм при збільшенні радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня від 0,6 мм до 1,2 мм сила  $N_s$  зростає в 12,02 рази – від 252 Н до 3028 Н.

Встановлено взаємозв'язок між конструктивними та силовими параметрами запобіжного патрона, зокрема виведено аналітичні залежності для визначення колової сили  $F$  і крутного моменту  $M$  при роботі патрона. Побудовано графіки залежності колової сили  $F$  від радіуса кульки  $R_k$  та від радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня.

Встановлено, що збільшення радіуса кульки  $R_k$  призводить до зростання колової сили  $F$ . Зокрема, для радіуса  $R_s=1$ мм поперечного перерізу пружного круглого стержня при збільшенні радіуса кульки  $R_k$  від 2 мм до 5 мм колова сила  $F$  зростає в 4,8 рази – від 332 Н до 1594 Н. Також встановлено, що збільшення радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня призводить до зростання колової сили  $F$ . Зокрема, для відстані між опорами стержня  $L_2=17$ мм при збільшенні радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня від 0,6 мм до 1,2 мм колова сила  $F$  зростає в 11,09 рази – від 211 Н до 2340 Н.

Побудовано графіки залежності крутного моменту  $M$  передачі патроном від радіуса кульки  $R_k$ , радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня, відстані між опорами стержня  $L_2$ .

Встановлено, що при збільшенні радіуса кульки  $R_k$  та радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня величина крутного моменту  $M$  передачі патроном зростає, а при збільшенні відстані між опорами стержня  $L_2$  величина крутного моменту  $M$  передачі патроном зменшується. Змінюючи радіус кульки  $R_k$  від 2 мм до 4 мм, радіус  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня від 0,6 мм до 1,1 мм та відстань між опорами стержня  $L_2$  від 15 мм до 20 мм, можна змінювати величину крутного моменту  $M$  передачі патроном від 6,85 Н·м до 204,12 Н·м.

### 3 ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” 728144.012 входить до складу світлодіодного світильника, призначеного для загального освітлення адміністративно-громадських приміщень. Основне призначення деталі - взаємне розміщення і захист елементів світильника.

Основними поверхнями деталі “Корпус” 728144.012 є: зовнішня торцева поверхня  $17h14_{(-0,43)}$ ; Ra 12,8; зовнішня поверхня  $243\pm0,7$ ;  $129\pm0,6$ ; Rz 50 – призначені для правильного взаємного розміщення елементів конструкції виробу; криволінійний торцевий паз  $b=3H14^{(+0,3)}$ ;  $5\pm0,1$ ;  $233\pm0,2$ ; Ra 12,8 – призначений для встановлення в нього ущільнювача із розсіювачем світла; чотири глухих отвори  $\varnothing 2,5H12^{(+0,1)}$ ;  $l=6$ ;  $90\pm0,2$ ;  $150\pm0,2$ ;  $25\pm0,2$ ;  $71\pm0,2$ ; Ra 12,8 – для кріплення світлодіодних панелей саморізами; три глухих різевих отвори M4-7H;  $l=5$ ;  $220\pm0,2$ ;  $90\pm0,2$ ; Ra 6,7 – для кріплення розсіювача зі світлостабілізованого полікарбонату до корпусу; глухий отвір  $\varnothing 2,5H12^{(+0,1)}$ ;  $l=6$ ;  $20\pm0,1$ ; Ra 12,8 – для кріплення апаратури керування (драйвера) саморізом; два наскрізних отвори  $\varnothing 6H7^{(+0,012)}$ ;  $l=2$ ;  $200\pm0,2$ ; Ra 1,6 – для кріплення світильника; отвір  $\varnothing 12H14^{(+0,43)}$ ;  $l=2$ ;  $23\pm0,1$ ; Ra 12,8 – призначений для встановлення сальника.

Аналіз технічних вимог представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Аналіз технічних вимог

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Зовнішня поверхня $243\pm0,7$ ; $129\pm0,6$	7 клас	Rz 50
2	Зовнішня торцева поверхня $17h14_{(-0,43)}$	14	Ra 12,8
3	Криволінійний торцевий паз $b=3H14^{(+0,3)}$ ; $5\pm0,1$ ; $233\pm0,2$	14	Ra 12,8



Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
4-7, 12	П'ять глухих отворів $\varnothing 2,5H12^{(+0,1)}$ ; $l=6$ ; $90\pm 0,2$ ; $150\pm 0,2$ ; $25\pm 0,2$ ; $71\pm 0,2$	12	Ra 12,8
8-11, 13	П'ять внутрішніх фасок $0,5\times 45^\circ$ ; $90\pm 0,2$ ; $150\pm 0,2$ ; $25\pm 0,2$ ; $71\pm 0,2$	14	Ra 12,8
14, 15	Два глухих отвори $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=10$ ; $220\pm 0,2$ під різь М4-7Н;	12	Ra 6,7
16, 17	Дві внутрішні фаски $1,6\times 45^\circ$ ; $220\pm 0,2$	14	Ra 12,8
18, 19	Два глухих різевих отвори М4- 7Н; $l=5$ ; $220\pm 0,2$	12 (7)	Ra 6,7
20	Глухий отвір $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=10$ ; $220\pm 0,2$ під різь М4-7Н	12	Ra 6,7
21	Внутрішня фаска $1,6\times 45^\circ$ ; $220\pm 0,2$	14	Ra 12,8
22	Глухий різевий отвір М4-7Н; $l=5$ ; $220\pm 0,2$	12 (7)	Ra 6,7
23	Глухий отвір $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=10$ ; $90\pm 0,2$ під різь М4-7Н;	12	Ra 6,7
24	Внутрішня фаска $1,6\times 45^\circ$ ; $90\pm 0,2$	14	Ra 12,8
25	Глухий різевий отвір М4-7Н; $l=5$ ; $90\pm 0,2$	12 (7)	Ra 6,7
26	Глухий отвір $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=10$ ; $90\pm 0,2$ під різь М4-7Н;	12	Ra 6,7
27	Внутрішня фаска $1,6\times 45^\circ$ ; $90\pm 0,2$	14	Ra 12,8
28	Глухий різевий отвір М4-7Н; $l=5$ ; $90\pm 0,2$	12(7)	Ra 6,7
29	Наскрізний отвір $\varnothing 12H14^{(+0,43)}$ ; $l=2$ ; $23\pm 0,1$	14	Ra 12,8
30, 31	Два наскрізних отвори $\varnothing 6H7^{(+0,012)}$ ; $l=2$ ; $200\pm 0,2$	7	Ra 1,6
32, 33	Два глухих отвори $\varnothing 2,5H12^{(+0,1)}$ ; $l=5$ ; $133\pm 0,2$ ; $23\pm 0,2$	12	Ra 12,8
34, 35	Дві внутрішні фаски $0,5\times 45^\circ$ ; $133\pm 0,2$ ; $23\pm 0,2$	14	Ra 12,8
36	Глухий отвір $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=7$ ; $6\pm 0,1$ під різь М4-7Н;	12	Ra 6,7
37	Внутрішня фаска $1\times 45^\circ$ ; $6\pm 0,1$	14	Ra 12,8
38	Глухий різевий отвір М4-7Н; $l=5$ ; $90\pm 0,2$	12 (7)	Ra 6,7

Закінчення таблиці 3.1

1	2	3	4
39	Глухий отвір $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=7$ ; $12\pm 0,1$ під різь М4-7Н;	12	Ra 6,7
40	Внутрішня фаска $1\times 45^\circ$ ; $12\pm 0,1$	14	Ra 12,8
41	Глухий різевий отвір М4-7Н; $l=5$ ; $90\pm 0,2$	12 (7)	Ra 6,7

### 3.2. Вибір способу одержання заготовки

Деталь “Корпус” 728144.012 виготовляється із алюмінієвого сплаву АК12, що має хороші ливарні властивості. Тому розглянуто такі способи одержання заготовки:

- 1) лиття під тиском;
- 2) лиття в піщані форми.

Для розрахунку маси заготовки використано формулу:

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

$q = 0,37$  кг – маса деталі;

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

Для розрахунку припусків заготовки використано узагальнені в результаті аналізу дані із таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Припуски деталі “Корпус” 728144.012

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 під тиском				
Зовнішня поверхня 243	Rz50	1,4	Не підлягає механічній обробці	$243\pm 0,7$

Закінчення таблиці 3.2

1	2	3	4	5
Зовнішня поверхня 129	Rz50	1,2	Не підлягає механічній обробці	129±0,6
Зовнішня торцева поверхня 17h14 <sub>(-0,43)</sub>	Ra 12,8	0,8	1,0	18±0,4
Наскрізний отвір Ø12H14 <sub>(+0,43)</sub>	Ra 12,8	0,7	1,0 × 2 = 2,0	Ø10±0,35
2) лиття в піщані форми				
Зовнішня поверхня 243	Rz50	5,6	Не підлягає механічній обробці	243±2,8
Зовнішня поверхня 129	Rz50	5,0	Не підлягає механічній обробці	129±2,5
Зовнішня торцева поверхня 17h14 <sub>(-0,43)</sub>	Ra 12,8	3,2	4,2	21,2±1,6

Ескізи запропонованих варіантів литих заготовок представлено на рис. 3.1, 3.2.

Визначаємо об'єми припусків запропонованих варіантів литих заготовок:

- лиття під тиском:

$$V_{\text{пр1}} = 1176,92 \cdot 5 \cdot 2 = 11796,2 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = 2628,87 \cdot 2 \cdot 1 = 5257,74 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (12^2 - 10^2) \cdot 2}{4} = 6,28 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 2}{4} = 113,04 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 6}{4} = 117,75 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 5}{4} = 24,53 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = 5 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 10}{4} = 628 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 7}{4} = 175,84 \text{ мм}^3.$$

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

$$\begin{aligned} \sum V_{\text{пр}_1} &= 11796,2 + 5257,74 + 6,28 + 113,04 + 117,75 + 24,53 + 628 + 175,84 = \\ &= 18119,38 \text{ мм}^3 = 18,12 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

- лиття в піщані форми:

$$V_{\text{пр1}} = 1176,92 \cdot 5 \cdot 2 = 11796,2 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = 2628,87 \cdot 2 \cdot 4,2 = 22082,51 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot 12^2 \cdot 2}{4} = 226,08 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 6^2 \cdot 2}{4} = 113,04 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 6}{4} = 117,75 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot 2,5^2 \cdot 5}{4} = 24,53 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = 5 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 10}{4} = 628 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 7}{4} = 175,84 \text{ мм}^3.$$

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

$$\begin{aligned} \sum V_{\text{пр}_2} &= 11796,2 + 22082,51 + 226,08 + 113,04 + 117,75 + 24,53 + 628 + 175,84 = \\ &= 35163,95 \text{ мм}^3 = 35,16 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Загальні маси припусків:

– лиття під тиском:

$$m_{\text{пр1}} = 18,12 \cdot 2,6 = 47,11 \text{ г} = 0,047 \text{ кг.}$$

– лиття в піщані форми:

$$m_{\text{пр2}} = 35,16 \cdot 2,6 = 91,42 \text{ г} = 0,091 \text{ кг.}$$

Визначаємо маси заготовок:

– лиття під тиском:

$$Q_1 = 0,37 + 0,047 = 0,417 \text{ кг.}$$

– лиття в піщані форми:

$$Q_2 = 0,37 + 0,091 = 0,461 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

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

– лиття під тиском:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,37}{0,417} = 0,89.$$

– лиття в піщані форми:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,37}{0,461} = 0,8.$$

В результаті аналізу в умовах середньосерійного типу виробництва деталі “Корпус” 728144.012 вибрано спосіб одержання заготовки - литво під тиском.

### 3.3. Формування технологічного процесу

Здійснено проектування технологічного процесу механічної обробки деталі “Корпус” 728144.012.

005 Програмна з ЧПК

1. Фрезерувати остаточно торець 2, витримуючи розмір  $17_{-0,43}$ .
2. Центрувати десять отворів 4-7, 12, 14, 15, 20, 23, 26 та технологічний

отвір послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 1,1^{+0,10}$ ;  $\varnothing 2,14^{+0,12}$ ; 1,3;  $0,97^{+0,06}$ ;  $90\pm 0,2$ ;  $150\pm 0,2$ ;  $25\pm 0,2$ ;  $71\pm 0,2$ ;  $220\pm 0,2$ ;  $90\pm 0,2$ .

3. Свердлити технологічний отвір, витримуючи розміри  $\varnothing 3^{+0,18}$ ;  $l=5\pm 0,1$ .

4. Фрезерувати торцевий криволінійний паз 3 по контуру по програмі, витримуючи розміри  $b=3^{+0,3}$ ;  $5\pm 0,1$ ;  $233\pm 0,2$ .

5. Свердлити п'ять отворів 4-7, 12 з одночасним формуванням п'яти фасок 8-11, 13 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 2,5^{+0,1}$ ;  $l=6$ ;  $0,5\times 45^\circ$ ;  $90\pm 0,2$ ;  $150\pm 0,2$ ;  $25\pm 0,2$ ;  $71\pm 0,2$ .

6. Свердлити п'ять отворів 14, 15, 20, 23, 26 під різь М4-7Н з одночасним формуванням п'яти фасок 16, 17, 21, 24, 27 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ;  $l=10$ ;  $1,6\times 45^\circ$ ;  $220\pm 0,2$ ;  $90\pm 0,2$ .

7. Нарізати різь 18, 19, 22, 25, 28 в п'яти глухих отворах послідовно по програмі, витримуючи розміри М4-7Н;  $l=5$ ;  $220\pm 0,2$ ;  $90\pm 0,2$ .

8. Свердлити два отвори 30, 31 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 5,5^{+0,12}$ ;  $l=2$ ;  $200\pm 0,2$ .

9. Розвернути попередньо два отвори 30, 31 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 5,891^{+0,03}$ ;  $l=2$ ;  $200\pm 0,2$ .

10. Розвернути остаточно два отвори 30, 31 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 6^{+0,012}$ ;  $l=2$ ;  $200\pm 0,2$ .

11. Перевірити розміри:  $17_{-0,43}$ ;  $b=3^{+0,3}$ ;  $5\pm 0,1$ ;  $233\pm 0,2$ ;  $\varnothing 2,5^{+0,1}$ ;  $l=6$ ;  $90\pm 0,2$ ;  $150\pm 0,2$ ;  $25\pm 0,2$ ;  $71\pm 0,2$ ;  $0,5\times 45^\circ$ ;  $1,6\times 45^\circ$ ; М4-7Н;  $l=5$ ;  $90\pm 0,2$ ;  $\varnothing 6^{+0,012}$ ;  $l=2$ ;  $200\pm 0,2$ .

Контроль 30%.

Операція 010 Свердлильна з ЧПК.

1. Центрувати два отвори 32, 33 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 1,1^{+0,10}$ ;  $\varnothing 2,14^{+0,12}$ ; 1,3;  $0,97^{+0,06}$ ;  $133\pm 0,2$ ;  $23\pm 0,2$ .

2. Свердлити два отвори 32, 33 з одночасним формуванням двох фасок 34, 35, витримуючи розміри  $\varnothing 2,5H12^{(+0,1)}$ ;  $l=5$ ;  $133\pm 0,2$ ;  $23\pm 0,2$ ;  $0,5\times 45^\circ$ .

3. Розсвердлити отвір 29, витримуючи розміри  $\varnothing 12^{+0,43}$ ;  $l=2$ ;  $23\pm 0,1$ .

4. Перевірити розміри:  $\varnothing 2,5H12^{(+0,1)}$ ;  $l=5$ ;  $133\pm 0,2$ ;  $23\pm 0,2$ ;  $0,5\times 45^\circ$ ;  $\varnothing 12^{+0,43}$ ;

l=2; 23±0,1.

Контроль 30%.

Операція 015 Вертикально-свердлильна.

1. Свердлити отвір 36 з одночасним формуванням фаски 37, витримуючи розміри  $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; l=7; 6±0,1; 1×45°.

2. Перевірити розміри:  $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; l=7; 6±0,1; 1×45°.

Операція 020 Вертикально-свердлильна

1. Свердлити отвір 39 з одночасним формуванням фаски 40, витримуючи розміри  $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; l=7; 6±0,1; 1×45°.

2. Перевірити розміри:  $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; l=7; 6±0,1; 1×45°.

Операція 025 Різенарізна.

1. Нарізати різь 38 в глухому отворі, витримуючи розміри М4-7Н; l=5; 129±0,2.

2. Перевірити розміри: М4-7Н.

Операція 030 Різенарізна.

1. Нарізати різь 41 в глухому отворі, витримуючи розміри М4-7Н; l=5; 21,3±0,2.

2. Перевірити розміри: М4-7Н.

Операція 035 Контроль.

### 3.4. Визначення припусків на оброблення

Результати оформлено у вигляді таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахункові припуски деталі “Корпус” 728144.012

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Зовнішня торцева поверхня 17h14 <sub>(-0,43)</sub>					
Фрезерування торцевою фрезою	14	Ra12,8	0,62	1,0	17 <sub>-0,43</sub>

Закінчення таблиці 3.4

Заготовка	7-мий кл.	R <sub>z</sub> 50	0,8	–	18±0,4
Наскрізний отвір Ø12H14 <sup>(+0,43)</sup> ; l=2; 23±0,1					
Розсвердлювання	14	Ra12,8	0,43	1,0 × 2 = 2,0	Ø12 <sup>+0,43</sup>
Заготовка	7-мий кл.	R <sub>z</sub> 50	0,7	–	Ø10±0,35
Криволінійний торцевий паз b=3H14 <sup>(+0,3)</sup> ; 5±0,1; 233±0,2					
Фрезерування кінцевою фрезою	14	Ra12,8	0,3	3	3 <sup>+0,3</sup>
Заготовка	7-мий кл.	Rz50	–	–	Суцільний матеріал

Габаритні розміри заготовки: 243±0,7 × 129±0,6 × 25±0,4.

Схема розташування припусків та допусків для поверхні Ø6H7 представлена на рис. 3.3.

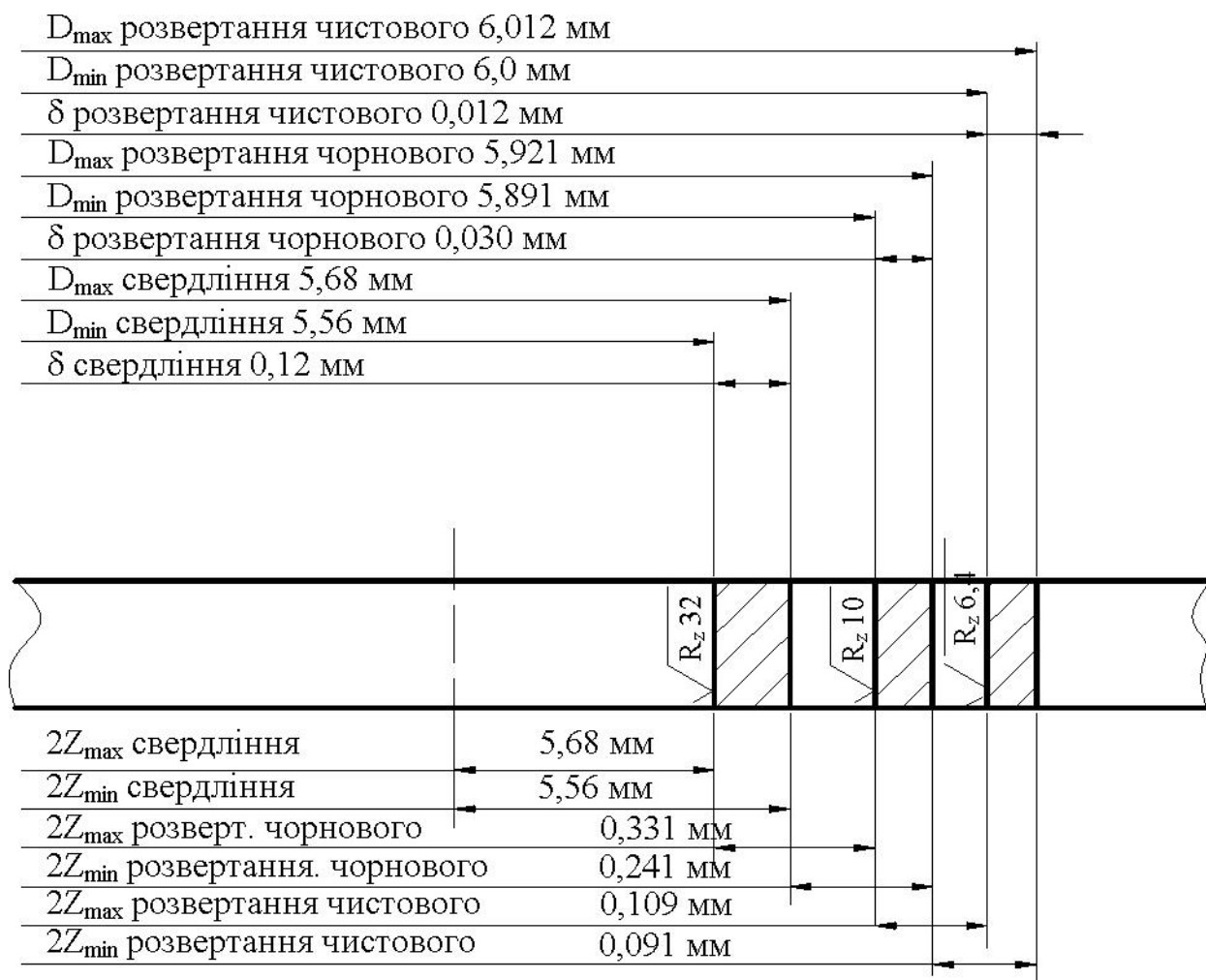


Рисунок 3.3 – Схема розташування припусків та допусків для поверхні Ø6H7







Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Розвернути остаточно два отвори 30, 31 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 6^{+0,012}$ ; $l=2$ ; $200\pm 0,2$	0,0545	12	2	34	0,2	662	12,7	134	0,18	0,07
Операція 010. Свердлильна з ЧПК										
Перехід 2 Центрувати два отвори 32, 33 послідовно по програмі, витримуючи розміри $\varnothing 1,1^{+0,10}$ ; $\varnothing 2,14^{+0,12}$ ; $1,3$ ; $0,97^{+0,06}$ ; $133\pm 0,2$ ; $23\pm 0,2$	0,5	5,27	2	18	0,12	1404	13,9	169	0,063	0,15
Перехід 3 Свердлити два отвори 32, 33 з одночасним формуванням двох фасок 34, 35, витримуючи розміри $\varnothing 2,5^{+0,1}$ ; $l=5$ ; $133\pm 0,2$ ; $23\pm 0,2$ ; $0,5\times 45^\circ$	1,25	8,5	2	14	0,12	1404	11,2	169	0,1	0,02
Перехід 4 Розсвердлити отвір 29, витримуючи розміри $\varnothing 12^{+0,43}$ ; $l=2$ ; $23\pm 0,1$	1,0	8	1	34	0,6	504	18,88	302	0,03	0,1
Операція 015 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердлити отвір 36 з одночасним формуванням фаски 37, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=7$ ; $6\pm 0,1$ ; $1\times 45^\circ$	1,65	11	1	18	0,16	2004	20,9	324	0,034	0,03
Операція 020 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердлити отвір 39 з одночасним формуванням фаски 40, витримуючи розміри $\varnothing 3,3^{+0,16}$ ; $l=7$ ; $6\pm 0,1$ ; $1\times 45^\circ$	1,65	11	1	18	0,16	2002	20,9	324	0,034	0,03

Закінчення таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Операція 025 Різенарізна										
Перехід 2 Нарізати різь 38 в глухому отворі, витримуючи розміри М4-7Н; l=5; 90±0,2	0,606	14,1	1	14	0,7	642	8,1	449	0,031	0,05
Операція 030 Різенарізна										
Перехід 2 Нарізати різь 41 в глухому отворі, витримуючи розміри М4-7Н; l=5; 90±0,2	0,606	14,1	1	14	0,7	642	8,1	449	0,031	0,05

Результати розрахунку технічних норм часу технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 728144.012 подано у таблиці 3.6 та на графіку завантаження обладнання (рис. 3.4).

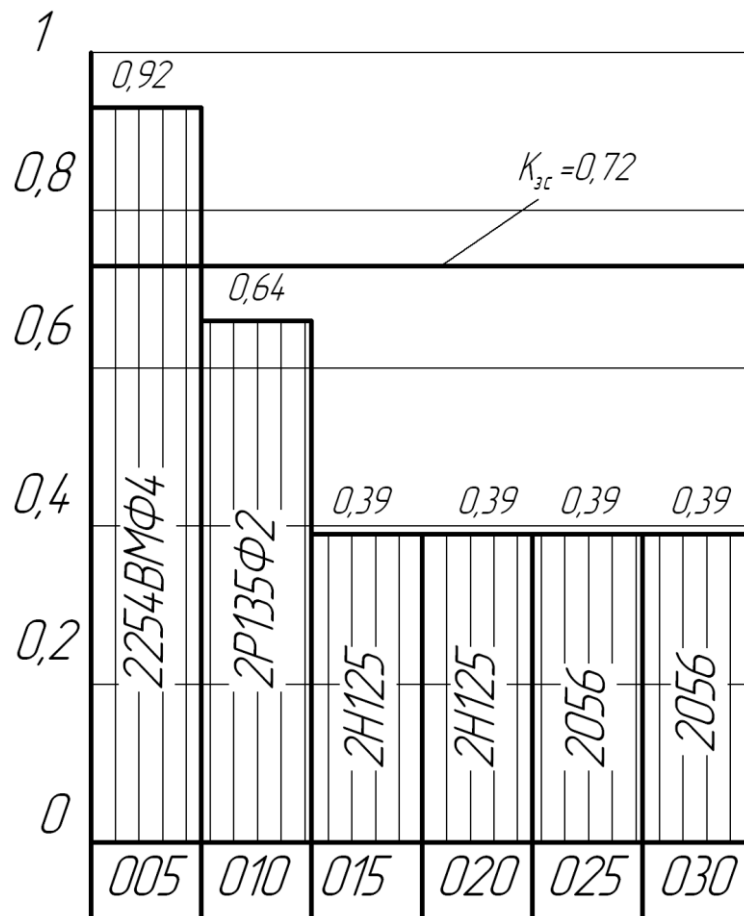


Рисунок 3.4 – Графік завантаження обладнання

Таблиця 3.6 – Норми часу на механічну обробку деталі “Корпус”  
728144.012

Номер та назва операції	T <sub>о</sub> , хв	Допоміжний час, T <sub>д</sub> хв			T <sub>оп</sub> , хв	Час обслуговування, T <sub>об</sub> , хв			T <sub>шт.</sub> , хв.	T <sub>п.з.</sub> , хв.	п, шт	T <sub>шт.к.</sub> , хв
		T <sub>у</sub>	T <sub>пер</sub>	T <sub>вим</sub>		T <sub>тех.об</sub>	T <sub>орг.об</sub>	T <sub>відп</sub>				
005 Програмна з ЧПК	2,732	0,1	0,84	0,56	6,69	0,94			7,63	59,14	580	7,73
010 Свердлильна з ЧПК	0,193	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–		0,77
015 Вертикально-свердлильна	0,034	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–		0,48
020 Вертикально-свердлильна	0,034	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–		0,48
025 Різенарізна	0,031	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–		0,48
030 Різенарізна	0,031	0,1	–	–	–	–	–	–	–	–		0,48

### 3.6. Розрахунок пристосування

Для обробки деталі “Корпус” 728144.012 на 005 програмній з ЧПК операції розроблено спеціальний пристрій. Базування заготовки здійснюється у пристосуванні на призму 23 по радіусній зовнішній поверхні R128 і на базу 24 – торцевою плоскою поверхнею з пневмозатиском штовхачем через важільний передавально-підсилюючий механізм.

Креслення пристрою представлено у графічній частині роботи.

Похибку установки заготовки у пристрої визначено за відомою формулою [20]:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\Delta \varepsilon_6^2 + \Delta \varepsilon_3^2 + \Delta \varepsilon_{пр}^2} \cdot \quad (3.4)$$

Розглядаючи схему базування заготовки та конструкцію пристосування, встановлено, що похибка радіального базування  $\Delta\varepsilon_{6.1}$  визначається за формулою [20]:

$$\Delta\varepsilon_{6.1} = 0,5TD \frac{1}{\sin \alpha}, \quad (3.5)$$

де TD – допуск на розмір бази R128h14<sub>(-1,0)</sub>, TD = 1,0 мм.

$\alpha$  – кут установчої призми, при  $2\alpha = 120^\circ$ ,  $\alpha = 60^\circ$ .

Тоді, 
$$\Delta\varepsilon_{6.1} = 0,5 \cdot 1,0 \frac{1}{\sin 60^\circ} = 0,577 \text{ мм} = 577 \text{ мкм}.$$

Похибка базування в осьовому напрямку дорівнює допуску торцевої поверхні  $18 \pm 0,4$  :  $\Delta\varepsilon_{6.2} = 0,8 \text{ мм}$ .

Похибка закріплення заготовки складе  $\Delta\varepsilon_3 = 80 \text{ мкм}$ .

Похибка пристосування  $\Delta\varepsilon_{\text{пр}} = 0,04 \text{ мм}$ .

Підставляємо дані у формулу (3.4) та одержуємо:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{\Delta\varepsilon_6^2 + \Delta\varepsilon_3^2 + \Delta\varepsilon_{\text{пр}}^2} = \sqrt{0,577^2 + 0,08^2 + 0,04^2} = 0,584 \text{ мм}.$$

Визначення сили затиску заготовки проведено при свердлінні двох отворів 30, 31 послідовно по програмі, витримуючи розміри  $\varnothing 5,5^{+0,12}$ ;  $l=2$ ;  $200 \pm 0,2$ , коли виникає максимальний крутний момент на 005 програмній з ЧПК операції. Різальний інструмент – свердло СС  $\varnothing 5,5A$   $L=93$  ГОСТ 10902-77.

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

Відповідно до розрахункової схеми рис. 3.5 із рівняння рівноваги моментів знаходимо необхідну силу затиску заготовки:

$$P_3 = \frac{K \cdot M_{\text{кр}} \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{D_3 \cdot f_2}, \quad (3.5)$$

де  $f_2=0,16$  – коефіцієнт тертя між поверхнями заготовки та призми;

$\alpha = 120^\circ$ ;

$D_3=256$  мм.

Момент різання при свердлінні отвору  $\varnothing 5,5$ мм [16]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.6)$$

де  $C_M = 0,005$ ;  $y = 0,8$ ;  $q = 2,0$  [16].

$D = 5,5$  мм;

$S = 0,16$  мм/об;

$K_p = 1,0$ .

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,005 \cdot 5,5^{2,0} \cdot 0,16^{0,8} \cdot 1,0 = 0,35 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$K = 2,59$ .

Із формули (3.5) визначаємо силу затиску заготовки:

$$P_3 = \frac{2,59 \cdot 0,35 \cdot \sin \frac{120}{2}}{0,256 \cdot 0,16} = 19,16 \text{ Н}.$$

Сила штовхання на штоці пневмоциліндра [20]:

$$F = 0,785 \cdot (D_{ц}^2 - d_{шт}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.7)$$

$$F = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,02^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2689,2 \text{ Н}.$$

Сила затиску заготовки від пневмоциліндра через передавально-підсилюючий важільний механізм [20]::

$$W = \frac{F_{шт.тяг.}}{\text{tg}(\beta + \gamma) + f_3 + f_4} \cdot \frac{l_1}{l_2} \cdot \eta, \quad (3.8)$$

де  $\gamma=30^\circ$ ;  $f_3=0,16$ ;  $f_4=0,1$ ;  $l_1 = 50$  мм;  $l_2 = 43$  мм;  $\eta = 0,9$ .

Кут тертя в шарнірах [20]:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{f \cdot d}{L}\right), \quad (3.9)$$

де  $f=0,16$ ;  $d=10$  мм;  $L=83$  мм.

$$\beta = \arcsin\left(\frac{0,16 \cdot 10}{83}\right) = 1,1 \text{ град.}$$

$$\text{Тоді } W = \frac{2689,2}{\text{tg}(30 + 1,1) + 0,16 + 0,1} \cdot \frac{50}{43} \cdot 0,9 = 3260 \text{ Н.}$$

Оскільки  $W = 3260 \text{ Н} > P_{\text{зат}} = 19,16 \text{ Н}$ , то вимога надійного закріплення заготовки забезпечується.



## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1. Аналіз потенційних небезпек верстату чи обладнання, що проектується**

В умовах діяльності людини значна кількість аварій і травм виникає внаслідок конструктивних недоліків машин, механізмів, обладнання, інструменту, захисних та запобіжних пристроїв, а також через недосконалість технологічних процесів засобів захисту людей.

Час існування машини визначається такими стадіями: науково-дослідницькі роботи; дослідно-конструкторські роботи; технологічні роботи; виробництво (виготовлення) машини; постачання замовнику (продаж) – експлуатація.

На кожній з цих стадій повною мірою повинні враховуватись вимоги безпеки до конструкції машини чи технічного виробу. Якщо на стадії науково-дослідницьких розробок формуються технічні вимоги до виконання дослідно-конструкторських робіт, то на стадії останніх створюється конструкція машини. При цьому вже повинні бути враховані правила безпеки при експлуатації машини відповідно до різних можливих аварійних, катастрофічних і травмонебезпечних ситуацій. За таких умов конструктори можуть передбачати виникнення таких явищ і вносити відповідні зміни у конструкцію машини, що проектується.

Реалізація конструкторських рішень, закладених у машину, забезпечується розробкою технологічних процесів, технічною підготовкою виробництва і виробничими процесами виготовлення. Технічні рішення щодо запобігання можливих аварійних та інших ситуаціях мають паралельно втілюватись у процеси виготовлення та доводки конструкції машини.

Подальші стадії циклу існування машини – постачання споживачу і експлуатація – повинні забезпечити збереження всіх властивостей, закладених конструкторами і технологами при проектуванні, підготовці до виробництва виготовленні виробу в машинобудівному виробництві.

Непродуманість конструкторами і технологами упаковки виробів (що забезпечило б збереження на стадії постачання та продажу), технології навантажування, транспортування та розвантажування, складування, зберігання і передпродажного обслуговування, а також недотримання існуючих правил виконання цих процесів, як правило, призводять до погіршення конструкції виробів. У свою чергу, порушення правил експлуатації машин викликає їх передчасне спрацювання, руйнування та старіння, що є причиною різних небезпечних ситуацій. В процесі експлуатації техніки визначаються такі основні конструкторсько-технологічні недосконалості: недотримання вимог до конструкцій машин щодо безпеки і гігієни праці, єдиних і загальних вимог до конструкцій автомобілів, тракторів, сільськогосподарських машин, вимог до робочого місця оператора машини, нормативних рівнів вібрацій і шуму на робочих місцях, вимог до електроустановок і посудин, що працюють під тиском, до будови пневмопроводів, зовнішніх освітлювальних приладів самохідних машин, попереджувальних написів на огорожах, фарбування огорожень, захисту машин від виникнення на них електричного струму, забезпечення ручних електрифікованих машин живленням від джерела струму напругою не вище 36 В і обладнання їх заземлення, забезпечення електричних нагрівників води запобіжними пристроями; підвищені рівні шуму та вібрацій на робочих місцях; невідповідність фарбового покриття машини та її складових частин залежно від їх функціонального призначення (фарбування нерухомих і обертових деталей однаково замість відмінного); відсутність пристроїв для захисту обслуговуючого персоналу від дії рухомих деталей; відсутність попереджувальних написів; неякісна конструкція упаковки, що спричиняє поломку опорних складових частин, деформацію корпусів приводів ланцюгових та інших передач і їх поломку, потрапляння пилу та інших забруднень у гідросистему через незахищені отвори трубок, що призводить до підвищеного спрацювання, заклинювання деталей гідросистем і само опускання начіпних машин і знарядь.

Виробниче і побутове обладнання має задовольняти вимоги безпеки при

монтажі, експлуатації, ремонті, транспортуванні й зберіганні, при використанні окремо або у складі комплексів і технологічних систем. У процесі експлуатації воно не повинно забруднювати викидами шкідливих речовин навколишнє середовище (повітря, ґрунт, водойми) понад норми, регламентовані стандартами.

Безпека виробничого і побутового обладнання має гарантуватися: вибором принципів дії, конструктивних схем, безпечних елементів конструкції тощо; застосуванням у конструкції засобів механізації, автоматизації, дистанційного керування і засобів захисту; дотриманням ергономічних вимог; включенням вимог безпеки у технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування і зберігання; застосуванням у конструкції відповідних матеріалів. Виробниче та побутове обладнання повинно бути пожежо- та вибухобезпечним. При експлуатації не повинно створювати небезпеки внаслідок дії вологи, сонячної радіації, механічних коливань, високих та низьких тисків і температур, агресивних речовин, вітрових навантажень, обледеніння, мікроорганізмів, грибів, комах тощо. Протягом усього терміну експлуатації воно має відповідати вимогам безпеки.

Відповідно до загальних вимог необхідно дотримуватися таких правил розробки основних елементів конструкцій: матеріали, що використовуються в конструкції виробничого та побутового обладнання, повинні бути безпечними і нешкідливими. Не допускається використовувати нові речовини і матеріали, які не пройшли гігієнічну перевірку, а також перевірку на пожежобезпеку в установленому порядку.

## **4.2. Підвищення стійкості виробничих об'єктів**

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

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

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

На першому етапі дослідження аналізують стійкість і уразливість його елементів в умовах надзвичайних ситуацій, а також оцінюють небезпеку виходу з ладу чи руйнування елементів, чи всього об'єкта в цілому. На цьому етапі аналізують: надійність устаткування і технологічних комплексів; наслідки аварій окремих систем виробництв; розповсюдження вибухової хвилі по території підприємства під час вибухів посудин, комунікацій, ядерних зарядів; розсівання речовин, що звільняються під час надзвичайних ситуацій; можливість вторинного утворення токсичних, пожежо- і вибухонебезпечних сумішей тощо

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

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

Дослідження стійкого функціонування об'єкта починається задовго до початку його експлуатації. На стадії проектування це якоюсь мірою робить проєктант. Таке саме дослідження об'єкта проводиться відповідними службами на стадії технічних, економічних, екологічних та інших видів експертиз. Кожна реконструкція чи розширення об'єкта також потребує нових досліджень щодо його стійкості. Отже, дослідження стійкості — це не одноразова дія, а

тривалий, динамічний процес, який потребує постійної уваги з боку керівництва, технічного персоналу, служб цивільної оборони.

Будь-який виробничий об'єкт містить наземні будівлі і споруди основного і допоміжного виробництва, складські приміщення та приміщення адміністративно-побутового призначення. У будинках та спорудах основного і допоміжного виробництва розміщується типове технологічне обладнання, мережі газо-, тепло-, електропостачання. Між собою приміщення і споруди з'єднані мережею внутрішнього транспорту, мережею енергоносіїв і системами зв'язку й управління. На території виробничих об'єктів можуть бути розташовані споруди автономних систем електро- і водопостачання, а також окремі технологічні пристрої, що знаходяться окремо від інших будівель і споруд. Будинки і споруди побудовані за типовими проектами з уніфікованих матеріалів. Проекти виробництва виконуються за єдиними нормами технологічного проектування, що зумовлює середній рівень щільності забудови (звичайно 30—60 %). Все це дає підстави вважати, що для всіх об'єктів, незалежно від профілю виробництва і призначення, характерні загальні чинники, що впливають на стійкість об'єкта, його роботу в умовах НС.

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

(лісові масиви — джерела пожеж; водні об'єкти — можливі транспортні комунікації, вогнеогороджуючі зони і одночасно джерела повеней та ін.).

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

Під час вивчення стійкості об'єкта дають характеристику будинкам основного і допоміжного виробництва, а також будинкам, які не беруть участь у виробництві основної продукції у випадках НС. Визначають основні особливості їх конструкції, технічні відомості, поверховість, розміри, вид каркасу, стикові заповнення, світові прорізи, покрівлю, перекриття, ступень зношення, вогнетривкість будинків, кількість робітників і службовців, які одночасно працюють у приміщеннях (найбільша робоча зміна), наявність убудованих в будинок сховищ чи сховищ, які знаходяться поблизу від основних будинків, наявність в будинках засобів евакуації та їх пропускну здатність.

Під час оцінки внутрішнього планування території об'єкта визначається хинники прогнозування наслідків таких процесів: витікання тяжких і легких газів чи токсичного диму; розсіювання продуктів горіння у внутрішніх приміщеннях; пожежі цистерн, колодязів, фонтанів; нагрівання і випаровування рідини в басейнах та місткостях; вплив на людину продуктів горіння та інших хімічних речовин; радіаційного теплообігу під час пожеж; утворення ударної хвилі в результаті вибухів пари, посудин, що працюють під тиском, вибухів у зачинених і відчинених приміщеннях; розповсюдження полум'я в будинках і спорудах об'єкта тощо.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі представлено конструктивну схему запобіжного патрона для осьових інструментів. Розроблено розрахункову схему для визначення силових параметрів для двох варіантів конструкції запобіжного патрона: із застосуванням кульок та із застосуванням радіусних виступів.

Виведено рівняння та побудовано графіки залежності сили пружної деформації круглого стержня від радіуса кульки та від радіуса поперечного перерізу пружного круглого стержня. Встановлено, що збільшення радіуса кульки призводить до зростання сили пружної деформації круглого стержня, оскільки при більшому радіусі кульки виникає більший максимальний прогин круглого стержня при спрацюванні запобіжного механізму. Зокрема, для радіуса  $R_s=1\text{мм}$  поперечного перерізу пружного круглого стержня при збільшенні радіуса кульки  $R_k$  від 2 мм до 5 мм сила  $N_s$  зростає в 4,14 рази – від 473 Н до 1954 Н.

Також встановлено, що збільшення радіуса поперечного перерізу пружного круглого стержня призводить до зростання сили пружної деформації круглого стержня, оскільки збільшується жорсткість стержня. Зокрема, для відстані між опорами стержня  $L_2=17\text{мм}$  при збільшенні радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня від 0,6 мм до 1,2 мм сила  $N_s$  зростає в 12,02 рази – від 252 Н до 3028 Н.

Встановлено взаємозв'язок між конструктивними та силовими параметрами запобіжного патрона, зокрема виведено аналітичні залежності для визначення колової сили  $F$  і крутного моменту  $M$  при роботі патрона. Побудовано графіки залежності колової сили  $F$  від радіуса кульки  $R_k$  та від радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня.

Встановлено, що збільшення радіуса кульки  $R_k$  призводить до зростання колової сили  $F$ . Зокрема, для радіуса  $R_s=1\text{мм}$  поперечного перерізу пружного круглого стержня при збільшенні радіуса кульки  $R_k$  від 2 мм до 5 мм колова сила  $F$  зростає в 4,8 рази – від 332 Н до 1594 Н. Також встановлено, що

збільшення радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня призводить до зростання колової сили  $F$ . Зокрема, для відстані між опорами стержня  $L_2=17$ мм при збільшенні радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня від 0,6 мм до 1,2 мм колова сила  $F$  зростає в 11,09 рази – від 211 Н до 2340 Н.

Побудовано графіки залежності крутного моменту  $M$  передачі патроном від радіуса кульки  $R_k$ , радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня, відстані між опорами стержня  $L_2$ .

Встановлено, що при збільшенні радіуса кульки  $R_k$  та радіуса  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня величина крутного моменту  $M$  передачі патроном зростає, а при збільшенні відстані між опорами стержня  $L_2$  величина крутного моменту  $M$  передачі патроном зменшується. Змінюючи радіус кульки  $R_k$  від 2 мм до 4 мм, радіус  $R_s$  поперечного перерізу пружного круглого стержня від 0,6 мм до 1,1 мм та відстань між опорами стержня  $L_2$  від 15 мм до 20 мм, можна змінювати величину крутного моменту  $M$  передачі патроном від 6,85 Н·м до 204,12 Н·м.

Розроблено технологічний процес виготовлення корпусу 728144.012.



## 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. Öztürk T., Sarıaya E., Weigold M. Sensor-integrated tap holder for process uncertainty detection based on tool vibration and axial length compensation sensors. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2021. 117. p. 1905–1914.
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. SCHUNK GmbH & Co. KG: iTendo2. [https://schunk.com/de\\_de/startseite/itendo2/#c296959](https://schunk.com/de_de/startseite/itendo2/#c296959)
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. Шманін А.К., Козишкурт В.В., Кицкай Н.І. Дослідження шорсткості циліндричної поверхні після вигладжування. Матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів "Актуальні задачі сучасних технологій": 6-7 грудня 2023 р.: тези доп. Тернопіль: вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023. С. 45.
18. Öztürk T., Weigold M.. A contribution to the dynamics of the tapping process: analytically estimated and measured instantaneous eigenfrequencies of the tapping tool. *Production Engineering*. 2023. 17. p. 613–624.
19. <https://www.machiii.com/>
20. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.
21. Гагалюк А. В. Підвищення якості оброблення циліндричних поверхонь деталей машин з використанням спорядження з передавально-підсилюючими елементами. Дисертація на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних за спеціальністю 05.02.08 «Технологія машинобудування». Тернопіль, 2011. 177 с.

22. Ryo Matsuda, Masatoshi Shindou, Toshiki Hirogaki, Eiichi Aoyama. Monitoring of Rotational Vibration in Tap and Endmill Processes with a Wireless Multifunctional Tool Holder System. *Int. J. of Automation Technology*. 2018. Vol. 12. No. 6. p. 876-882.

23. Писаренко Г. С., Яковлев А. П., Матвеев В. В. Справочник по сопротивлению материалов. Київ: Наукова думка, 1988. 736 с.

24. Ivan Nevko, 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.

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

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

27. Ляшук О.Л., Дячун А.Є., Третьяков О.Л. Дослідження деформації заготовки в процесі нарізання зовнішніх радіусних канавок пристроєм із декількома різцями. *Перспективні технології та прилади. Зб. наук. праць. Луцьк*, 2018. Вип. 12. С. 105-110.

28. Ляшук О.Л., Дячун А.Є., Клендій В.М., Третьяков О.Л. Дослідження силових параметрів процесу зміцнення гвинтових поверхонь робочих органів деформуючими пуансонами. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. Івано-Франківськ*, 2018. № 1 (66). С. 38-43.

29. Дячун А.Є., Дзюра В.О., Клендій В.М., Третьяков О.Л. Дослідження методом 3d сканування шорсткості гвинтових поверхонь після процесу ударного зміцнення. *Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. Луцьк*, 2017. №38. С. 66-74.