

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
штока 1788-2729/002 пневмоциліндра

Виконав: студент IV курсу, групи МПс-41
спеціальності 131 “Прикладна механіка”

(шифр і назва спеціальності)

Квас О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Дячун А.Є.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Дячун А.Є.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Розроблення технологічного процесу механічного оброблення штока 1788-2729/002 пневмоциліндра” студента групи МПс-41 Кваса О.П. Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Дячун А.Є.

Мета роботи - вдосконалення базового технологічного процесу механічного оброблення штока 1788-2729/002 для середньосерійного типу виробництва.

У першій частині проведено аналіз технологічності конструкції штока. За переглянутими якісними і кількісними показниками деталь “Шток” 1788-2729/002 є технологічною. Вивчено креслення і технічні вимоги до деталі. Проведено аналіз базового технологічного процесу виготовлення штока 1788-2729/002, що відповідає дрібносерійному типу виробництву. Зокрема, технологічний маршрут переважно орієнтований на застосування універсального металорізального обладнання, при цьому рівень автоматизації виробничих операцій є обмеженим, що впливає на продуктивність процесу та тривалість виробничого циклу. Базування і закріплення заготовок у процесі механічного оброблення здійснюється за допомогою універсальних та спеціалізованих технологічних пристроїв із ручним приводом затискних механізмів.

Для річної програми випуску 5000 шт., що відповідає середньосерійному типу виробництва, у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, що сприяють підвищенню продуктивності праці та автоматизації виробничих процесів.

У другій частині проведено порівняння способів виготовлення заготовок штока. Застосування способу формування заготовки деталі “Шток” 1788-2729/002 штампуванням на горизонтально-кувальній машині дозволяє забезпечити вищий коефіцієнт використання матеріалу ніж вільним куванням на молотах, тому для проектування технологічного процесу виготовлення деталі вибрано спосіб одержання заготовки штампуванням на горизонтально-

кувальній машині У процесі розроблення технологічного маршруту виконано вибір металорізального обладнання, різальних та вимірювальних інструментів, визначено величини припусків на обробку, розраховано режими різання та встановлено технічно обґрунтовані норми часу. Проведено проектування технологічного процесу механічної обробки деталі, що забезпечує досягнення заданих показників якості поверхонь.

У третій частині для послідовного оброблення за програмою отворів деталі “Шток” 1788-2729/002 на 025 свердлильній з ЧПК операції виконано проектування спеціалізованого затискного пристрою.

У четвертій частині розглянуто питання охорони праці.

ЗМІСТ

Вступ	
1 Загально-технічна частина	
1.1. Службове призначення деталі	
1.2. Аналіз технічних вимог деталі.....	
1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	
1.4. Аналіз базового технологічного процесу.....	
1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу.....	
2 Технологічна частина	
2.1. Визначення типу виробництва.....	
2.2. Вибір способу одержання заготовки.....	
2.3. Вибір технологічних баз.....	
2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі.....	
2.5. Визначення припусків на оброблення.....	
2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу.....	
3 Конструкторська частина	
3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі.....	
3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі.....	
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	
4.1. Вимоги безпеки праці під час експлуатації свердлильних та токарних верстатів.....	
4.2. Планування заходів з охорони праці та контроль за дотриманням вимог безпеки виробничого середовища ..	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі внесено зміни у базовий технологічний процес механічного оброблення штока 1788-2729/002 для умов середньосерійного типу виробництва. “Шток” 1788-2729/002 є складовою частиною пневмоциліндра, що використовується для створення приводного лінійного руху та зусилля для різних важільних та клинових механізмів, за рахунок перетворення тиску повітря, що подається у циліндр. Деталь виготовляється із сталі 45.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Шток” 1788-2729/002 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Річна програма випуску деталей відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, спрямовані на підвищення продуктивності праці та автоматизації виробничих процесів: для формування центрувальних отворів та зовнішніх торців штока доцільно впровадити першу операцію фрезерно-центрувальну; операції проточування зовнішніх циліндричних поверхонь, підрізання торців, нарізання кільцевих канавок та різьби виконувати на токарному верстаті з ЧПК; оброблення восьми отворів доцільно здійснювати на свердлильному верстаті з ЧПК; для свердління отворів із одночасним утворенням фасок доцільно використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Шток” 1788-2729/002 є складовою частиною пневмоциліндра, що використовується для створення приводного лінійного руху та зусилля для різних важільних та клинових механізмів, за рахунок перетворення тиску повітря, що подається у циліндр. Основне функціональне призначення штока полягає у забезпеченні передачі лінійних навантажень від поршня пневматичного приводу, а також у створенні базової поверхні для встановлення та фіксації рухомих елементів пневмоциліндра. Конструкція штока повинна мати достатню жорсткість, точність взаємного розташування поверхонь в умовах циклічного навантаження та змінного тиску повітря, що подається у пневмоциліндр.

До основних поверхонь деталі, за допомогою яких виконується кріплення рухомих деталей пневмоциліндра належать: зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 20h6_{(-0,011)}$; $Ra0,8$ – для центрування та приєднання поршня пневмоциліндра з ущільнювачами; $\varnothing 20h8_{(-0,027)}$; $Ra1,6$ – для встановлення штока у напрямній втулці циліндра з ущільнювачем; шість отворів з різьбою M6-7H; 60° ; $Ra6,3$ – для приєднання поршня гвинтами; зовнішня різьба M10-8g; $Ra6,3$ – для загвинчування гайки фіксації приводного важеля механізму; квадратна зовнішня поверхня $\square 12h12_{(-0,15)}$; $l=12$ – для встановлення приводного важеля механізму; канавка зовнішня $b=2,4H14$; $\varnothing 8h14$; 45° – для виходу інструменту, що використовується для формування різьби M10-8g; два центрових отвори $\varnothing 4H14$; $\varnothing 8,5H14$ В4 ДСТУ ISO 2540:2018 – базові поверхні для механічного оброблення штока.

Інші поверхні, зокрема торці, канавки, фаски виконують допоміжні функції для кріплення та базування рухомих елементів пневмоциліндра.

Деталь “Шток” 1788-2729/002, відповідно до вимог робочого креслення,

передбачено виготовляти зі сталі 45 ДСТУ 7809:2015. Аналогами є сплави С45, С45Е, 1.0503 (Євросоюз), AISI 1045 (США). Застосування сталі 45 для виготовлення штока пневмоциліндра є доцільним, оскільки даний матеріал характеризується достатнім рівнем міцності, зносостійкості та доброю оброблюваністю різанням. У процесі експлуатації шток сприймає значні осьові навантаження та працює в умовах циклічної дії сил, що вимагає від матеріалу високої механічної надійності й опору деформаціям. Крім того, сталь 45 добре піддається термічному зміцненню, що дозволяє підвищити твердість і довговічність робочих поверхонь деталі, забезпечуючи стабільність експлуатаційних характеристик пневмоциліндра.

У таблицях 1.1 та 1.2 наведено детальні відомості щодо хімічного складу сталі 45, а також результати механічних випробувань, які характеризують його міцність, твердість, пластичність та інші фізико-механічні показники.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015, %

C	Si	Mn	P	Cr	S	Cu	Ni	As
не більше								
0,42-0,5	0,17-0,37	0,50-0,8	0,035	0,25	0,04	0,25	0,25	0,08

Таблиця 1.2 – Результати механічних випробувань сталі 45 ДСТУ 7809:2015

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	ρ , г/см ³	a_n , Дж/см ²	НВ	
не менше						гарячекатаної	відпаленої
350	610	16	40	7,8	55	217	175

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

З метою удосконалення базового технологічного процесу виготовлення деталі «Шток» 1788-2729/002 виконано аналіз технічних вимог, зокрема параметрів якості оброблюваних поверхонь. У процесі аналізу встановлено вимоги щодо точності розмірів і параметрів шорсткості, після чого поверхням деталі присвоєно відповідні номери, результати чого систематизовано в таблиці 1.3.

Проведений аналіз використано як вихідну інформаційну основу для обґрунтування раціональних методів механічного оброблення, визначення послідовності виконання технологічних операцій, а також вибору технологічних баз, необхідних для забезпечення заданих показників точності виготовлення. За результатами опрацювання поверхні деталі «Шток» 1788-2729/002 систематизовано та пронумеровано з метою розроблення раціонального маршруту механічної обробки, що наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні вимоги до поверхонь деталі “Шток” 1788-2729/002

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1,2	Зовнішня фаска $1 \times 45^\circ$	14	Ra6,3
3,4	Два отвори $\varnothing 8H14^{(+0,36)}$	14	Ra6,3
5	Торець $12h14_{(-0,43)}$	14	Ra6,3
6,7	Два центрувальних отвори $\varnothing 4H14$; $\varnothing 8,5H14$	14	Ra12,5
8	Зовнішня поверхня з різьбою M10-8g; $l=10$	12	Ra6,3
9-14	Шість фасок $1 \times 45^\circ$	14	Ra12,5
15	Циліндрична поверхня $\varnothing 20h6_{(-0,013)}$; $142h14_{(-1,0)}$	6	Ra0,8
16	Торець $240h14_{(-1,15)}$	14	Ra6,3
17	Канавка $\varnothing 15h11_{(-0,11)}$; $12h14_{(-0,43)}$	11	Ra6,3
18-23	Шість отворів $\varnothing 4,95^{+0,26}$ для формування різьби M6-7H; $l=12$; $\varnothing 56 \pm 0,12$; $\varnothing 46 \pm 0,12$	14	Ra6,3
24	Квадратна поверхня $\square 12h12_{(-0,18)}$; $l=12$	12	Ra6,3
25	Циліндрична поверхня $\varnothing 77h14_{(-0,74)}$; $l=12$	14	Ra6,3
26-31	Шість поверхонь з різьбою M6-7H; $l=12$	12	Ra6,3
32	Циліндрична поверхня $\varnothing 9,85_{(-0,26)}$; $l=10$ під різьбу M10-8g	14	Ra6,3
33	Циліндрична поверхня $\varnothing 20h8_{(-0,033)}$; $240h14_{(-1,15)}$	8	Ra1,6
34, 35	Торець $262h14_{(-1,3)}$	14	Ra6,3
36	Канавка $b=2,4H14$; $\varnothing 8h14$; 45°	14	Ra12,5

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

При аналізі технологічності деталі «Шток» 1788-2729/002 враховано річну програму випуску 5000 шт., яку можна досягти в межах середньосерійного типу виробництва.

Конструкція деталі «Шток» 1788-2729/002 характеризується конструктивною простотою та достатнім рівнем технологічності, що не потребує внесення змін або конструктивного спрощення навіть за умови зміни типу виробництва. Геометрична форма та конфігурація поверхонь забезпечують можливість ефективної реалізації механічного оброблення із застосуванням типових технологічних рішень.

Для виготовлення деталі використовується вуглецева якісна сталь 45 згідно з ДСТУ 7809:2015, механічні та експлуатаційні характеристики якої відповідають вимогам міцності, зносостійкості та надійності в умовах роботи виробу. Отримання заготовки передбачено методом штампування на горизонтально-кувальній машині, що є технічно та економічно обґрунтованим рішенням з урахуванням марки матеріалу, конструктивних особливостей деталі, експлуатаційних навантажень і заданого типу виробництва. Додатково такий спосіб забезпечує підвищення коефіцієнта використання матеріалу та зменшення обсягу механічного оброблення.

На початкових етапах технологічного процесу передбачено формування центрових отворів В4 відповідно до ДСТУ ISO 2540:2018, які в подальшому використовуються як технологічні бази для забезпечення точності взаємного розташування поверхонь. Крім цього, базування здійснюється за зовнішніми циліндричними та торцевими поверхнями, що сприяє підвищенню стабільності встановлення заготовки.

Конструкція деталі не містить важкодоступних або складнооброблюваних поверхонь, які потребували б застосування спеціальних або високовартісних методів оброблення. Усі функціональні поверхні є доступними для механічного оброблення та технічного контролю, що спрощує виконання операцій контролю

якості. Завдяки достатній жорсткості деталі забезпечується мінімізація деформацій у процесі оброблення та можливість використання високопродуктивного спеціалізованого обладнання й технологічного оснащення.

Як основне технологічне обладнання доцільно використовувати токарний та свердлильні верстати з ЧПК, фрезерно-центрувальний, горизонтально-фрезерний, круглошліфувальний верстати, застосовуючи принцип концентрації операцій для умов середньосерійного типу виробництва.

Отже, за сукупністю конструктивних, технологічних та експлуатаційних характеристик деталей «Шток» 1788-2729/002 можна вважати технологічною та придатною для ефективного виготовлення в заданих виробничих умовах.

Поряд із якісним аналізом здійснено кількісну оцінку технологічності конструкції штока із використанням основних показників: коефіцієнта точності, коефіцієнта шорсткості та коефіцієнта уніфікації. Розрахунки виконано на основі даних табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{T_{\text{cp}}}, \quad (1.1)$$

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 25 + 12 \cdot 8 + 11 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 6 \cdot 1}{36} = 13,08;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{13,08} = 0,92.$$

При $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$ деталь «Шток» 1788-2729/002 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{cp}}}, \quad (1.2)$$

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{2 \cdot 9 + 3 \cdot 25 + 4 \cdot 1 + 5 \cdot 1}{36} = 2,83,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{2,83} = 0,35.$$

При $K_{\text{ш}} = 0,35 > 0,16$ деталь «Шток» 1788-2729/002 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_{\text{е}}} = \frac{30}{36} = 0,83.$$

При $K_{\text{у.е.}} = 0,83 > 0,6$ деталь «Шток» 1788-2729/002 є технологічною.

Таким чином, за кількісними показниками деталь «Шток» 1788-2729/002 є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Технологічне обладнання, що використовується у базовому технологічному процесі виготовлення штока 1788-2729/002 представлено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технологічне обладнання базового технологічного процесу виготовлення штока 1788-2729/002

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
1	2	3
005 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон трьохкулачковий
010 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон трьохкулачковий
015 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Повідковий патрон Повідковий хомутик Центр упорний КМ3 Центр обертвий КМ5
020 Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний верстат 6P82Г	Пристосування спеціальне із ручним затиском
025 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3М175	Центр упорний передній КМ2, Хомутик повідковий Центр упорний задній КМ3

Закінчення таблиці 1.4

1	2	3
030 Координатно-розточна	Координатно-розточний верстат 2E450	Пристосування спеціальне із ручним затиском
035 Контроль	Стіл контролера	Універсальні вимірювальні інструменти

У результаті аналізу базового технологічного процесу виготовлення деталі «Шток» 1788-2729/002, що використовується на підприємстві, встановлено ознаки, характерні для дрібносерійного типу виробництва. Технологічний маршрут переважно орієнтований на застосування універсального металорізального обладнання, при цьому рівень автоматизації виробничих операцій є обмеженим, що впливає на продуктивність процесу та тривалість виробничого циклу.

Базування і закріплення заготовок у процесі механічного оброблення здійснюється за допомогою універсальних та спеціалізованих технологічних пристроїв із ручним приводом затискних механізмів. Такий підхід призводить до збільшення частки допоміжного часу, пов'язаного з установленням, вивірнням та фіксацією заготовок, у загальній структурі штучного часу.

Операції свердління, формування фасок і нарізання різьби в отворах виконуються із застосуванням координатно-розточного обладнання, що забезпечує необхідну точність взаємного розташування елементів. Механічне оброблення поверхонь деталі реалізується стандартним універсальним різальним інструментом, що відповідає умовам дрібносерійного виробництва, однак обмежує можливість досягнення високої продуктивності. Це свідчить про доцільність подальшого вдосконалення технологічного процесу у межах середньосерійного типу виробництва шляхом упровадження спеціалізованого оснащення та більш продуктивних методів оброблення.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У першій частині проведено аналіз технічних вимог деталі «Шток» 1788-2729/002, що є складовою частиною пневмоциліндра, що використовується для

створення приводного лінійного руху та зусилля для різних важільних та клинових механізмів, за рахунок перетворення тиску повітря, що подається у циліндр. Основне функціональне призначення штока полягає у забезпеченні передачі лінійних навантажень від поршня пневматичного приводу, а також у створенні базової поверхні для встановлення та фіксації рухомих елементів пневмоциліндра.

За сукупністю конструктивних, технологічних та експлуатаційних характеристик деталей «Шток» 1788-2729/002 можна вважати технологічною та придатною для ефективного виготовлення в умовах середньосерійного типу виробництва.

Для виготовлення деталі використовується вуглецева якісна сталь 45 згідно з ДСТУ 7809:2015, механічні та експлуатаційні характеристики якої відповідають вимогам міцності, зносостійкості та надійності в умовах роботи виробу. Отримання заготовки передбачено методом штампування на горизонтально-кувальній машині.

На початкових етапах технологічного процесу передбачено формування центрових отворів В4 відповідно до ДСТУ ISO 2540:2018, які в подальшому використовуються як технологічні бази для забезпечення точності взаємного розташування поверхонь. Крім цього, базування здійснюється за зовнішніми циліндричними та торцевими поверхнями, що сприяє підвищенню стабільності встановлення заготовки.

У результаті аналізу базового технологічного процесу виготовлення деталі «Шток» 1788-2729/002, що використовується на підприємстві, встановлено ознаки, характерні для дрібносерійного типу виробництва. Технологічний маршрут переважно орієнтований на застосування універсального металорізального обладнання, при цьому рівень автоматизації виробничих операцій є обмеженим, що впливає на продуктивність процесу та тривалість виробничого циклу.

Базування і закріплення заготовок у процесі механічного оброблення здійснюється за допомогою універсальних та спеціалізованих технологічних пристроїв із ручним приводом затискних механізмів. Такий підхід призводить до

збільшення частки допоміжного часу, пов'язаного з установленням, вивіренням та фіксацією заготовок, у загальній структурі штучного часу.

Операції свердління, формування фасок і нарізання різьби в отворах виконуються із застосуванням координатно-розточного обладнання, що забезпечує необхідну точність взаємного розташування елементів. Механічне оброблення поверхонь деталі реалізується стандартним універсальним різальним інструментом, що відповідає умовам дрібносерійного виробництва, однак обмежує можливість досягнення високої продуктивності. Це свідчить про доцільність подальшого вдосконалення технологічного процесу у межах середньосерійного типу виробництва шляхом упровадження спеціалізованого оснащення та більш продуктивних методів оброблення.

У зв'язку з цим під час розроблення проектного технологічного процесу доцільно передбачити такі удосконалення:

- для формування центрувальних отворів та зовнішніх торців штока доцільно впровадити першу операцію фрезерно-центрувальну;

- операції проточування зовнішніх циліндричних поверхонь, підрізання торців, нарізання кільцевих канавок та різьби виконувати на токарному верстаті з ЧПК;

- оброблення восьми отворів доцільно здійснювати на свердлильному верстаті з ЧПК;

- для свердління отворів із одночасним утворенням фасок доцільно використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

Зміни базового технологічного процесу сприятимуть підвищенню продуктивності виготовлення деталі «Шток» 1788-2729/002 в умовах середньосерійного типу виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва виготовлення деталі “Шток” 1788-2729/002 визначається програмою випуску 5000 шт. та масою деталі $m = 0,82$ кг, і за наближеними методами відповідає середньосерійному.

Крім цього розрахунок типу виробництва проведено за коефіцієнтом закріплення операцій.

Операції базового технологічного процесу виготовлення деталі “Шток” 1788-2729/002 представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Операції базового технологічного процесу виготовлення деталі “Шток” 1788-2729/002

Операція	($T_{шт.к}$), хв.	Операція	($T_{шт.к}$), хв.
005 Токарно-гвинторізна	0,8	020 Горизонтально-фрезерна	1,6
010 Токарно-гвинторізна	1,2	025 Круглошліфувальна	3,73
015 Токарно-гвинторізна	8,6	030 Координатно-розточна	4,6

Кількості верстатів, що використовуються для кожної операції [1]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{зн}}, \quad (2.1)$$

де F_d – час роботи обладнання, $F_d = 3979$ год;

$\eta_{зн.} = 0,75$.

$$m_{p005} = \frac{5000 \cdot 0,8}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,022. P_{005} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p010} = \frac{5000 \cdot 1,2}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,03. P_{010} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p015} = \frac{5000 \cdot 8,6}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,24. P_{015} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p020} = \frac{5000 \cdot 1,6}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,045. P_{020} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p025} = \frac{5000 \cdot 3,73}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,1. P_{025} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p030} = \frac{5000 \cdot 4,6}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,13. P_{030} = 1 \text{ верстат}.$$

Фактичні коефіцієнти завантаження обладнання [1]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (2.2)$$

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0,022}{1} = 0,022;$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,03}{1} = 0,03;$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,24}{1} = 0,24;$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,045}{1} = 0,045;$$

$$\eta_{з.ф.025} = \frac{0,1}{1} = 0,1;$$

$$\eta_{з.ф.030} = \frac{0,13}{1} = 0,13.$$

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці [1]:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (2.3)$$

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,022} = 34. O_{005} = 34 \text{ операцій};$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,03} = 25. O_{010} = 25 \text{ операцій};$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,24} = 3,13. O_{015} = 4 \text{ операції};$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,045} = 16,7. O_{020} = 17 \text{ операцій};$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,1} = 7,5. O_{025} = 8 \text{ операцій};$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,13} = 5,8. O_{030} = 6 \text{ операції}.$$

Коефіцієнт закріплення операцій [1]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{94}{6} = 15,7.$$

Для $K_{з.о.} = 15,7$ тип виробництва середньосерійний.

Визначаємо період виготовлення деталей [1]:

$$t_b = \frac{60 \cdot F_d}{N}, \quad (2.4)$$

$$t_b = \frac{60 \cdot 3979}{5000} = 47,7 \text{ хв.}$$

2.2. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі “Шток” 1788-2729/002 сталь 45 добре піддається пластичній деформації в гарячому та холодному статі, має середні показники границі текучості, тому для виготовлення заготовок штока доцільно використовувати різні об’ємного пластичного деформування.

Вибір раціонального способу виготовлення заготовки деталі із двох запропонованих варіантів виконано за показником - коефіцієнт використання матеріалу. Для порівняння розглянуто такі методи виготовлення заготовки:

1. Поковка, сформована вільним куванням на молотах;
2. Штамповка на горизонтально-кувальній машині.

Клас точності штамповки на горизонтально-кувальній машині – Т4; група сталі – М2. Ступінь складності штамповки [4]:

$$C = \frac{m_{\text{ш}}}{m_{\text{ф}}}, \quad (2.5)$$

Приблизна маса штамповки [4]:

$$m_{\text{ш}} = m_{\text{д}} \cdot k_p, \quad (2.6)$$

де $k_p = 1,25$ – коефіцієнт наближення.

$m_{\text{д}} = 0,82$ кг – маса штока на кресленні.

Підставляємо дані у рівняння (2.6):

$$m_{\text{ш}} = m_{\text{д}} \cdot k_p = 0,82 \cdot 1,25 = 1,025 \text{ кг}.$$

Визначаємо об'єм описаної фігури навколо деталі [4]:

$$Q = V_{\text{ф}} \cdot \rho, \quad (2.7)$$

де $V_{\text{ф}}$ – об'єм фігури;

ρ – густина сталі 45, $\rho = 7,85$ г/см³.

$$V_{\text{з}} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot H}{4}, \quad (2.8)$$

$$V_{\text{ф}} = \frac{3,14 \cdot 77^2 \cdot 262}{4} = 1\,219\,417,43 \text{ мм}^3 \approx 1219,42 \text{ см}^3.$$

$$m_{\text{ф}} = 1219,42 \cdot 7,85 = 9\,572,447 \text{ г} = 9,572 \text{ кг}.$$

Коефіцієнт групи складності штамповки:

$$C = \frac{1,025}{9,572} = 0,11.$$

Коефіцієнт $C = 0,11$ штамповки відповідає четвертому ступеню складності С4.

Визначаємо вихідний індекс заготовки – 14.

Виконано проектування заготовок для вказаних способів формування

методами пластичної деформації матеріалу, із визначенням припусків для поверхонь із механічним обробленням. Значення загальних припусків деталі “Шток” 1788-2729/002 представлено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення загальних припусків деталі “Шток” 1788-2729/002

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) Поковка, сформована вільним куванням на молотах				
Торець 262h14 _(-1,3)	Ra6,3	5	$8 \times 2 = 16$	$278 \pm 2,5$
Циліндрична поверхня $\varnothing 77h14_{(-0,74)}$; l=12	Ra6,3	4	$6 \times 2 = 12$	$\varnothing 89 \pm 2,0$
Циліндрична поверхня $\varnothing 20h6_{(-0,013)}$;	Ra0,8	4	$6 \times 2 = 12$	$\varnothing 32 \pm 2,0$
Торець 12h14 _(-0,43)	Ra6,3	4	4	$16 \pm 2,0$ (на кресленні $24 \pm 2,0$)
2) Штамповка на горизонтально-кувальній машині				
Торець 262h14 _(-1,3)	Ra6,3	3,2	$1,7 \times 2 = 3,4$	$265,4^{+2,2}_{-1,0}$
Циліндрична поверхня $\varnothing 77h14_{(-0,74)}$; l=12	Ra6,3	2,1	$1,4 \times 2 = 2,8$	$\varnothing 79,8^{+1,4}_{-0,7}$
Циліндрична поверхня $\varnothing 20h6_{(-0,013)}$;	Ra0,8	2,0	$2 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 24^{+1,3}_{-0,7}$
Торець 12h14 _(-0,43)	Ra6,3	2,0	1,4	$13,4^{+1,4}_{-0,6}$ (на кресленні $15,1^{+1,4}_{-0,6}$)

Ескізи запропонованих варіантів заготовок зображено на рис. 2.1 (поковка, сформована вільним куванням на молотах) та на рис. 2.2 (штамповка на горизонтально-кувальній машині).

Визначаємо масу заготовки:

$$Q = V_3 \cdot \rho, \quad (2.9)$$

де V_3 – об’єми заготовки;

ρ – густина сталі 45, $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$.

Об'єм заготовки для поковки, сформованої вільним куванням на молотах (2.8):

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 89^2 \cdot 24}{4} = 149\,307,33 \text{ мм}^3.$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 32^2 \cdot 254}{4} = 204\,278,92 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{заг1}} = \Sigma V_i = 149307,33 + 204278,92 = 353\,586,25 \text{ мм}^3 = 353,59 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу заготовки для поковки, сформованої вільним куванням на молотах (2.9):

$$Q_1 = 353,59 \cdot 7,85 = 2\,775,68 \text{ г} \approx 2,776 \text{ кг}.$$

Визначаємо об'єм заготовки для штамповки на горизонтально-кувальній машині (2.8):

$$V_1 = \frac{\pi \cdot 79,8^2 \cdot 15,1}{4} = 75\,521,84 \text{ мм}^3.$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 24^2 \cdot 250,3}{4} = 113\,233,05 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{заг1}} = \Sigma V_i = 75521,84 + 113\,233,05 = 188\,754,89 \text{ мм}^3 = 188,75 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу заготовки для штамповки на горизонтально-кувальній машині (2.5):

$$Q_2 = 188,75 \cdot 7,85 = 1\,481,68 \text{ г} = 1,482 \text{ кг}.$$

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу для двох заготовок:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}. \quad (2.10)$$

- для поковки, сформованої вільним куванням на молотах

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,82}{2,776} = 0,3.$$

- для штамповки на горизонтально-кувальній машині

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,82}{1,482} = 0,55.$$

Отже, застосування способу формування заготовки деталі “Шток” 1788-2729/002 штампуванням на горизонтально-кувальній машині дозволяє забезпечити вищий коефіцієнт використання матеріалу ніж вільним куванням на молотах, тому для проектування технологічного процесу виготовлення деталі вибрано спосіб одержання заготовки штампування на горизонтально-кувальній машині.

2.3. Вибір технологічних баз

Для виконання технологічного процесу механічного оброблення деталі “Шток” 1788-2729/002 на початкових етапах технологічного процесу передбачено формування центрових отворів В4 відповідно до ДСТУ ISO 2540:2018, які в подальшому використовуються як технологічні бази для забезпечення точності взаємного розташування поверхонь. Крім цього, базування здійснюється за зовнішніми циліндричними та торцевими поверхнями, що сприяє підвищенню стабільності встановлення заготовки.

Схематичне зображення способів базування деталі “Шток” 1788-2729/002 відображено у таблиці 2.3.

На першій операції базування заготовки виконується на призму по зовнішніх циліндричних поверхнях 15, 33 із упором в торець 5.

На другій операції в якості баз використовуються центральні отвори 6, 7 із затиском деталі по зовнішній циліндричній поверхні 25.

На третій базування деталі виконується по зовнішній циліндричній поверхні на призми затискні з упором в торець.

На четвертій операції в якості баз використовуються цетрувальні отвори 6, 7 із затиском деталі по зовнішній циліндричній поверхні 25.

На п'ятій операції в якості баз використовуються торець, зовнішня циліндрична поверхня 15 та зовнішня циліндрична поверхня 33 із базуванням на призми.

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

У процесі технологічного проектування механічного оброблення деталі «Шток» 1788-2729/002 виконано аналіз двох альтернативних варіантів забезпечення заданих параметрів точності оброблюваних поверхонь. На основі синтезу та оцінювання можливих маршрутів оброблення сформовано раціональну операційну структуру технологічного процесу виготовлення деталі, адаптовану до умов середньосерійного типу виробництва із застосуванням токарного та свердлильного верстатів з ЧПК.

Порівняльний аналіз варіантів механічного оброблення, спрямованих на досягнення регламентованих показників точності поверхонь деталі «Шток» 1788-2729/002, наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Маршрути оброблення поверхонь деталі “Шток” 1788-2729/002

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1, 2	Зовнішня фаска 1×45°	14	Ra6,3	Точіння чорнове	
3, 4	Два отвори Ø8H14 ^(+0,36)	14	Ra6,3	Свердління без кондуктора на верстаті з ЧПК	Свердління із застосуванням кондуктора
5	Торець 12h14 _(-0,43)	14	Ra6,3	Точіння чорнове Точіння напівчистове із поперечною подачею	
6, 7	Два центрувальних отвори Ø4H14; Ø8,5H14	14	Ra12,5	Центрування	
8	Зовнішня поверхня з різьбою M10-8g; l=10	12	Ra6,3	Нарізання різьби різцем	Нарізання різьби плашкою. Накатування різьби
9-14	Шість фасок 1×45°	14	Ra12,5	Зенкування фаски	Оброблення комбінованим інструментом
15	Циліндрична поверхня Ø20h6 _(-0,013) ; 142h14 _(-1,0)	6	Ra0,8	Чорнове точіння Напівчистове точіння Напівчистове шліфування Чистове кругле шліфування	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Тонке точіння із поздовжньою подачею
16	Торець 240h14 _(-1,15)	14	Ra6,3	Точіння чорнове Точіння напівчистове із поперечною подачею	

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
17	Канавка $\varnothing 15h11_{(-0,11)}$; $12h14_{(-0,43)}$	11	Ra6,3	Напівчистове точіння при поперечній подачі Чистове точіння із поперечною подачею	
18-23	Шість отворів $\varnothing 4,95^{+0,26}_{-0,26}$ для формування різьби М6-7Н; $l=12$; $\varnothing 56\pm 0,12$; $\varnothing 46\pm 0,12$	14	Ra6,3	Свердління без кондуктора на верстаті з ЧПК	Свердління із застосуванням кондуктора
24	Квадратна поверхня $\square 12h12_{(-0,18)}$; $l=12$	12	Ra6,3	Фрезерування однократне	
25	Циліндрична поверхня $\varnothing 77h14_{(-0,74)}$; $l=12$	14	Ra6,3	Точіння чорнове Точіння напівчистове	
26-31	Шість поверхонь з різьбою М6-7Н; $l=12$	12	Ra6,3	Нарізання різьби мітчиком	
32	Циліндрична поверхня $\varnothing 9,85_{(-0,26)}$; $l=10$ під різьбу М10-8g	13	Ra6,3	Чорнове точіння Напівчистове точіння	
33	Циліндрична поверхня $\varnothing 20h8_{(-0,033)}$; $240h14_{(-1,15)}$	8	Ra1,6	Чорнове точіння Напівчистове точіння Напівчистове шліфування	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння із поздовжньою подачею
34, 35	Торець $262h14_{(-1,3)}$	14	Ra6,3	Фрезерування торцевою фрезою	Проточування поперечною подачею
36	Канавка $b=2,4H14$; $\varnothing 8h14$; 45°	14	Ra12,5	Точіння чорнове поперечною подачею	

Для умов середньосерійного типу виробництва на основі даних таблиці 2.4 сформовано остаточний маршрут механічного оброблення. При цьому запропоновано такі зміни: для формування центрувальних отворів та зовнішніх торців штока впроваджено першу операцію фрезерно-центрувальну; операції проточування зовнішніх циліндричних поверхонь, підрізання торців, нарізання кільцевих канавок та різьби виконуються на токарному верстаті з ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів; оброблення восьми отворів здійснюється на свердлильному верстаті з ЧПК; для свердління отворів із одночасним утворенням фасок використовуються комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

Операція 005 Фрезерно-центрувальна

1. Фрезерування торців 34, 35 одночасне у розмір $262_{-1,3}$.
2. Центрування двох центрувальних отворів 6, 7 одночасне розміри $\varnothing 4^{+0,3}$; $\varnothing 8,5^{+0,36}$.

010 Токарна з ЧПК.

1. Точіння попереднє зовнішньої циліндричної поверхні 15, 33 з попереднім підрізанням торця, зовнішньої циліндричної поверхні 25 послідовне за програмою у розміри $\varnothing 21,03_{-0,52}$; $12_{-0,7}$; $\varnothing 78_{-1,2}$.
2. Точіння попереднє зовнішньої циліндричної поверхні 24 під квадрат з підрізанням торця 16 за три проходи послідовне за програмою, у розміри $\varnothing 19,7_{-0,43}$; $\varnothing 18,37_{-0,43}$; $\varnothing 16,03_{-0,43}$; $240_{-1,15}$.
3. Точіння попереднє зовнішньої циліндричної поверхні 32 під різьбу за три проходи послідовне за програмою у розміри $\varnothing 13,062_{-0,43}$; $\varnothing 11,982_{-0,43}$; $\varnothing 10,916_{-0,43}$; $10_{-0,36}$.
4. Точіння остаточне фаски 2, зовнішньої циліндричної поверхні 32 під різьбу, зовнішньої циліндричної поверхні 24 під квадрат з підрізанням торця 16, зовнішніх циліндричних поверхонь 33, 15 з остаточним підрізанням торця 5, зовнішньої циліндричної поверхні 25 послідовне за програмою у розміри $1 \times 45^\circ$; $\varnothing 9,85_{-0,26}$; $\varnothing 16,14_{-0,43}$; $240_{-1,15}$; $\varnothing 20,198_{-0,13}$; $140_{-1,0}$; $\varnothing 20,28_{-0,13}$; $12_{-0,43}$; $\varnothing 77_{-0,74}$.

5. Точіння фаски 1 у розмір $1 \times 45^\circ$.
6. Точіння зовнішньої канавки 36 у розміри $2,4^{+0,25}$; $\varnothing 8_{-0,36}$; 45° .
7. Нарізання зовнішньої різьби 8 за п'ять проходів за програмою у розміри M10-8g; $l=10$.
8. Точіння зовнішньої канавки 17 за два проходи за програмою у розміри $\varnothing 15_{-0,11}$; $12_{-0,43}$.

9. Перевірити розміри.

015 Горизонтально-фрезерна

1. Фрезерування першої сторони квадрата 24 розмір $14,07_{-0,18}$
2. Повертання заготовки на 90°
3. Фрезерування другої сторони квадрата 24 у розмір $\square 12_{-0,18}$
4. Повертання заготовки на 90°
5. Фрезерування третьої сторони квадрата 24 у розмір $14,07_{-0,18}$
6. Повертання заготовки на 90°
7. Фрезерування четвертої сторони квадрата 24 у розмір $\square 12_{-0,18}$

020 Круглошліфувальна

1. Шліфування остаточне зовнішньої циліндричної поверхні 33 та попереднє зовнішньої циліндричної поверхні 15 у розміри $\varnothing 20_{-0,033}$; $\varnothing 20,082_{-0,033}$
2. Шліфування остаточне зовнішньої циліндричної поверхні 15 у розмір $\varnothing 20_{-0,013}$

025 Свердлильна з ЧПК.

1. Центрування восьми отворів послідовне за програмою у розміри $\varnothing 1,5^{+0,25}$; $\varnothing 3,3^{+0,3}$.
2. Свердління двох наскрізних отворів 3, 4 у розміри $\varnothing 8^{+0,36}$; $l=12$.
3. Свердління шести отворів 18-23 під різьбу M6-7H та одночасне формування шести фасок 9-14 послідовне за програмою у розміри $\varnothing 5^{+0,26}$; $l=12$; $\varnothing 56 \pm 0,1$; $\varnothing 46 \pm 0,1$.
4. Нарізання різьби 26-31 у шести отворах послідовне за програмою у розміри M6-7H; $l=12$.

5. Перевірити розміри.

Операція 030 Контроль.

2.5. Визначення припусків на оброблення

Визначення припусків механічного оброблення деталі “Шток” 1788-2729/002 у технологічному процесі виконано табличним та аналітично-розрахунковим методами із виведенням остаточних результатів у вигляді таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски на оброблення поверхонь деталі “Шток” 1788-2729/002

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
Торець 262h14 _(-1,3)					
Фрезерування чорнове	14	Ra6,3	1,3	$1,7 \times 2 = 3,4$	262 _{-1,3}
Заготовка	15	Rz160	3,2	—	265,4 _{-1,0} ^{+2,2}
Квадратна поверхня □12h12 _(-0,18) ; l=12					
Фрезерування чорнове однієї сторони	12	Ra6,3	0,18	2,07	□12 _{-0,18}
Фрезерування чорнове другої сторони	12	Ra6,3	0,18	2,07	14,07 _{-0,18}
Заготовка	14	Ra 12,5	0,43	$2,07 \times 2 = 4,14$	∅16,142 _{-0,43}
Торець 12h14 _(-0,43)					
Підрізання торця напівчистове	14	Ra 6,3	0,43	0,4	12 _{-0,43}
Підрізання торця чорнове	15	Ra 12,5	0,7	1,0	12,4 _{-0,7}
Заготовка	15	Ra6,3	2,0	1,4	13,4 _{-0,6} ^{+1,4}

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 77h14_{(-0,74)}$; $l=11$					
Точіння поздовжнє напівчистове	14	Ra6,3	0,74	$0,5 \times 2 = 1,0$	$\varnothing 77_{-0,74}$
Точіння поздовжнє чорнове	15	Ra 25	1,2	$0,9 \times 2 = 1,8$	$\varnothing 78_{-1,2}$
Заготовка	клас точ- ності Т4	Rz 160	2,1	$1,9 \times 2 = 2,8$	$\varnothing 79,8^{+1,4}_{-0,7}$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 20h8_{(-0,033)}$					
Шліфування напівчистове	8	Ra1,6	0,033	$0,099 \times 2 = 0,198$	$\varnothing 20_{-0,033}$
Точіння поздовжнє напівчистове	11	Rz 20	0,15	$0,416 \times 2 = 0,832$	$\varnothing 20,198_{-0,15}$
Точіння поздовжнє чорнове	14	Rz 100	0,64	$1,485 \times 2 = 2,97$	$\varnothing 21,03_{-0,64}$
Заготовка	клас точності Т4	Rz 160	2,0	$2 \times 2 = 4$	$\varnothing 24^{+1,3}_{-0,7}$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 16,142 h14_{(-0,43)}$					
Точіння поздовжнє чорнове	14	Ra 12,5	0,43	$0,444 \times 2 = 0,888$	$\varnothing 16,142_{-0,43}$
Переходи чорнового точіння	14	Ra 25	0,52	$0,67 \times 2 = 1,34$	$\varnothing 17,03_{-0,52}$
				$0,665 \times 2 = 1,33$	$\varnothing 18,37_{-0,52}$
				$0,665 \times 2 = 1,33$	$\varnothing 19,7_{-0,52}$
Заготовка	Оброблена поверхня	Ra 25	0,64	$2,444 \times 2 = 4,88$	$\varnothing 21,03_{-0,64}$
Торець $240h14_{(-1,15)}$					
Точіння напів- чистове попереч- ною подачею	14	Ra 6,3	1,15	0,4	$240_{-1,15}$
Точіння чорнове поперечною пода- чею	15	Ra 12,5	1,15	-	$240,4_{-1,15}$
Заготовка	суцільний матеріал				
Канавка $\varnothing 15h11_{(-0,11)}$; $12h14_{(-0,43)}$					
Точіння поздовжнє напівчистове	11	Ra6,3	0,11	$0,6 \times 2 = 1,2$	$\varnothing 15_{-0,11}$

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Точіння поздовжнє чорнове	14	Ra 25	0,43	$2,0 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 15,2_{-0,43}$
Заготовка	Попередньо оброблена поверхня	Rz 20	0,15	$2,6 \times 2 = 5,2$	$\varnothing 20,198_{-0,15}$

Габаритні розміри заготовки: $265,4^{+2,2}_{-1,0} \times \varnothing 79,8^{+1,4}_{-0,7}$.

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Режими різання визначено на основі табличних даних довідників, а для другого технологічного переходу 010 Токарної з ЧПК операції оброблення деталі “Шток” 1788-2729/002 розрахунок режимів різання проведено розрахунковим методом.

010 Токарна з ЧПК.

Перехід 2

Точіння попереднє зовнішньої циліндричної поверхні 15, 33 з попереднім підрізанням торця, зовнішньої циліндричної поверхні 25 послідовне за програмою у розміри $\varnothing 21,03_{-0,52}$; $12_{-0,7}$; $\varnothing 78_{-1,2}$.

Різальний інструмент – різець для контурного точіння з механічним кріпленням пластини, T5K10, 25×25 , $\varphi = 93^\circ$.

1. Глибини різання:

$$t_{33,15} = 1,046 \text{ мм}, t_{25} = 1,0 \text{ мм}.$$

2. Довжина робочого ходу [14]:

$$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{різ.}} + l_{\text{підв.}} + l_{\text{вріз.}} + l_{\text{перебіг.}}, \quad (2.11)$$

$$l_{\text{різ.15,33}} = 248,6 \text{ мм}; l_{\text{різ.4}} = 28,49 \text{ мм}; l_{\text{різ.4}} = 11,4 \text{ мм}.$$

$$l_{\text{підв.}} = 2 \text{ мм} [14].$$

$$l_{\text{вріз.}} = 2 \text{ мм} [14].$$

$l_{\text{пер.}} = 2 \text{ мм [14].}$

Підставляємо дані у рівняння (2.11):

$$L_{\text{р.х.}} = 248,6 + 28,49 + 11,4 + 2,0 + 2,0 + 2,0 = 294,49 \text{ мм.}$$

3. Подача різання:

$S = 0,5 \text{ мм/об [14].}$

4. Стійкість різця:

$T = 60 \text{ хв [14].}$

5. Швидкість різання [14]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.12)$$

де $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,2$ [14];

K_v – поправочний коефіцієнт [14]:

$$K_v = K_{\text{mv}} \cdot K_{\text{nv}} \cdot K_{\text{iv}}, \quad (2.13)$$

де K_{mv} – коефіцієнт матеріалу заготовки, для сталі 45 [14]:

$$K_{\text{mv}} = K_{\text{r}} \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.14)$$

де $K_{\text{r}} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт [14];

$\sigma_B = 750 \text{ МПа;}$

$n_v = 1,0$ [14].

$$K_{\text{mv}} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{750} \right)^{1,75} = 1,0.$$

$K_{\text{nv}} = 1,0$ – для поверхні штамповки [14];

$K_{\text{iv}} = 0,65$ – для пластинки з твердого сплаву Т5К10 [14].

Підставляємо дані у рівняння (2.13):

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,65 = 0,65.$$

Підставляємо дані у рівняння (2.12):

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1,046^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,65 = \frac{350 \cdot 0,65}{2,268 \cdot 1,01 \cdot 0,78} = 127 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (2.15)$$

$$n_{15,33} = \frac{1000 \cdot 127}{\pi \cdot 21,03} = 1922 \text{ хв}^{-1}.$$

$$n_{25} = \frac{1000 \cdot 127}{\pi \cdot 78} = 518 \text{ хв}^{-1}.$$

7. Приймаємо за паспортном верстата частоту обертання шпинделя:

$$n_d = 560 \text{ хв}^{-1}.$$

8. Коректуємо швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (2.16)$$

$$V_{d15,33} = \frac{\pi \cdot 21,03 \cdot 560}{1000} = 37 \text{ м/хв.}$$

$$V_{d25} = \frac{\pi \cdot 78 \cdot 560}{1000} = 137 \text{ м/хв.}$$

9. Сила різання при проточуванні [14]:

$$P_z = 10 \cdot C_\delta \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.17)$$

де $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$ [14];

$t = 1,046 \text{ мм}$;

$S = 0,5 \text{ мм/об}$;

$V_{15,33} = 37 \text{ м/хв}$ – швидкість різання;

$V_{25} = 137 \text{ м/хв}$ – швидкість різання;

K_p – поправочний коефіцієнт [14]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (2.18)$$

де K_{mp} - коефіцієнт матеріалу заготовки, для сталі 45 [14]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.19)$$

де $\sigma_B = 610$ МПа;

$n = 0,75$ [14].

$$K_{mp} = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,85.$$

$K_{\varphi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1,0$; $K_{\lambda p} = 1,0$; $K_{rp} = 0,87$ [14];

$$K_p = 0,85 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,66.$$

Підставляємо дані у рівняння (2.17):

$$\begin{aligned} P_{z15,33} &= 10 \cdot 300 \cdot 1,046^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 37^{-0,15} \cdot 0,66 = \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 1,046 \cdot 0,6 \cdot 0,58 \cdot 0,66 = 721 \text{ Н.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{z25} &= 10 \cdot 300 \cdot 1,0^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 137^{-0,15} \cdot 0,66 = \\ &= 10 \cdot 300 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,48 \cdot 0,66 = 570 \text{ Н.} \end{aligned}$$

10. Потужність різання:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.20)$$

$$N_{\text{різ}15,33} = \frac{721 \cdot 37}{1020 \cdot 60} = 0,44 \text{ кВт.}$$

$$N_{\text{різ}25} = \frac{570 \cdot 137}{1020 \cdot 60} = 1,28 \text{ кВт.}$$

11. Перевіряємо забезпечення потужності приводом верстата:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}, \quad (2.21)$$

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta, \quad (2.22)$$

де $N_{\text{д}}$ – потужність приводу головного руху верстата – 10 кВт;

$\eta = 0,8$.

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,8 = 8,0 \text{ кВт}.$$

$$N_{\text{різ}} = 1,28 \text{ кВт} < N_{\text{шп}} = 8 \text{ кВт}.$$

Отже, потужність верстата є достатньою.

12. Основний час різання:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_o \cdot n}, \quad (2.23)$$

$$T_o = \frac{294,485}{0,5 \cdot 560} = 1,05 \text{ хв}.$$

Також визначено режими різання для інших операцій технологічного процесу виготовлення деталі “Шток” 1788-2729/002, що зведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання операцій технологічного процесу виготовлення деталі “Шток” 1788-2729/002

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _m , хв	S, мм/об	n, об/ хв	V, м/хв	S _m , мм/хв	T _o , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Фрезерно-центрувальна										
Перехід 2 Фрезерування торців 34, 35 одночасне у розмір 262 _{-1,3} .	1,7	96	1	190	1,5	710	220	1065	0,1	5,7
Перехід 3 Центрування двох центрувальних отворів 6, 7 одночасне розміри Ø4 ^{+0,3} ; Ø8,5 ^{+0,36} .	2	12	1	160	0,03	920	12,8	27,6	0,43	0,6

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Точіння остаточне фаски 2, зовнішньої циліндричної поверхні 32 під різьбу, зовнішньої циліндричної поверхні 24 під квадрат з підрізанням торця 16, зовнішніх циліндричних поверхонь 33, 15 з остаточним підрізанням торця 5, зовнішньої циліндричної поверхні 25 послідовне за програмою у розміри 1×45°; Ø9,85 _{-0,26} ; Ø16,14 _{-0,43} ; 240 _{-1,15} ; Ø20,198 _{-0,13} ; 140 _{-1,0} ; Ø20,28 _{-0,13} ; 12 _{-0,43} ; Ø77 _{-0,74}	1,0 0,533	302	1	70	0,32	560	188	179	1,69	1,24
	0,444						25			
	0,416 0,375						33			
	0,4 0,5						134			
Перехід 6 Точіння фаски 1 у розмір 1×45°.	1,0	5	1	70	0,32	560	134	179	0,027	1,52
Перехід 7 Точіння зовнішньої канавки 36 у розміри 2,4 ^{+0,25} ; Ø8 _{-0,36} ; 45°	2,4	5	1	70	0,2	560	22	112	0,045	3,2
Перехід 8 Нарізання зовнішньої різьби 8 за п'ять проходів за програмою у розміри M10-8g; l=10	0,4	17	5	70	1,5	900	30	1485	0,052	0,28
Перехід 9 Точіння зовнішньої канавки 17 за два проходи за програмою у розміри Ø15 _{-0,11} ; 12 _{-0,43}	1,25	8	2	70	0,2	900	68	180	0,044	3,2

Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Шліфування остаточне зовнішньої циліндричної поверхні 15 у розмір $\varnothing 20_{-0,013}$	0,041	140	1	–	$S_{\Pi} = 0,005$ мм/об $S_o = 16$ мм/об	520	$V_{с.кол.}$ 30 м/хв $V_{с.позд.}$ 5 м/хв	–	0,22	0,42
Операція 025 Свердлильна з ЧПК										
Перехід 2 Центрування восьми отворів послідовне за програмою у розмірі $\varnothing 1,5^{+0,25}$; $\varnothing 3,3^{+0,3}$	0,75	7	8	17	0,12	1900	22	228	0,25	0,17
Перехід 3 Свердління двох наскрізних отворів 3, 4 у розмірі $\varnothing 8^{+0,36}$; $l=12$.	4	16	2	17	0,16	1900	28	304	0,11	0,06
Перехід 3 Свердління шести отворів 18-23 під різьбу М6-7Н та одночасне формування шести фасок 9-14 послідовне за програмою у розмірі $\varnothing 5^{+0,26}$; $l=12$; $\varnothing 56 \pm 0,1$; $\varnothing 46 \pm 0,1$	2,5	16	6	17	0,16	1900	25	304	0,32	0,05
Перехід 4 Нарізання різьби 26-31 у шести отворах послідовне за програмою у розмірі М6-7Н; $l=12$	0,54	28	6	17	1,0	560	11	560	0,3	0,06

Технічні норми часу розраховано, використовуючи табличні дані, а на 010 операцію токарну з ЧПК оброблення деталі “Шток” 1788-2729/002 визначення технічних норм часу проведено розрахунковим методом.

Штучний час для операції токарної з ЧПК [1]:

$$T_{ш} = (T_{ц} + T_{до}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100} \right), \quad (2.24)$$

де $T_{\text{ц}}$ – час циклу роботи верстата з ЧПК в автоматичному режимі;

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}}, \quad (2.25)$$

$T_{\text{о}}$ – основний час оброблення деталі на токарному верстаті з ЧПК;

$$T_{\text{о}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{S_i}, \quad (2.26)$$

L_i – довжина робочого ходу i -го переходу, мм;

S_i – подача при різанні, мм/хв;

$T_{\text{д}}$ – час на допоміжні автоматичні дії;

$$T_{\text{д}} = T_{\text{ді}} + T_{\text{дх}}, \quad (2.27)$$

де $T_{\text{ді}}$ – час на знімання та встановлення інструментів;

$$T_{\text{ді}} = (T_{\text{п}} + T_{\text{ф}}) \cdot k, \quad (2.28)$$

де $T_{\text{п}}$ – час повороту револьверної головки токарного верстата з ЧПК з інструментами; $T_{\text{п}} = 0,016$ хв.

k – кількість інструментів у наладці;

$T_{\text{ф}}$ – час фіксації револьверної головки токарного верстата з ЧПК з інструментами; $T_{\text{ф}} = 0,016$ хв.

$T_{\text{дх}}$ – час допоміжних ходів;

$$T_{\text{дх}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{\text{хі}}}{S_{\text{п}}}, \quad (2.29)$$

де $L_{\text{хі}}$ – довжина допоміжних ходів;

$S_{\text{п}}$ – подача холостого ходу $S_{\text{п}} = 5000$ мм/хв.

010 Токарна з ЧПК.

1. Основний час автоматичного циклу роботи верстата з ЧПК:

$$T_{\text{о}} = 1,05 + 0,12 + 0,08 + 1,69 + 0,027 + 0,045 + 0,052 + 0,044 = 3,108 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо час допоміжних ходів (2.23):

$$T_{\text{дх}} = \frac{1800}{5000} = 0,36 \text{ хв.}$$

3. Час на знімання та встановлення інструментів (2.22):

$$T_{\text{ді}} = (0,016 + 0,016) \cdot 6 = 0,192 \text{ хв.}$$

4. Час на допоміжні автоматичні дії (2.21):

$$T_{\text{д}} = 0,192 + 0,36 = 0,552 \text{ хв.}$$

5. Час автоматичного циклу роботи верстата з ЧПК (2.21):

$$T_{\text{ц}} = 3,108 + 0,552 = 3,66 \text{ хв.}$$

6. Допоміжний час на виконання ручних переходів:

$$T_{\text{до}} = T_{\text{доу}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{дов}}, \quad (2.30)$$

де $T_{\text{доу}}$ – час на базування та знімання деталі, хв;

$T_{\text{доп}}$ – час на визначення правильного взаємного розміщення деталі та інструмента, хв;

$T_{\text{дов}}$ – час на виконання контролю оброблених поверхонь, хв.

6.1. Час на базування та знімання деталі $T_{\text{доу}} = 0,18 \text{ хв.}$ [1].

6.2. Час на визначення правильного взаємного розміщення деталі та інструмента [1].

– виставлення деталі та інструмента за координатами наладки:
 $t_1 = 0,35 \text{ хв};$

– перевіряння повернення інструменту у вихідну точку після оброблення:
 $t_2 = 0,1 \text{ хв};$

– монтування щитка для захисту від емульсії: $t_3 = 0,04 \text{ хв.}$

$$T_{\text{доп}} = 0,35 + 0,1 + 0,04 = 0,49 \text{ хв.}$$

6.3. Час на виконання контролю оброблених поверхонь:

- $\varnothing 9,85_{-0,26}$; $\varnothing 16,14_{-0,43}$; $240_{-1,15}$; $\varnothing 20,198_{-0,13}$; $140_{-1,0}$; $\varnothing 20,28_{-0,13}$; $12_{-0,43}$; $\varnothing 77_{-0,74}$; $\varnothing 15_{-0,11}$; $12_{-0,43}$ – штангенциркулем $t_{1в} = 0,2 \cdot 6 = 1,2 \text{ хв. [1]}$;
- $1 \times 45^\circ$ – кутоміром універсальним – $t_{2в} = 0,14 \text{ хв. [1]}$.
- М10-8g – калібр-кільцем різьбовим 8g – $t_{3в} = 0,15 \text{ хв. [1]}$.

$$T_{\text{дов}} = \sum t_{iв} = 1,2 + 0,14 + 0,15 = 1,49 \text{ хв.}$$

При контролі 30%:

$$T_{\text{довд}} = T_{\text{дов}} \cdot 0,3 = 1,49 \cdot 0,3 = 0,45 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час:

$$T_{\text{до}} = 0,18 + 0,49 + 0,45 = 1,12 \text{ хв.}$$

7. Оперативний час:

$$T_{\text{оп.}} = T_{\text{ц}} + T_{\text{до}}, \quad (2.31)$$

$$T_{\text{оп.}} = 3,66 + 1,12 = 4,78 \text{ хв.}$$

6. Штучний час (2.24):

$$T_{\text{ш}} = 4,78 \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 5,11 \text{ хв.}$$

7. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{ш}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (2.32)$$

де $n = 112$ шт, $T_{\text{пз}} = 40 \text{ хв.}$

$$T_{\text{шк}} = 5,11 + \frac{40}{112} = 5,47 \text{ хв.}$$

005 Фрезерно-центрувальна операція

Основний час: $T_{005} = 0,1 + 0,43 = 0,53 \text{ хв.}$

Штучний час [1]:

$$T_{шт.} = \Psi_k \cdot T_o, \quad (2.33)$$

$$T_{шт.005} = 1,84 \cdot 0,53 = 0,98 \text{ хв.}$$

015 Горизонтально-фрезерна операція

Основний час $T_{o015} = 0,12 \text{ хв.}$

Штучний час (2.33):

$$T_{шт.015} = 1,84 \cdot 0,12 = 0,22 \text{ хв.}$$

020 Круглошліфувальна

Основний час $T_{o020} = 0,3 + 0,22 = 0,52 \text{ хв.}$

Штучний час (2.33):

$$T_{шт.020} = 2,1 \cdot 0,52 = 1,09 \text{ хв.}$$

025 Свердлильна з ЧПК

Основний час $T_{o025} = 0,25 + 0,11 + 0,32 + 0,3 = 0,98 \text{ хв.}$

Штучний час (2.33):

$$T_{шт.025} = 1,72 \cdot 0,98 = 1,69 \text{ хв.}$$

Технічні норми часу технологічного процесу виготовлення деталі “Шток” 1788-2729/002 зведені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Технічні норми часу технологічного процесу виготовлення деталі “Шток” 1788-2729/002

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			T _{оп} , хв	Час обслуго- вування, T _{об} , хв			T _{шт} , хв.	T _{п.з.} , хв.	п	T _{шт.к.} , хв
		T _{у.}	T _{пер}	T _{вим}		T _{тех.об.}	T _{орг.об.}	T _{відп.}				
005 Фрезерно- центрувальна	0,53	—	—	—	—	—	—	—	—	—	112	0,98
010 Токарна з ЧПК	3,108	0,18	0,49	0,45	4,78	0,33			5,11	40		5,47
015 Горизон- тально-фрезерна	0,12	—	—	—	—	—	—	—	—	—		0,22
020 Кругло- шліфувальна	0,52	—	—	—	—	—	—	—	—	—		1,09
025 Свердлильна з ЧПК	0,98	—	—	—	—	—	—	—	—	—		1,69

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для послідовного оброблення за програмою отворів деталі “Шток” 1788-2729/002 на 025 свердлильній з ЧПК операції виконано проектування спеціалізованого затискного пристрою. Пристрій встановлюється на столі свердлильного верстата з ЧПК за допомогою пазів та болтів із точним позиціонуванням відносно осі шпинделя верстата з ЧПК.

Пристрій призначений для оброблення двох отворів $\varnothing 8^{+0,36}_0$; $l=12$, шести отворів М6-7Н; $l=12$ $\varnothing 56 \pm 0,1$; $\varnothing 46 \pm 0,1$.

Деталь у пристосуванні орієнтується та встановлюється за допомогою двох установочних призм 12, використовуючи зовнішні циліндричні поверхні діаметрами $\varnothing 20h6$ мм і $\varnothing 20h8$ мм як технологічні бази, а також торцеву плоску поверхню, що спирається на опорну базу 16. Закріплення заготовки реалізується пневматичним приводом двосторонньої дії через механізм передачі зусилля, який включає клиновий шток 14, ролик 11, повзун 8, шпильку 23 та прихват 15, що здійснює притискання по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 20$ мм.

Функціонування пристосування відбувається таким чином. Заготовку встановлюють торцевою поверхнею на базу 16 з одночасним позиціонуванням на установочних призмах 12. Процес затиску здійснюється подачею стисненого повітря в нижню порожнину гільзи 20, унаслідок чого поршень 2 разом зі штоком 14 переміщується у верхньому напрямку. Через клиновий механізм і ролик 11 зусилля передається на повзун 8, який, переміщуючись ліворуч, забезпечує переміщення прихвату 15 та надійне закріплення деталі.

Після завершення механічної обробки отворів стиснене повітря подається у верхню порожнину пневмоциліндра, що спричиняє зворотне переміщення поршня 2 та штока 14 вниз. Під дією пружини 9 повзун 8 разом із прихватом 15

зміщується у правий бік, забезпечуючи розтискання деталі. Подальше встановлення та оброблення наступної заготовки виконується за аналогічною схемою.

Креслення розробленого затискного пристрою наведено у графічній частині роботи.

Похибку встановлення заготовки деталі “Шток” 1788-2729/002 у запропонованому пристрої визначено на основі залежності із врахуванням сумарного впливу похибок базування, закріплення та виготовлення елементів пристрою [15]:

$$\Delta \varepsilon_1 = \sqrt{\Delta_6^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{\text{пр}}^2} . \quad (3.1)$$

Для точної роботи пристрою потрібне забезпечення умови, яка полягає у тому, що сумарна похибка встановлення заготовки не перевищує допустимого поля допуску на розміри поверхонь, які обробляються на пристрої [15]. Вказану умову представлено у вигляді нерівності [15]:

$$\Delta \varepsilon_1 \leq T . \quad (3.2)$$

Точність розміру отвору $\varnothing 8H14(^{+0,36})$ та різьбових отворів М6-7Н забезпечено інструментами (свердлами), тому похибка базування на вказані розміри дорівнює нулю, тобто $\Delta_{\varnothing 8} = 0$.

Похибка установлення впливає виключно на забезпечення точності розмірів $\varnothing 56 \pm 0,1$ та $\varnothing 46 \pm 0,1$. Для оцінювання величини похибки установлення на вертикально-свердлильній операції з ЧПК 025 побудовано розрахункову схему, наведену на рис. 3.1.

З урахуванням конструктивних особливостей пристосування та прийнятої схеми базування, похибка базування $\Delta_{\varepsilon 56}$ при формуванні розмірів $\varnothing 56 \pm 0,1$ та $\varnothing 46 \pm 0,1$ визначається відповідно до залежності [15]:

$$\Delta \varepsilon_{6.55} = 0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} + 1 \right) , \quad (3.3)$$

де TD – допуск на розмір $\varnothing 20h6(-0,013)$, TD = 0,013 мм.

α – кут установчої призми, при $2\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 45^\circ$.

$$\text{Тоді, } \Delta_{6,56} = 0,5 \cdot 0,013 \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} + 1 \right) = 0,016 \text{ мм} = 16 \text{ мкм.}$$

Рисунок 3.1 – Схема розрахунку похибки установки штока на вертикально-свердильній з ЧПК операції 025

Похибка закріплення заготовки $\Delta_z = 60$ мкм.

Похибка пристосування $\Delta_{\pi} = 20$ мкм.

Похибка встановлення заготовки деталі “Шток” 1788-2729/002 у пристрої (3.1):

$$\Delta \varepsilon_1 = \sqrt{0,016^2 + 0,06^2 + 0,02^2} = 0,069 \text{ мм.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$0,069 \text{ мм} < 0,2 \text{ мм}$$

Отже, точність встановлення заготовки забезпечена.

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі

Для визначення необхідного зусилля затиску заготовки деталі “Шток” 1788-2729/002 на операції 025 свердильній з ЧПК розроблено розрахункову схему, що враховує найбільші навантаження із переходів операції при послідовному свердлінні отворів $\varnothing 8H14(+0,36)$ мм, коли виникає максимальний крутний момент різання $M_{кр}$ (рис. 3.2).

Базування заготовки в пристосуванні здійснюється за зовнішніми циліндричними поверхнями $\varnothing 20h6$ мм та $\varnothing 20h8$ мм, які встановлюються на призматичні опори, а також торцевою поверхнею на плоску базову опору.

Закріплення деталі реалізується по попередньо обробленій поверхні $\varnothing 20h6$ мм. Фіксація заготовки в пристосуванні виконується за допомогою притискного механізму з пневматичним приводом.

При свердлінні на заготовку діє крутний момент $M_{кр}$ що прагне викликати обертання заготовки. Затиск заготовки забезпечується силами тертя, що виникають у контактах «заготовка - призма» та «заготовка - притискач» під дією сили затиску.

Необхідна умова затиску заготовки:

$$P_3 = \frac{2K \cdot M_{кр}}{D_3 \cdot \left(\frac{f_2 + f_1}{\sin \alpha} \right)}, \quad (3.4)$$

де f_1, f_2 – коефіцієнти тертя між поверхнями заготовки та призмами та заготовки і притискача; $f_1 = f_2 = 0,18$;

α – половина кута призми, при $2\alpha = 90^\circ$, $\alpha = 45^\circ$;

D_3 – діаметр заготовки, по якому проходить затиск; $D_3 = 20$ мм.

Момент, що виникає при свердлінні отворів [14]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.5)$$

де $D = 8$ мм – діаметр свердла;

$S = 0,16$ мм/об – подача свердла;

$C_m = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ [14];

$$K_p = K_{мр}, \quad K_{мр} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,86.$$

Підставляємо дані у рівняння (3.5):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 8^{2,0} \cdot 0,16^{0,8} \cdot 0,86 = 4,38 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Коефіцієнт запасу $K = 3,2$.

Підставляємо дані у рівняння (3.4):

$$\text{Отже, } P_3 = \frac{2 \cdot 3,2 \cdot 4,38}{0,02 \cdot \left(\frac{0,18 + 0,18}{\sin 45} \right)} = 2753 \text{ Н.}$$

Перевіряємо умову затиску заготовки:

$$P_3 \leq W, \quad (3.6)$$

де W – сила на штоці пневмоциліндра, що збільшена за рахунок клинового механізму.

Із розрахункової схеми рис. 3.2, сила на штоці пневмоциліндра, що збільшена за рахунок клинового механізму з роликом:

$$W = \frac{F_1}{(\operatorname{tg}(\beta + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1)}, \quad (3.7)$$

де $\beta = 9^\circ$ кут клина.

φ – кут тертя $\varphi = 5^\circ$;

η – ККД, $\eta = 0,9$.

F_1 – сила, утворена тиском повітря у пневмоциліндрі.

Сила, утворена тиском повітря у пневмоциліндрі [15]:

$$F_1 = 0,785 \cdot (D_1^2 - d_1^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.8)$$

де $D_1 = 100$ мм діаметр циліндра;

$d_1 = 22$ мм діаметр штока.

Із рівняння (3.8) отримано:

$$F_1 = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,022^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2689,2 \text{ Н.}$$

Тоді

$$W = \frac{2689}{(\operatorname{tg}(9 + 5) + \operatorname{tg} 5)} = 7923 \text{ Н.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.6): $P_3 = 2753 \text{ Н} < W = 7923 \text{ Н}$. Отже, заготовка деталі “Шток” 1788-2729/002 надійно закріплюється на 025 свердлильній з ЧПК операції.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Вимоги безпеки праці під час експлуатації свердлильних та токарних верстатів

До самостійного виконання робіт на металорізальних верстатах (токарних, свердлильних, фрезерних та інших) допускаються особи, які досягли вісімнадцятирічного віку, пройшли у встановленому порядку попередній медичний огляд, професійне навчання, вступний та первинний інструктажі з питань охорони праці, стажування на робочому місці та перевірку знань вимог нормативно-правових актів з охорони праці відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці».

Працівники, зайняті на роботах із підвищеною небезпекою, повинні проходити спеціальне навчання і щорічну перевірку знань з питань охорони праці. Тривалість стажування на робочому місці встановлюється роботодавцем і, залежно від кваліфікації працівника та характеру виконуваних робіт, становить від 2 до 15 робочих змін.

Самостійне виконання технологічних операцій дозволяється лише в межах виданого виробничого завдання або наряду-допуску. Передача виконання робіт іншим особам без дозволу керівника робіт забороняється.

Під час роботи на металорізальних верстатах у зоні їх обслуговування не допускається перебування сторонніх осіб, які не беруть безпосередньої участі у виробничому процесі. Обмеження доступу сторонніх осіб спрямоване на запобігання виробничому травматизму та несанкціонованому втручанню в роботу обладнання.

Експлуатація металорізального обладнання забороняється у таких випадках:

- відсутні або пошкоджені захисні огороження, екрани та кожухи;
- несправні блокувальні пристрої, органи керування або системи аварійного вимкнення;

- порушено цілісність захисного заземлення чи занулення електрообладнання;
- несправна система сигналізації та освітлення;
- застосовується несправний, зношений або невідповідний різальний інструмент;
- відсутні підпірні роликові опори під час оброблення довгомірних заготовок;
- виявлені механічні пошкодження верстата, що можуть призвести до аварійної ситуації.

Виробниче обладнання, а також допоміжні пристрої, інструментальні шафи, стелажі та тумби повинні бути технічно справними, стійкими, відповідати вимогам ергономіки та, за необхідності, надійно закріплюватися до конструктивних елементів будівлі або фундаменту.

Технічне обслуговування обладнання

Очищення, регулювання, змащування, заміна різального інструменту, видалення стружки та виконання ремонтних робіт дозволяється проводити тільки після повної зупинки обладнання, вимкнення електроживлення та вжиття заходів, що унеможливають випадковий пуск верстата.

Під час виконання ремонтних робіт доцільно застосовувати систему блокування та маркування джерел енергії (Lockout/Tagout), яка забезпечує додатковий рівень безпеки під час технічного обслуговування обладнання.

Засоби індивідуального захисту

Під час роботи працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту відповідно до характеру технологічного процесу:

- костюм або комбінезон для захисту від загальних виробничих забруднень;
- спеціальне взуття з неслизькою підошвою;
- захисні окуляри або захисний щиток;
- протишумові навушники або беруші при рівні шуму понад 80–85 дБА;

- захисні рукавиці для виконання допоміжних операцій;
- респіратори або пилозахисні маски під час оброблення матеріалів, що утворюють дрібнодисперсний пил.

Спецодяг повинен бути застібнутим, щільно прилягати до тіла та не мати звисаючих елементів, які можуть бути захоплені обертовими частинами верстата.

Обмеження щодо допуску до роботи

Не допускається виконання робіт у стані алкогольного, наркотичного або токсичного сп'яніння, а також у разі погіршення самопочуття, підвищеної втоми чи психоемоційної нестабільності. При появі ознак нездужання, запаморочення або зниження концентрації уваги працівник зобов'язаний припинити роботу та повідомити безпосереднього керівника.

Виконання вимог нормативної документації

Працівники зобов'язані дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку, вимог інструкцій з охорони праці, правил пожежної безпеки та виробничої санітарії. Забороняється використовувати первинні засоби пожежогасіння та інше протипожежне обладнання не за прямим призначенням.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час експлуатації свердлильних та токарних верстатів на працівників можуть впливати такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Фізичні фактори:

- обертові елементи шпинделів, патронів, планшайб, різального інструменту;
- рухомі вузли верстатів і деталі, що обробляються;
- виліт стружки та частинок оброблюваного матеріалу;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- підвищені рівні шуму та вібрації;
- небезпечна дія електричного струму;
- недостатня або надмірна освітленість робочого місця;
- несприятливі параметри мікроклімату.

Психофізіологічні фактори:

- тривале статичне навантаження;
- вимушена робоча поза;
- монотонність виробничих операцій;
- зорове та нервово-емоційне напруження;
- необхідність постійного контролю точності оброблення та

підвищена відповідальність за результати роботи.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи верстатник зобов'язаний:

- пройти цільовий інструктаж у разі виконання разових або особливо небезпечних робіт;
- привести в порядок робочий одяг і засоби індивідуального захисту;
- перевірити справність верстата, захисних огорожень, блокувань і заземлення;
- оглянути стан електричних кабелів, органів керування та пристроїв аварійної зупинки;
- очистити робоче місце від сторонніх предметів, металевої стружки та розлитих мастильно-охолоджувальних рідин;
- перевірити наявність і справність дерев'яної діелектричної решітки або гумового килимка;
- переконатися у надійності закріплення заготовки та різального інструменту;
- відрегулювати місцеве освітлення таким чином, щоб світловий потік не засліплював працівника та забезпечував достатню освітленість зони різання;
- перевірити роботу верстата на холостому ході.

Роботу дозволяється розпочинати лише після усунення всіх виявлених несправностей та отримання дозволу безпосереднього керівника робіт.

4.2. Планування заходів з охорони праці та контроль за дотриманням вимог безпеки виробничого середовища

Ефективне функціонування системи управління охороною праці на підприємстві ґрунтується на плануванні та реалізації комплексу організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і профілактичних заходів, спрямованих на створення безпечних та нешкідливих умов праці, запобігання виробничому травматизму та професійним захворюванням. Відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний забезпечувати належне функціонування системи управління охороною праці та здійснювати постійний контроль за станом виробничого середовища.

Планування заходів з охорони праці здійснюється з урахуванням вимог нормативно-правових актів з охорони праці, державних стандартів, умов колективного договору, результатів оцінювання професійних ризиків, аналізу виробничого травматизму та професійної захворюваності, а також матеріалів розслідування нещасних випадків, аварій та інцидентів.

Основними інформаційними джерелами для розроблення планів з охорони праці є:

- нормативно-правові акти з охорони праці, державні стандарти та міжнародні стандарти серії ISO 45001;
- результати атестації робочих місць за умовами праці;
- результати інструментальних вимірювань параметрів виробничого середовища;
- матеріали внутрішніх і зовнішніх аудитів системи управління охороною праці;
- приписи органів державного нагляду та рекомендації контролюючих органів;
- дані моніторингу небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- пропозиції працівників та уповноважених осіб з питань охорони праці.

Залежно від тривалості реалізації та поставлених завдань розрізняють

перспективне, поточне та оперативне планування.

Перспективне планування

Перспективне планування здійснюється на період від двох до п'яти років та передбачає розроблення комплексного плану покращення умов і безпеки праці. До таких заходів належать:

- технічне переоснащення виробництва;
- модернізація технологічного обладнання;
- автоматизація та механізація виробничих процесів;
- реконструкція виробничих приміщень;
- впровадження сучасних систем вентиляції, кондиціонування та пилогазоочищення;
- упровадження сучасних засобів колективного захисту працівників;
- реалізація програм управління професійними ризиками.

Перспективні плани, як правило, включаються до колективного договору підприємства у вигляді комплексних заходів щодо досягнення встановлених нормативів безпеки та гігієни праці.

Поточне планування

Поточне планування здійснюється на календарний рік та спрямоване на конкретизацію заходів, передбачених перспективними програмами. Воно включає:

- розроблення річних планів роботи служби охорони праці;
- формування бюджету на фінансування заходів з охорони праці;
- придбання та заміну засобів індивідуального і колективного захисту;
- проведення навчання, інструктажів та перевірки знань працівників;
- організацію медичних оглядів;
- поліпшення санітарно-побутових умов праці;
- реалізацію заходів щодо покращення умов праці жінок, молоді та осіб з інвалідністю.

Оперативне планування

Оперативне планування здійснюється на місяць, квартал або інший

короткостроковий період та спрямоване на своєчасне усунення виявлених недоліків у сфері охорони праці. До його основних завдань належать:

- виконання приписів органів державного нагляду;
- усунення порушень, виявлених під час внутрішнього контролю;
- реалізація коригувальних та запобіжних заходів за результатами аудитів;
- ліквідація наслідків аварій та нещасних випадків;
- виконання заходів щодо підготовки підприємства до роботи в осінньо-зимовий період та в умовах надзвичайних ситуацій.

Контроль за станом охорони праці

Контроль у сфері охорони праці є невід'ємною складовою системи управління охороною праці та спрямований на перевірку відповідності фактичного стану виробничого середовища вимогам нормативно-правових актів.

Основними завданнями контролю є:

- перевірка відповідності параметрів виробничого середовища встановленим нормативам;
- контроль рівнів небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- оцінювання ефективності виконання профілактичних заходів;
- перевірка забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;
- контроль своєчасності проведення навчання та інструктажів;
- перевірка виконання посадовими особами покладених на них обов'язків у сфері охорони праці.

Основними формами контролю є:

Державний нагляд

Здійснюється уповноваженими органами державного нагляду, насамперед Державною службою України з питань праці, шляхом проведення планових та позапланових перевірок додержання вимог законодавства про охорону праці.

Відомчий контроль

Проводиться службами охорони праці міністерств, корпорацій, концернів, холдингів та інших галузевих об'єднань відповідно до їхніх повноважень.

Внутрішній (оперативний) контроль

Покладається на роботодавця, керівників структурних підрозділів, службу охорони праці та інженерно-технічних працівників. Він включає оперативні перевірки робочих місць, проведення внутрішніх аудитів та постійний моніторинг стану виробничого середовища.

Громадський контроль

Здійснюється уповноваженими найманими працівниками особами та представниками профспілкових організацій, які мають право перевіряти дотримання вимог охорони праці та вносити роботодавцю відповідні пропозиції.

Комісійний контроль

Проводиться спеціально створеними комісіями за участю представників служби охорони праці, керівників структурних підрозділів, фахівців технічних служб та представників трудового колективу.

Оцінювання ефективності системи управління охороною праці

Ефективність функціонування системи управління охороною праці оцінюється за сукупністю кількісних та якісних показників, до яких належать:

- коефіцієнт частоти нещасних випадків;
- коефіцієнт тяжкості виробничого травматизму;
- рівень професійної захворюваності;
- показники забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- кількість виявлених та усунутих небезпечних факторів;
- відсоток виконання запланованих профілактичних заходів;
- показники професійного ризику та виробничих втрат.

Інформаційною базою для проведення аналізу є:

- акти розслідування нещасних випадків;
- статистична звітність щодо виробничого травматизму;

- журнали оперативного контролю;
- акти перевірок і приписи контролюючих органів;
- матеріали атестації робочих місць;
- паспорти санітарно-технічного стану виробничих підрозділів.

Стимулювання діяльності у сфері охорони праці

Важливим елементом функціонування системи управління охороною праці є економічне та моральне стимулювання працівників за дотримання вимог безпеки праці. На підприємстві доцільно впроваджувати положення про мотивацію працівників, яким передбачається:

- заохочення за безаварійну роботу та відсутність виробничого травматизму;
- преміювання за активну участь у виявленні та усуненні професійних ризиків;
- стимулювання працівників за подання пропозицій щодо покращення умов праці;
- застосування заходів дисциплінарного впливу до осіб, які порушують вимоги нормативно-правових актів з охорони праці.

Комплексне планування та систематичний контроль за станом охорони праці забезпечують підтримання безпечного виробничого середовища, зниження рівня виробничого травматизму, підвищення культури безпеки праці та ефективне функціонування системи управління охороною праці на підприємстві.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено, що деталь “Шток” 1788-2729/002 є складовою частиною пневмоциліндра, що використовується для створення приводного лінійного руху та зусилля для різних важільних та клинових механізмів, за рахунок перетворення тиску повітря, що подається у циліндр. Основне функціональне призначення штока полягає у забезпеченні передачі лінійних навантажень від поршня пневматичного приводу, а також у створенні базової поверхні для встановлення та фіксації рухомих елементів пневмоциліндра. Деталь виготовляється із сталі 45.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Шток” 1788-2729/002 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

Річна програма випуску деталей відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому у проєктному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, спрямовані на підвищення продуктивності праці та автоматизації виробничих процесів: для формування центрувальних отворів та зовнішніх торців штока впроваджено першу операцію фрезерно-центрувальну; операції проточування зовнішніх циліндричних поверхонь, підрізання торців, нарізання кільцевих канавок та різьби виконуються на токарному верстаті з ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів; оброблення восьми отворів здійснюється на свердлильному верстаті з ЧПК замість координатно-розточного верстата; для свердління отворів із одночасним утворенням фасок використовуються комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі.

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. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 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. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

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

14. 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.

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

16. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Конструювання пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2015. 141 с.