

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
фланця 55.408 редуктора

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

(шифр і назва спеціальності)

Курило В.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Окіпний І.Б.
(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 фланця 55.408 редуктора” студента групи МПс-41 Курило В.С. Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Окіпний І.Б.

Мета роботи - вдосконалення базового технологічного процесу механічного оброблення фланця 55.408 для середньосерійного виробництва.

У першій частині, застосовуючи базові критерії, проведено аналіз технологічності конструкції фланця. Відповідно до переглянутих якісних і кількісних показників деталей “Фланець” 55.408 є технологічною. Вивчено креслення і технічні вимоги до деталі. Проаналізовано базовий технологічний процес виготовлення фланця 55.408, що відповідає дрібносерійному типу виробництва. Зокрема, передбачено використання універсального технологічного обладнання із стандартними та спеціальними пристроями з механізованими приводами затискних механізмів. Механічна обробка поверхонь деталі виконується стандартним універсальним ріжучими інструментами (різцями, свердлами, зенкерами, розвертками, шліфувальними кругами тощо).

Для річної програми випуску 40000 шт., що відповідає середньосерійному типу виробництва, у проектному варіанті технологічного процесу передбачено зміни, спрямовані на підвищення продуктивності праці та автоматизації виробничих процесів.

У другій частині проведено порівняння способів виготовлення заготовок фланця. Застосування способу одержання заготовки деталі “Фланець” 55.408 литтям в кокіль дозволяє одержати більший коефіцієнт використання матеріалу ніж лиття в піщані форми, застосовуючи їх машинне формуванням за металевими моделями, тому для проектування технологічного процесу виготовлення деталі вибрано другий спосіб одержання заготовки литво в кокіль. 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 одночасного свердління шести отворів в деталі на 025 вертикально-свердильній операції виконано проектування спеціального кондуктора та шестишпindelної свердильної головки для підвищення точності та продуктивності свердління отворів на вертикально-свердильному верстаті.

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. Вибір способу одержання заготовки.....	
2.2. Вибір технологічних баз.....	
2.3. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі.....	
2.4. Визначення припусків на оброблення.....	
2.5. 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. Розроблення інженерно-технічних та організаційно-технологічних заходів щодо зниження шумового навантаження на виробництві.....	
4.2. Інструкції з охорони праці на підприємстві: основні вимоги та порядок розроблення.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі модернізовано базовий технологічний процес механічного оброблення фланця 55.408 для середньосерійного типу виробництва. Деталь “Фланець” 55.408 є складовою частиною редуктора стрічкового конвеєра, що використовується для передачі крутного моменту та зменшення частоти обертання вала приводу барабана із стрічкою при транспортуванні сипких та кускових матеріалів. Основне функціональне призначення фланця полягає у передачі крутного моменту, забезпеченні точного взаємного розміщення елементів редуктора і зменшення динамічних навантажень під час роботи конвеєра. Деталь виготовляється із сталі 35Л.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі “Фланець” 55.408 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: отримання заготовки доцільно здійснювати точними способами лиття, зокрема литтям в кокіль для зменшення припусків механічного оброблення; токарне оброблення поверхонь доцільно виконувати на токарному верстаті з ЧПК; для свердління отворів із одночасним утворенням фасок доцільно використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі; для одночасного свердління шести отворів на вертикально-свердлильній операції доцільно застосувати багатошпіндельну свердлильну головку із відповідним кондуктором.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Фланець” 55.408 є складовою частиною редуктора стрічкового конвеєра, що використовується для передачі крутного моменту та зменшення частоти обертання вала приводу барабана із стрічкою при транспортуванні сипких та кускових матеріалів.

Основне функціональне призначення фланця полягає у передачі крутного моменту, забезпеченні точного взаємного розміщення елементів редуктора і зменшення динамічних навантажень під час роботи конвеєра.

До основних поверхонь деталі, за допомогою яких виконується з’єднання деталей вузла редуктора належать: внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 100J7\left(\begin{smallmatrix} +0,022 \\ -0,013 \end{smallmatrix}\right)$; Ra 2,5, яка призначена для встановлення радіального шарикового підшипника кочення, внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 85H8\left(\begin{smallmatrix} +0,054 \\ \end{smallmatrix}\right)$; Ra 2,5, що застосовується для встановлення фланця на валі; зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 162h7\left(\begin{smallmatrix} -0,04 \\ \end{smallmatrix}\right)$; Ra 2,5 для точного розміщення спряженого колеса, на яке передається крутний момент; внутрішня фаска $2 \times 15^\circ$; Ra 2,5 – для покращення процесу складання вузла; торці 32h14; Ra 12,5 – забезпечують точне взаємне розміщення спряжених елементів вузла; шість отворів $\varnothing 9H12$; Ra 12,5 – призначені для кріплення спряженого колеса до фланця за допомогою болтів; отвір з різьбою M8-7H – для загвинчування маслянки.

Інші поверхні, зокрема площини, внутрішні та зовнішні циліндричні поверхні, фаски визначають конфігурацію фланця, та виконують допоміжні функції для кріплення та базування деталей спряження у редукторі.

Деталь “Фланець” 55.408 за даними креслення із завдання, назначено виготовляти зі сталі 35Л ДСТУ 8781:2018. Аналогами є сплави EN-GP240GH (EN 10213) (Євросоюз), J03502, AISI 1035 (США). Використання сталі марки 35Л як конструкційного матеріалу для виготовлення фланця редуктора є технологічно та експлуатаційно доцільним, що обумовлено комплексом її

фізико-механічних і ливарних характеристик, які відповідають умовам функціонування фланцевих деталей трансмісійних механізмів. Застосування даного матеріалу забезпечує оптимальне поєднання технологічності виготовлення заготовки методом лиття та необхідних показників міцності в процесі експлуатації вузла.

У таблицях 1.1 та 1.2 наведено детальні відомості щодо хімічного складу сталі 35Л, а також результати механічних випробувань, які характеризують його міцність, твердість, пластичність та інші фізико-механічні показники.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 35Л ДСТУ 8781:2018, %

Хімічний елемент	%
(Si)	0,20-0,52
(Cu), не більше	0,30
(Mn)	0,40 – 0,90
(Ni), не більше	0,30
(P), не більше	0,04
(Cr), не більше	0,30
(S), не більше	0,045

Суттєвою технологічною перевагою сталі 35Л є її задовільні ливарні характеристики, зокрема достатня рідкоплинність розплаву, здатність до якісного заповнення порожнини ливарної форми та порівняно низька схильність до формування дефектів ливарного походження, таких як усадочні раковини, газова пористість і гарячі тріщини. Завдяки цьому забезпечується можливість отримання заготовок складної просторової конфігурації, характерної для конструкції фланців редукторних вузлів, із високим ступенем наближення до геометрії готової деталі, а відповідно і малими припусками на механічне оброблення.

Таблиця 1.2 – Результати механічних випробувань сталі 35Л ДСТУ 8781:2018

Термообробка, стан поставки	Переріз, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/м ²	НВ	ρ , г/см ³
Нормалізація 860-880 °С. Відпуск 600-630 °С.	<100	280	500	15	25	35		7,85
Гартування 860-880 °С. Відпуск 600-630 °С.	<100	350	550	16	20	30	160	
Відпал 850 °С, піч	30	255	530	19	34	49	146	
Відпал 950 °С, піч.	30	255	530	22	39	64	143	

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

З метою вдосконалення базового технологічного процесу виготовлення деталі “Фланець” 55.408 виконано аналіз технічних вимог, зокрема параметрів якості оброблюваних поверхонь. У процесі аналізу вимог до точності геометричних параметрів та показників шорсткості поверхням деталі присвоєно відповідні номери, результати чого систематизовано та представлено в таблиці 1.3.

Проведений аналіз використано як вихідну інформаційну основу для обґрунтування вибору способів механічного оброблення, встановлення раціональної послідовності виконання технологічних операцій, а також визначення технологічних баз, необхідних для забезпечення регламентованої точності виготовлення поверхонь деталі. За результатами аналізу поверхні фланця систематизовано та пронумеровано з метою формування оптимального маршруту механічної обробки, що наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічні вимоги до поверхонь деталі “Фланець” 55.408

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1, 9	Торцева поверхня $32_{-0,62}$	14	Ra 12,5
2	Внутрішня фаска $2 \times 15^\circ$	14	Ra 12,5
3	Отвір $\varnothing 85H8(^{+0,054})$	8	Ra 2,5
4	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 105$	Одержана при формуванні заготовки литтям	Rz 200
5	Торцева поверхня 5	Одержана при формуванні заготовки литтям	Rz 200
6	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 196$	Одержана при формуванні заготовки литтям	Rz 200
7	Торцева поверхня $19^{+0,1}$	11	Ra 12,5

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
8	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 120$; R10	Одержана при формуванні заготовки литтям	Rz 200
10	Отвір $\varnothing 100J7 \begin{pmatrix} +0,022 \\ -0,013 \end{pmatrix}$	7	Ra 2,5
11	Внутрішня торцева поверхня $19^{+0,1}$	11	Ra 6,3
12	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 162h7(-0,04)$	7	Ra 2,5
14...19	Шість отворів $\varnothing 9H12$; $\varnothing 178 \pm 0,22$	12	Ra 12,5
20	Плоска поверхня $59h14(-0,74)$	14	Ra 12,5
21	Наскрізний отвір $\varnothing 6,65^{+0,34}$; $l=9$; $7 \pm 0,2$ під різь М8-7Н	12	Ra 6,3
22	Наскрізний різевий отвір М8-7Н; $l=9$; $7 \pm 0,2$	12 (7)	Ra 6,3
23	Внутрішня фаска $1 \times 45^\circ$	14	Ra 12,5

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

З метою оцінювання технологічності деталі «Фланець» 55.408 враховано річну програму випуску в обсязі 40000 шт., що відповідає умовам середньосерійного виробництва. Для зазначеного типу виробництва доцільним є застосування високопродуктивних способів отримання заготовок литтям, які забезпечують повторюваність геометричних параметрів фланця і зниження трудомісткості його виготовлення. Крім того, виникає потреба у використанні спеціалізованого технологічного оснащення з механізованими затискними елементами для надійної фіксації заготовок у процесі оброблення. Виконано аналіз креслення деталі щодо вимог до точності геометричних параметрів, взаємного розташування поверхонь та показників їх якості.

Використання сталі 35Л як матеріалу для виготовлення фланця редуктора є технологічно обґрунтованим, оскільки даний матеріал характеризується сприятливим поєднанням ливарних і механічних властивостей, що

відповідають умовам функціонування деталі. Водночас сталь 35Л забезпечує задовільну оброблюваність різанням і придатність до формування заготовок методами лиття, що сприяє підвищенню ефективності виробничого процесу.

З точки зору механічного оброблення конструкція фланця характеризується достатнім рівнем технологічності, оскільки її геометрична конфігурація допускає використання високопродуктивних режимів різання та ефективного інструментального оснащення. Наявність базових поверхонь створює передумови для забезпечення базування та стабільного закріплення заготовки під час виконання чорнових і чистових технологічних переходів, що позитивно впливає на точність виготовлення деталі.

З метою забезпечення регламентованої кресленням точності формоутворення поверхонь фланця на початкових етапах технологічного процесу доцільно передбачити виконання операцій підрізання торцевих поверхонь 1 і 9, а також розточування центральних отворів 3 та 10. Зазначені поверхні в подальшому використовуватимуться як основні технологічні бази під час виконання наступних операцій механічного оброблення.

Для одержання необхідних параметрів торців, отворів, різьбових поверхонь, площин деталі можливе застосування стандартних різальних інструментів: різців, фрез, свердел, шліфувальних кругів, мітчиків тощо. Як основне технологічне обладнання доцільно використовувати токарний верстат з ЧПК, вертикально-свердлильний верстат з багатошпиндельною свердлильною головою, внутрішньошліфувальний та круглошліфувальний верстати, використовуючи принцип концентрації операцій для умов середньосерійного типу виробництва.

Отже, за якісними характеристиками деталь «Фланець» 55.408 є технологічною в умовах середньосерійного виробництва.

До проведено вище аналізу здійснено кількісну оцінку технологічності фланця з використанням таких критеріїв: коефіцієнта точності, коефіцієнта шорсткості та коефіцієнта уніфікації. Розрахунки виконано із використанням даних табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

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

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 5 + 12 \cdot 8 + 11 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 7 \cdot 2}{18} = 12,8;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{12,8} = 0,92.$$

При $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$ деталь «Фланець» 55.408 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

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

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 3 + 4 \cdot 3 + 3 \cdot 12}{18} = 3,5,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{3,5} = 0,29.$$

При $K_{\text{ш}} = 0,29 > 0,16$ деталь «Фланець» 55.408 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{\text{у.є.}} = \frac{N_{\text{у.є.}}}{N_{\text{е}}} = \frac{14}{18} = 0,78.$$

При $K_{\text{у.є.}} = 0,78 > 0,6$ деталь «Фланець» 55.408 є технологічною.

Таким чином, за кількісними показниками деталь «Фланець» 55.408 є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Перелік технологічного обладнання для виконання операцій базового технологічного процесу виготовлення фланця 55.408 представлено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Технологічне обладнання базового технологічного процесу виготовлення фланця 55.408

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
005, 010 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон трьохкулачковий
015 Внутрішньо-шліфувальна	Внутрішньо-шліфувальний верстат 3K227B	Патрон трьохкулачковий
020 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3M150	Патрон трьохкулачковий
025 Координатно-розточна	Координатно-розточний верстат 2421	Пристосування спеціальне із базуванням деталі по отвору з упором в торець
030 Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат 6P12	Пристрій спеціальний з ручним приводом затиску
035 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2H125	Кондуктор спеціальний з ручним приводом затиску
040 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2H125	Підставка спеціальна
045 Різенарізна	Різенарізний напівавтомат 2056	Підставка спеціальна
050 Контроль	Стіл контролера	Універсальні вимірювальні інструменти

Аналізуючи технологічний процес виготовлення фланця 24.508 на підприємстві, визначено, що він відповідає середньосерійному типу виробництва. Зокрема, передбачено використання універсального технологічного обладнання із стандартними та спеціальними пристроями з механізованими приводами затискних механізмів. Механічна обробка поверхонь деталі виконується стандартним універсальним ріжучими інструментами (різцями, свердлами, зенкерами, розвертками, шліфувальними кругами тощо).

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У першій частині розглянуто технічні вимоги деталі «Фланець» 55.408 як складової частини редуктора стрічкового конвеєра, що використовується для передачі крутного моменту та зменшення частоти обертання вала приводу барабана із стрічкою при транспортуванні сипких та кускових матеріалів. На основі приведеного аналізу встановлено, що деталь «Фланець» 55.408 є технологічною в умовах середньосерійного типу виробництва.

Використання сталі 35Л як матеріалу для виготовлення фланця редуктора є технологічно обґрунтованим, оскільки даний матеріал характеризується сприятливим поєднанням ливарних і механічних властивостей, що відповідають умовам функціонування деталі. Водночас сталь 35Л забезпечує задовільну оброблюваність різанням і придатність до формування заготовок методами лиття, що сприяє підвищенню ефективності виробничого процесу.

З метою забезпечення регламентованої кресленням точності формоутворення поверхонь фланця на початкових етапах технологічного процесу доцільно передбачити виконання операцій підрізання торцевих поверхонь 1 і 9, а також розточування центральних отворів 3 та 10. Зазначені поверхні в подальшому використовуватимуться як основні технологічні бази під час виконання наступних операцій механічного оброблення.

Для одержання необхідних параметрів торців, отворів, різбових поверхонь, площин деталі можливе застосування стандартних різальних інструментів: різців, фрез, свердел, шліфувальних кругів, мітчиків тощо. Як основне технологічне обладнання доцільно використовувати токарний верстат з ЧПК, вертикально-свердлильний верстат з багатошпиндельною свердлильною головою, внутрішньошліфувальний та круглошліфувальний верстати, використовуючи принцип концентрації операцій для умов середньосерійного типу виробництва.

Базовий технологічний процес виготовлення фланця 55.408 за основними ознаками відповідає дрібносерійному виробництву. Зокрема, передбачено

використання універсального технологічного обладнання із стандартними та спеціальними пристроями з механізованими приводами затискних механізмів. Механічна обробка поверхонь деталі виконується стандартним універсальним ріжучими інструментами (різцями, свердлами, зенкерами, розвертками, шліфувальними кругами тощо).

Річна програма випуску, що становить 40000 шт. відповідно до завдання, характеризує середньосерійний тип виробництва. Тому процес проектування технологічного доцільно доповнити такими змінами:

- отримання заготовки здійснювати точними способами лиття, зокрема литтям в кокіль для зменшення припусків механічного оброблення;
- токарне оброблення поверхонь доцільно виконувати на токарному верстаті з ЧПК;
- для свердління отворів із одночасним утворенням фасок використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі;
- для одночасного свердління шести отворів на вертикально-свердлильній операції застосувати багатошпindelну свердлильну головку із відповідним кондуктором для підвищення продуктивності праці.

Запропоновані зміни базового технологічного процесу дозволять підвищити продуктивність виготовлення деталі «Фланець» 55.408 в умовах середньосерійного виробництва.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі “Фланець” 55.408 сталь 35Л ДСТУ 8781:2018 має задовільні ливарні характеристики, зокрема достатня рідкоплинність розплаву, здатність до якісного заповнення порожнини ливарної форми та порівняно низька схильність до формування дефектів ливарного походження, таких як усадочні раковини, газова пористість і гарячі тріщини, тому для виготовлення заготовок фланців доцільно використовувати різні методи литва.

Вибір способу одержання заготовки з двох можливих варіантів здійснено за коефіцієнтом використання матеріалу. Для порівняння прийнято такі методи одержання заготовки:

1. Лиття в піщані форми, застосовуючи їх машинне формуванням за металевими моделями;
2. Лиття в кокіль.

Для першого варіанта характерні 9-й клас точності розмірів і 3-й ряд припусків. Для другого варіанта прийнято 7-й клас точності розмірів та 2-й ряд припусків.

Для вказаних способів лиття заготовок виконано їх проектування із визначенням припусків для поверхонь, що піддаються механічному обробленню. Масу заготовки визначено як сумарну масу припусків та маси готової деталі, що дорівнює 2,35 кг.

Значення загальних припусків деталі “Фланець” 55.408 наведено у табл. 2.1.

Ескізи запропонованих варіантів заготовок зображено на рис. 2.1 (лиття в піщані форми, застосовуючи їх машинне формуванням за металевими моделями) та на рис. 2.2 (лиття в кокіль).

Масу заготовки визначаємо як суму маси припусків та маси готової деталі:

$$Q = q + m_{\text{пр}}; \quad (2.1)$$

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho, \quad (2.2)$$

де $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$.

Таблиця 2.1 – Значення загальних припусків деталі “Фланець” 55.408

Оброблювана поверхня, її розмір, точність	Параметр шорсткості деталі, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальний припуск, мм	Розмір заготовки із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5
1) Лиття в піщані форми, застосовуючи їх машинне формуванням за металевими моделями				
Торцева поверхня 32 _{-0,62}	Ra 12,5	1,8	2,8 × 2 = 5,6	37,6±0,9
Отвір Ø85H8(^{+0,054})	Ra 2,5	2,2	4,0 × 2 = 8,0	Ø77±1,1
Отвір Ø100J7(^{+0,022} _{-0,013})	Ra 2,5	2,2	4,0 × 2 = 8,0	Ø92±1,1
Внутрішня торцева поверхня 19 ^{+0,1}	Ra 6,3	1,6	2,4	16,6±0,8
Зовнішня циліндрична поверхня Ø196	Rz 200	2,8	–	Ø196±1,4
Зовнішня циліндрична поверхня Ø120; R10	Rz 200	2,4	–	Ø120±1,2
Торцева поверхня 5	Rz 200	1,1	–	5±0,55
Зовнішня циліндрична поверхня Ø105	Rz 200	2,4	–	Ø105±1,2
Зовнішня циліндрична поверхня Ø162h7(_{-0,04})	Ra 2,5	2,8	4,5 × 2 = 9,0	Ø171±1,4
Торцева поверхня 19 ^{+0,1}	Ra 12,5	1,6	2,4	16,6±0,8
Плоска поверхня 59h14(_{-0,74})	Ra 12,5	2,0	3,2	62,2±1,0
2) ЛИТТЯ В КОКІЛЬ				
Торцева поверхня 32 _{-0,62}	Ra 12,5	0,9	1,1 × 2 = 2,2	34,2±0,45
Отвір Ø85H8(^{+0,054})	Ra 2,5	1,1	2,0 × 2 = 4,0	Ø81±0,55
Отвір Ø100J7(^{+0,022} _{-0,013})	Ra 2,5	1,1	2,0 × 2 = 4,0	Ø96±0,55
Внутрішня торцева поверхня 19 ^{+0,1}	Ra 6,3	0,8	1,0	18±0,4
Зовнішня циліндрична поверхня Ø196	Rz 200	1,4	–	Ø196±0,7
Зовнішня циліндрична поверхня Ø120; R10	Rz 200	1,2	–	Ø120±0,6
Торцева поверхня 5	Rz 200	0,56	–	5±0,28
Зовнішня циліндрична поверхня Ø105	Rz 200	1,2	–	Ø105±0,6

Закінчення таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 162h7_{(-0,04)}$	Ra 2,5	1,4	$2,4 \times 2 = 4,8$	$\varnothing 166,8 \pm 0,7$
Торцева поверхня $19^{+0,1}$	Ra 12,5	0,8	1,0	$18 \pm 0,4$
Плоска поверхня $59h14_{(-0,74)}$	Ra 12,5	1,0	2,0	$61,0 \pm 0,5$

Об'єми припусків окремих елементів заготовки:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot (D - d)^2 \cdot H}{4}, \quad (2.3)$$

де D, d, H – номінальні розміри припусків, мм.

Отже, об'єми припусків окремих елементів заготовки, одержаної литвом в піщані форми, застосовуючи їх машинне формування за металевими моделями:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (105^2 - 77^2) \cdot 2,8}{4} = 11201 \text{ мм}^3 = 11,201 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (196^2 - 171^2) \cdot 2,4}{4} = 17286 \text{ мм}^3 = 17,286 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (171^2 - 162^2) \cdot 9}{4} = 21174 \text{ мм}^3 = 21,174 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (85^2 - 77^2) \cdot 14}{4} = 13226 \text{ мм}^3 = 13,226 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot (100^2 - 92^2) \cdot 16,6}{4} = 20016 \text{ мм}^3 = 20,016 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot (100^2 - 77^2) \cdot 2,4}{4} = 7670 \text{ мм}^3 = 7,67 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр7}} = \frac{\pi \cdot (120^2 - 92^2) \cdot 2,8}{4} = 13047 \text{ мм}^3 = 13,047 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр8}} = \frac{\pi \cdot 8^2 \cdot 9}{4} = 452 \text{ мм}^3 = 0,45 \text{ см}^3.$$

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

$$V_{\text{пр}} = 11,201 + 17,286 + 21,174 + 13,226 + 20,016 + 7,670 + 13,047 + 0,45 = 104,07 \text{ см}^3.$$

Для заготовки одержаної литвом в кокіль:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (105^2 - 81^2) \cdot 1,1}{4} = 3855 \text{ мм}^3 = 3,855 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (196^2 - 166,8^2) \cdot 1,0}{4} = 8316 \text{ мм}^3 = 8,316 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (166,8^2 - 162^2) \cdot 9}{4} = 11150 \text{ мм}^3 = 11,150 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (85^2 - 81^2) \cdot 13}{4} = 6776 \text{ мм}^3 = 6,776 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot (100^2 - 96^2) \cdot 18}{4} = 11078 \text{ мм}^3 = 11,078 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot (100^2 - 81^2) \cdot 1,0}{4} = 2700 \text{ мм}^3 = 2,70 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр7}} = \frac{\pi \cdot (120^2 - 96^2) \cdot 1,1}{4} = 4476 \text{ мм}^3 = 4,476 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр8}} = \frac{\pi \cdot 8^2 \cdot 9}{4} = 452 \text{ мм}^3 = 0,45 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр}} = \sum V_{\text{прi}}.$$

$$V_{\text{пр}} = 3,855 + 8,316 + 11,150 + 6,776 + 11,078 + 2,7 + 4,476 + 0,45 = 48,801 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу припусків:

– лиття в піщані форми, застосовуючи їх машинне формуванням за металевими моделями:

$$m_{\text{пр1}} = 104,07 \cdot 7,85 = 817 \text{ г} = 0,817 \text{ кг}.$$

– для лиття в кокіль:

$$m_{\text{пр2}} = 48,801 \cdot 7,85 = 383 \text{ г} = 0,383 \text{ кг.}$$

Визначаємо масу заготовок:

– лиття в піщані форми, застосовуючи їх машинне формуванням за металевими моделями:

$$Q_1 = 2,35 + 0,817 = 3,167 \text{ кг.}$$

– лиття в кокіль:

$$Q_2 = 2,35 + 0,383 = 2,733 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в}} = \frac{q}{Q}, \quad (2.4)$$

– лиття в піщані форми, застосовуючи їх машинне формуванням за металевими моделями:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{2,35}{3,167} = 0,74;$$

– лиття в кокіль:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{2,35}{2,733} = 0,86.$$

Застосування способу одержання заготовки деталі “Фланець” 55.408 литтям в кокіль дозволяє одержати більший коефіцієнт використання матеріалу ніж лиття в піщані форми, застосовуючи їх машинне формуванням за металевими моделями, тому для проектування технологічного процесу виготовлення деталі вибрано другий спосіб одержання заготовки.

2.2. Вибір технологічних баз

Для виконання технологічного процесу механічного оброблення деталі “Фланець” 55.408 на початкових етапах використано чорнові бази з наступним переходом на чистові базові поверхні. Для забезпечення регламентованої кресленням точності формоутворення поверхонь фланця на початкових етапах технологічного процесу передбачено виконання операцій підрізання торцевих

поверхонь 1 і 9, а також розточування центральних отворів 3 та 10. Зазначені поверхні в подальшому використовуються як основні технологічні бази під час виконання наступних операцій механічного оброблення.

Схеми базування деталі “Фланець” 55.408 відображено у таблиці 2.2.

На першій операції використовується базування деталі по торцю 1 і зовнішній циліндричній поверхні 6.

На другій операції використовується базування деталі по торцю 1 і зовнішній циліндричній поверхні 6.

На третій операції виконується базування деталі по торцю 1 і зовнішній циліндричній поверхні 12.

На четвертій операції використовується оправка спеціальна розтискна із базуванням деталі по торцю 1 і внутрішній циліндричній поверхні 10.

На п'ятій операції використовується базування деталі по торцю 9 та внутрішній циліндричній поверхні 10 з орієнтацією по плоскій поверхні 20.

На шостій операції використовується базування деталі по внутрішній циліндричній поверхні 3, торцю 1 на оправку та по отвору 14 на зрізаний палець.

На сьомій та восьмій операціях використовується базування деталі по внутрішній циліндричній поверхні 3, торцю 9 на розтискну цангу та по отвору 14 на циліндричний палець.

2.3. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

У процесі технологічного проектування механічного оброблення деталі «Фланець» 55.408 проаналізовано два альтернативні варіанти забезпечення заданих параметрів точності оброблюваних поверхонь. На основі порівняльного аналізу та синтезу прийнятих технологічних рішень сформовано раціональний операційний технологічний процес виготовлення фланця, адаптований до умов середньосерійного виробництва із використанням токарного верстата з ЧПК та багатоінструментальних наладок.

Варіанти механічного оброблення для забезпечення заданих параметрів точності оброблюваних поверхонь деталі «Фланець» 55.408 представлено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрути оброблення поверхонь деталі «Фланець» 55.408

№ 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, 9	Торцева поверхня 32 _{-0,62}	14	Ra 12,5	Підрізання торця однократне	
2	Внутрішня фаска 2× 15°	14	Ra 12,5	Розточування напівчистове Розточування чистове	
3	Отвір Ø85H8 ^(+0,054)	8	Ra 2,5	Розточування чорнове Розточування напівчистове Розточування чистове	Розточування чорнове Розточування напівчистове Шліфування внутрішнє напівчистове
4	Зовнішня циліндрична поверхня Ø105	16	Rz 200	Не обробляється	—
5	Торцева поверхня 5	16	Rz 200	Не обробляється	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
6	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 196$	16	Rz 200	Не обробляється	
7	Торцева поверхня $19^{+0,1}$	11	Ra 12,5	Підрізання торця чорнове Підрізання торця напівчистове	
8	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 120$; R10	16	Rz 200	Не обробляється	
10	Отвір $\varnothing 100J7\left(\begin{smallmatrix} +0,022 \\ -0,013 \end{smallmatrix}\right)$	7	Ra 2,5	Розточування чорнове Розточування напівчистове Шліфування напівчистове Шліфування чистове	
11	Внутрішня торцева поверхня $19^{+0,1}$	11	Ra 6,3	Підрізання торця чорнове Підрізання торця напівчистове	
12	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 162h7(-0,04)$	7	Ra 2,5	Точіння чорнове Точіння напівчистове Шліфування напівчистове Шліфування чистове	Точіння чорнове Точіння напівчистове Обточування чистове Обточування тонке
14... 19	Отвори $\varnothing 9H12$; $\varnothing 178\pm 0,22$;	12	Ra 12,5	Центрування отворів на верстаті з ЧПК Свердління отворів на верстаті з ЧПК	Центрування отворів Свердління отворів
20	Плоска поверхня $59h14(-0,74)$	14	Ra 12,5	Фрезерування дисковою фрезою чорнове	Фрезерування кінцевою фрезою чорнове

Закінчення таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
21	Наскрізний отвір $\varnothing 6,65^{+0,34}$; $l=9$; $7\pm 0,2$ під різь М8-7Н	12	Ra 6,3	Свердління із застосуванням кондуктора	Центрування Свердління
22	Наскрізний різевий отвір М8-7Н; $l=9$; $7\pm 0,2$	12 (7)	Ra 6,3	Нарізання різьби мітчиком	
23	Внутрішня фаска $1\times 45^\circ$	14	Ra 12,5	Формування при свердлінні комбінованим інструментом	Зенкування

Для умов середньосерійного типу виробництва на основі даних таблиці 2.3 сформовано остаточний маршрут механічного оброблення деталі. Запропоновано: токарне оброблення поверхонь виконувати на токарному верстаті з ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів; для свердління шести отворів із одночасним утворенням фасок використовувати комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі замість звичайних інструментів із виконанням двох окремих операцій; для одночасного свердління шести отворів на вертикально-свердлильній операції застосувати багатошпиндельну свердлильну головку із відповідним кондуктором для підвищення продуктивності праці.

005. Токарно-гвинторізна

2. Підрізати остаточно торець 1, витримуючи розмір $34,8_{-0,62}$.

3. Розточити фаску 2, витримуючи розмір $5\times 15^\circ$.

010. Токарна з ЧПК.

2. Підрізати остаточно торець 9, витримуючи розмір $32_{-0,62}$.

3. Розточити попередньо отвір 10 з попередньою підрізкою торця 11 та розточити попередньо отвір 3, витримуючи розміри $\varnothing 99,17^{+0,87}$; $18,6^{+0,52}$; $\varnothing 83,5^{+0,87}$ послідовно за програмою.

4. Розточити остаточно отвір 10 з остаточною підрізкою торця 11 та розточити попередньо отвір 3, витримуючи розміри $\varnothing 99,41^{+0,14}$; $19^{+0,1}$; $\varnothing 84,8^{+0,14}$ послідовно за програмою.

5. Розточити остаточно отвір 3, витримуючи розмір $\varnothing 85^{+0,054}$.
6. Точити попередньо зовнішню поверхню 12 з попередньою підрізкою торця 7, витримуючи розміри $\varnothing 165,4_{-1,0}$; $18,6^{+0,52}$.
7. Точити остаточно зовнішню поверхню 12 з остаточною підрізкою торця 7, витримуючи розміри $\varnothing 162,76_{-0,16}$; $19^{+0,1}$.

015. Внутрішньошліфувальна

2. Шліфувати попередньо отвір 10, витримуючи розмір $\varnothing 99,95^{+0,054}$.

3. Шліфувати остаточно отвір 10, витримуючи розмір $\varnothing 100^{+0,022}_{-0,013}$.

020. Круглошліфувальна

2. Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 12, витримуючи розмір $\varnothing 162,16_{-0,063}$.

3. Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 12, витримуючи розмір $\varnothing 162_{-0,04}$.

025. Вертикально-свердлильна

2. Свердлити одночасно шість отворів 14...19, витримуючи розміри $\varnothing 9H12$; $\varnothing 178 \pm 0,22$.

030 Вертикально-фрезерна.

2. Фрезерувати остаточно плоску поверхню 20, витримуючи розмір $59h14_{-0,74}$.

035 Вертикально-свердлильна.

2. Свердлити отвір 21 з одночасним формуванням фаски 23, витримуючи розміри $\varnothing 6,65^{+0,34}$; $l=9$; $7 \pm 0,2$, $1 \times 45^\circ$.

Операція 040 Різенарізна.

2. Нарізати різьбу 23, витримуючи розміри M8-7H; $l=9$; $7 \pm 0,2$.

045 Контроль.

2.4. Визначення припусків на оброблення

Визначення припусків на механічне оброблення деталі типу «Фланець» 55.408 у межах розроблюваного технологічного процесу здійснено із

застосуванням табличного та аналітично-розрахункового методів. Отримані результати розрахунків систематизовано та узагальнено, а остаточні значення припусків представлено у вигляді таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Припуски на оброблення поверхонь деталі “Фланець” 55.408

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
Отвір $\varnothing 85H8^{+0,054}$; Ra2,5					
Розточування чистове	8	Ra2,5	0,054	$0,1 \times 2 = 0,2$	$\varnothing 85^{+0,054}$
Розточування напівчистове	10	Ra6,3	0,14	$0,65 \times 2 = 1,3$	$\varnothing 84,8^{+0,14}$
Розточування чорнове	14	Ra12,5	0,87	$1,25 \times 2 = 2,5$	$\varnothing 83,5^{+0,87}$
Заготовка	7-ий кл.	Rz200	1,1	$2,0 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 81 \pm 0,55$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 162h7_{(-0,04)}$; Ra2,5					
Шліфування чистове	7	Ra2,5	0,04	$0,08 \times 2 = 0,16$	$\varnothing 162_{-0,04}$
Шліфування напівчистове	8	Ra3,2	0,063	$0,3 \times 2 = 0,60$	$\varnothing 162,16_{-0,063}$
Точіння напівчистове	10	Ra6,3	0,16	$0,7 \times 2 = 1,4$	$\varnothing 162,76_{-0,16}$
Точіння чорнове	14	Ra20	1,0	$1,32 \times 2 = 2,64$	$\varnothing 164,16_{-1,0}$
Заготовка	7-ий кл.	Rz200	1,4	$2,4 \times 2 = 4,8$	$\varnothing 166,8 \pm 0,7$
Торцева поверхня $32_{-0,62}$; Ra 12,5					
Точіння однократне	14	Ra 12,5	0,62	$1,1 \times 2 = 2,2$	$32_{-0,62}$
Заготовка	7-ий кл.	Rz200	0,9	$1,1 \times 2 = 2,2$	$34,2 \pm 0,45$
Зовнішня торцева поверхня $19^{+0,1}$; Ra 12,5					
Підрізання напівчистове поперечне	11	Ra 6,3	0,1	0,4	$19^{+0,1}$
Підрізання чорнове поперечне	14	Ra 25	0,52	0,6	$18,6^{+0,52}$
Заготовка	7-ий кл.	Rz200	0,8	1	$18 \pm 0,4$

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
Підрізання напівчистове поперечне	11	Ra 6,3	0,1	0,4	$19^{+0,1}$
Підрізання чорнове поперечне	14	Ra 25	0,52	0,6	$18,6^{+0,52}$
Заготовка	7-ий кл.	Rz200	0,8	1	$18 \pm 0,4$
Плоска поверхня 59h14 _(-0,74) , Ra 12,5					
Фрезерування чорнове	14	Ra 12,5	0,74	3,2	$59_{-0,74}$
Заготовка	7-ий кл.	Rz200	1,0	2,0	$61 \pm 0,5$

Також результати аналітично-розрахункового визначення припусків оброблення отвору $\varnothing 100J7 \left(\begin{smallmatrix} +0,022 \\ -0,013 \end{smallmatrix} \right)$; Ra 2,5 на 010 токарній з ЧПК та 015 внутрішньошліфувальній операціях представлено на рис. 2.3.

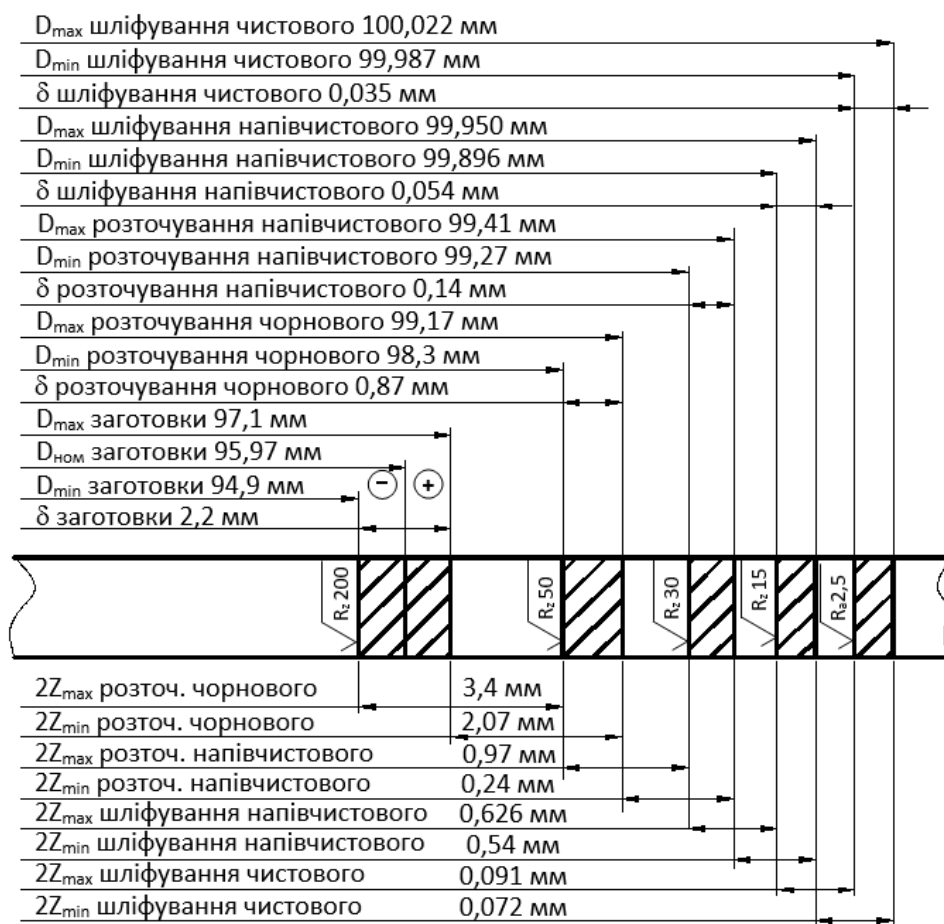


Рисунок 2.3 – Схема розташування припусків на механічне оброблення отвору $\varnothing 100J7 \left(\begin{smallmatrix} +0,022 \\ -0,013 \end{smallmatrix} \right)$

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Режими різання визначено на основі табличних даних довідників, а для д 5-го технологічного переходу 010 Токарної операції з ЧПК оброблення деталі “Фланець” 55.408 розрахунок режимів різання проведено аналітичним методом.

010 Токарна з ЧПК.

Перехід 5.

Розточити остаточно отвір 3, витримуючи розмір $\varnothing 85^{+0,054}$; Ra2,5.

Різець розточний з механічним кріпленням чотирьохгранної пластини, T15K6, d=32мм, тип 3, $\varphi=92^\circ$

1. Глибина різання:

$t=0,1$ мм.

2. Довжина робочого ходу для розточування отвору [14]:

$$L_{p.x.} = l_{різ.} + l_{підв.} + l_{вріз.} + l_{перебіг.}, \quad (2.5)$$

де $l_{різ.} = 11$ мм;

$l_{підв.} = 2$ мм [14].

$l_{вріз.} = 3$ мм [14].

$l_{перебіг.} = 1$ мм [14].

Підставляємо дані у рівняння (2.5):

$$L_{p.x.} = 11 + 2 + 3 + 1 = 17 \text{ мм.}$$

3. Подача при чистовому розточуванні:

$S = 0,08$ мм/об [14].

4. Стійкість різця:

$T = 60$ хв [14].

5. Швидкість різання [14]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot 0,9, \quad (2.6)$$

де $C_v = 420$; $x = 0,15$; $y = 0,2$; $m = 0,2$ [14];

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (2.7)$$

де коефіцієнт матеріалу заготовки сталь 35Л [14]:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.8)$$

$\sigma_B = 500$ МПа ;

$n_v = 1,0$ [14].

$K_r = 1,0$ [14].

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{500} \right)^{1,0} = 1,5.$$

$K_{pv} = 1,0$ [14];

$K_{iv} = 1,0$ для пластинки з твердого сплаву Т15К6 [14];

Підставляємо дані у рівняння (2.7):

$$K_v = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,5.$$

Підставляємо значення у рівняння (2.6):

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,1^{0,15} \cdot 0,08^{0,2}} \cdot 1,5 \cdot 0,9 = \frac{420 \cdot 1,5 \cdot 0,9}{2,26 \cdot 0,7 \cdot 0,6} = 597 \text{ м/хв.}$$

6. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.9)$$

де $V = 597$ м/хв – швидкість різання;

$D = 85$ мм – діаметр розточування;

$$n = \frac{1000 \cdot 597}{\pi \cdot 85} = 2236 \text{ хв}^{-1}.$$

7. Приймаємо за паспортом верстата частоту обертання шпинделя:

$$n_d = 2000 \text{ хв}^{-1}.$$

8. Коректуємо швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}, \quad (2.10)$$

$$V_d = \frac{\pi \cdot 85 \cdot 2000}{1000} = 533,8 \text{ м/хв.}$$

9. Сила різання при розточуванні [14]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.11)$$

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

$t = 0,1$ мм;

$S = 0,08$ мм/об;

$V = 533,8$ м/хв;

K_p – поправочний коефіцієнт для розрахунку сили різання при розточуванні;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (2.12)$$

де K_{mp} – коефіцієнт матеріалу заготовки [14]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.13)$$

де $\sigma_B = 500$ МПа;

$n = 0,75$ [14].

$$K_{mp} = \left(\frac{500}{750} \right)^{0,75} = 0,74.$$

$K_{\phi p} = 0,89$ - коефіцієнт головного кута в плані [14];

$K_{\gamma p} = 1,0$ – коефіцієнт переднього кута [14];

$K_{\lambda p} = 1,0$ – коефіцієнт кута нахилу різальної кромки [14];

$K_{rp} = 0,87$ при $r = 0,5$ – коефіцієнт радіуса при вершині різця [14];

$$K_p = 0,74 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,57 .$$

Підставляємо дані у рівняння (2.11):

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,1^{1,0} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 533,4^{-0,15} \cdot 0,57 = 10 \cdot 300 \cdot 0,1 \cdot 0,15 \cdot 0,4 \cdot 0,57 = 10,26 \text{ Н.}$$

10. Потужність різання [14]:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.14)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{10,56 \cdot 533,8}{1020 \cdot 60} = 0,09 \text{ кВт.}$$

11. Перевіряємо умову забезпечення різання за потужністю приводу верстата:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}, \quad (2.15)$$

Потужність шпинделя верстата:

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta, \quad (2.16)$$

де N_d – потужність двигуна верстата – 10 кВт;

$\eta = 0,8$ к.к.д. приводу шпинделя верстата.

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

$$N_{\text{різ}} = 0,09 \text{ кВт} < N_{\text{шп}} = 8 \text{ кВт.}$$

Процес розточування отвору забезпечено.

12. Основний час на розточування:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_o \cdot n}, \quad (2.17)$$

$$T_0 = \frac{17}{0,08 \cdot 2000} = 0,106 \text{ xB.}$$

Також визначено режими різання для інших операцій технологічного процесу виготовлення деталі “Фланець” 55.408, що зведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Режими різання операцій технологічного процесу виготовлення деталі “Фланець” 55.408

[illegible]

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Розточити остаточно отвір 10 з остаточною підрізкою торця 11 та розточити попередньо отвір 3, витримуючи розміри $\varnothing 99,41^{+0,14}$; $19^{+0,1}$; $\varnothing 84,8^{+0,14}$ послідовно за програмою	0,12 0,4 0,65	41,435	1	65	0,55	282	75	152	0,27	4,1
Перехід 5 Розточити остаточно отвір 3, витримуючи розмір $\varnothing 85^{+0,054}$	0,1	17	1	60	0,08	2000	533,8	160	0,106	0,09
Перехід 6 Точити попередньо зовнішню поверхню 12 з попередньою підрізкою торця 7, витримуючи розміри $\varnothing 165,4_{-1,0}$; $18,6^{+0,52}$	1,32 0,6	31	1	65	0,6	102	53	61	0,515	5,7
Перехід 7 Точити остаточно зовнішню поверхню 12 з остаточною підрізкою торця 7, витримуючи розміри $\varnothing 162,76_{-0,16}$; $19^{+0,1}$	0,7 0,4	30	1	65	0,55	142	72	75,6	0,39	3,2
015 Внутрішньошліфувальна										
Перехід 2 Шліфувати попередньо отвір 10, витримуючи розмір $\varnothing 99,95^{+0,054}$	0,27	20	—	—	S_{2x} 0,005 мм/дв.х	$n_k = 12000$ $n_3 = 200$	$V_{кол} = 50$ м/с $V_{спозд} = 6050$ м/хв	—	0,17	1,4
Перехід 3 Шліфувати остаточно отвір 10, витримуючи розмір $\varnothing 100^{+0,022}_{-0,013}$	0,036	20	—	—	S_{2x} 0,005 мм/дв.х	$n_k = 12000$ $n_3 = 200$	$V_{кол} = 50$ м/с $V_{спозд} = 6050$ м/хв	—	0,006	—

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
020 Круглошліфувальна										
Перехід 2 Шліфувати попередньо зовнішню циліндричну поверхню 12, витримуючи розмір $\varnothing 162,16_{-0,063}$	0,3	10	—	—	$S_{\Pi}=$ $=0,025$ мм/об $S_o = 24$ мм/об	191	$V_{s.кол.}$ 12 м/с $V_{s.позд.}$ 3 м/хв	—	0,024	8,3
Перехід 3 Шліфувати остаточно зовнішню циліндричну поверхню 12, витримуючи розмір $\varnothing 162_{-0,04}$	0,08	10	—	—	$S_{\Pi}=$ $=0,005$ мм/об $S_o = 16$ мм/об	481	$V_{s.кол.}$ 30 м/хв $V_{s.позд.}$ 5 м/хв	—	0,04	—
025 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердлити одночасно шість отворів 14...19, витримуючи розміри $\varnothing 9H12$; $\varnothing 178 \pm 0,22$.	4,5	15	6	37	0,3	402	11,7	121	0,03	1,92
030 Вертикально-фрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати остаточно плоску поверхню 20, витримуючи розмір $59h14_{(-0,74)}$.	3,2	161	1	121	0,1 мм/ зуб	502	23	—	0,48	2,4
035 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2 Свердлити отвір 21 з одночасним формуванням фаски 23, витримуючи розміри $\varnothing 6,65^{+0,34}$; $l=9$; $7 \pm 0,2$, $1 \times 45^\circ$.	3,325	15	1	65	0,12	1701	36	204	0,07	1,2
040 Різенарізна										
Перехід 2 Нарізати різьбу 23, витримуючи розміри М8-7Н; $l=9$; $7 \pm 0,2$.	0,84	15+ 15	1	30	1,25	128	3,17	157	0,18	0,4

Технічні норми часу визначено на основі табличних даних довідників, а на 010 операцію токарну з ЧПК оброблення деталі “Фланець” 55.408 розрахунок технічних норм часу проведено аналітичним методом.

Штучний час для операцій, що виконуються на верстатах з ЧПК [1]:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц}} + T_{\text{до}}) \cdot \left(1 + \frac{K}{100}\right), \quad (2.18)$$

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

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{o}} + T_{\text{д}}, \quad (2.19)$$

T_{o} – основний час автоматичного циклу роботи верстата з ЧПК;

$$T_{\text{o}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{S_i}, \quad (2.20)$$

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

S_i – подача при різанні, мм/хв;

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

$$T_{\text{д}} = T_{\text{ді}} + T_{\text{дх}}, \quad (2.21)$$

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

$$T_{\text{ді}} = (T_{\text{п}} + T_{\text{ф}}) \cdot k, \quad (2.22)$$

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

k – кількість інструментів;

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

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

$$T_{\text{дх}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{\text{хі}}}{S_{\text{п}}}, \quad (2.23)$$

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:

$$T_o = 0,23 + 0,34 + 0,27 + 0,106 + 0,515 + 0,39 = 1,851 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо час допоміжних ходів (2.23):

$$T_{дх} = \frac{1176}{5000} = 0,235 \text{ хв.}$$

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

$$T_{ді} = (0,016 + 0,016) \cdot 4 = 0,128 \text{ хв.}$$

4. Час на допоміжні автоматичні дії (2.21):

$$T_{д} = 0,128 + 0,235 = 0,363 \text{ хв.}$$

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

$$T_{ц} = 1,851 + 0,363 = 2,214 \text{ хв.}$$

6. Допоміжний час на виконання ручних переходів:

$$T_{до} = T_{доу} + T_{доп} + T_{дов}, \quad (2.24)$$

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

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

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

6.1. Час на базування та знімання деталі $T_{доу} = 0,23 \text{ хв. [1]}$.

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

– виставлення деталі та інструмента за координатами наладки:

$$t_1 = 0,32 \text{ хв;}$$

- перевіряння повернення інструменту у вихідну точку після оброблення:
 $t_2 = 0,15$ хв;
- монтування щитка для захисту від емульсії: $t_3 = 0,03$ хв.

$$T_{\text{доп}} = 0,32 + 0,15 + 0,03 = 0,5 \text{ хв.}$$

6.3. Час на виконання контролю оброблених поверхонь:

- $\varnothing 99,41^{+0,14}; 32_{-0,62}; 19^{+0,1}$ – штангенциркулем
– $t_{1в} = 0,13 + 0,12 + 0,12 + 0,12 = 0,49$ хв. [1];
- $\varnothing 163,4_{-0,16}$ – штангенциркулем – $t_{2в} = 0,26$ хв. [1];
- $\varnothing 85^{+0,054}$ калібр-пробкою Н8 ПР; калібр-пробка Н8 НЕ – $t_{3в} = 0,24$ хв. [1].

$$T_{\text{дов}} = \sum t_{iв} = 0,49 + 0,26 + 0,24 = 0,99 \text{ хв.}$$

При контролі 30%:

$$T_{\text{довд}} = T_{\text{дов}} \cdot 0,3 = 0,99 \cdot 0,3 = 0,3 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час:

$$T_{\text{до}} = 0,23 + 0,5 + 0,3 = 1,03 \text{ хв.}$$

7. Оперативний час:

$$T_{\text{оп.}} = T_{\text{ц}} + T_{\text{до}}, \quad (2.25)$$

$$T_{\text{оп.}} = 2,214 + 1,03 = 3,244 \text{ хв.}$$

6. Штучний час (2.18):

$$T_{\text{ш}} = 3,244 \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 3,47 \text{ хв.}$$

7. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{ш}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (2.26)$$

де $n = 397$ шт, $T_{\text{пз}} = 28,3$ хв.

$$T_{\text{шк}} = 3,47 + \frac{28,3}{397} = 3,54 \text{ хв.}$$

005 Токарно-гвинторізна операція

Основний час: $T_{005} = 0,25 + 0,1 = 0,35 \text{ хв.}$

Штучний час [1]:

$$T_{\text{шт.}} = \Psi_{\text{к}} \cdot T_{\text{о}}, \quad (2.27)$$

$$T_{\text{шт.005}} = 1,98 \cdot 0,35 = 0,7 \text{ хв.}$$

015 Внутрішньошліфувальна операція

Основний час: $T_{015} = 0,17 + 0,006 = 0,176 \text{ хв.}$

Штучний час (2.27):

$$T_{\text{шт.015}} = 2,1 \cdot 0,176 = 0,37 \text{ хв.}$$

020 Круглошліфувальна операція

Основний час: $T_{020} = 0,024 + 0,04 = 0,064 \text{ хв.}$

Штучний час (2.27):

$$T_{\text{шт.020}} = 2,1 \cdot 0,064 = 0,14 \text{ хв.}$$

025 Вертикально-свердлильна операція

Основний час: $T_{025} = 0,3 + 0,09 = 0,12 \text{ хв.}$

Штучний час (2.27):

$$T_{\text{шт.025}} = 1,72 \cdot 0,12 = 0,21 \text{ хв.}$$

030 Вертикально-фрезерна операція

Основний час: $T_{030} = 0,48 + 0,1 = 0,58 \text{ хв.}$

Штучний час (2.27):

$$T_{\text{шт.030}} = 1,54 \cdot 0,58 = 0,89 \text{ хв.}$$

035 Вертикально-свердлильна операція

Основний час: $T_{035} = 0,07 + 0,09 = 0,16 \text{ хв.}$

Штучний час (2.27):

$$T_{\text{шт.035}} = 1,72 \cdot 0,16 = 0,28 \text{ хв.}$$

[illegible]

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для одночасного свердління шести отворів $\varnothing 9H12$, витримуючи розмір $\varnothing 178 \pm 0,22$ в деталі “Фланець” 55.408 на 025 вертикально-свердлильній операції виконано проектування спеціального кондуктора та шестишпindelної свердлильної головки для підвищення точності та продуктивності свердління отворів на вертикально-свердлильному верстаті 2H125.

Кондуктор монтується на робочому столі металорізального верстата та фіксується за допомогою двох кріпильних болтів, які встановлюються в пази корпусу 2. Заготовка базується на опорній поверхні 7 із зазором по центральному отвору та притискається торцевою поверхнею до упора. Така схема базування забезпечує усунення п'яти ступенів вільності деталі. Ліквідація шостого ступеня вільності - обертання навколо власної осі здійснюється підпружиненою призмою 10, яка взаємодіє з плоскою поверхнею стакану.

Висока точність орієнтування різального інструменту досягається завдяки кондукторним втулкам 1, розміщеним у кондукторній плиті 3. Плита 3 виконує вертикальне переміщення вздовж двох напрямних пальців 6, що забезпечує її точне позиціонування відносно заготовки. Затискання деталі в пристосуванні здійснюється зусиллям шестишпindelної свердлильної головки, яке передається через пружини 15, напрямні скалки 5, кондукторну плиту 3 та три опорні елементи 12.

Шестишпindelна свердлильна головка встановлюється на напрямні скалки 5 кондуктора за допомогою втулок 4, що забезпечує точне суміщення осей різальних інструментів з осями кондукторних втулок. Кріплення головки до корпусу шпінделя верстата виконується за допомогою хомута 3.

Креслення розробленого оснащення: спеціального кондуктора та

шестишпіндельної свердлильної головки наведено у графічній частині роботи.

Похибка встановлення заготовки деталі “Фланець” 55.408 у кондукторі розраховується, використовуючи аналітичну залежність, що враховує сумарний вплив похибок базування, закріплення та виготовлення елементів кондуктора [15]:

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

При проектуванні кондуктора необхідно, щоб була забезпечена умова, яка полягає у тому, що допустиме поле допуску на розміри отворів повинна бути більшою за сумарну похибку встановлення заготовки у кондукторі, [15]. Вказану умову представлено у вигляді нерівності [15]:

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

На 025 вертикально-свердлильній операції проводиться одночасне свердління шести отворів $\varnothing 9H12^{(+0,15)}$; $l = 9$ мм, $\varnothing 178 \pm 0,22$.

Точність розміру отворів $\varnothing 9H12^{(+0,15)}$ забезпечується свердлами, тому похибка базування на забезпечення вказаного розміру дорівнює нулю, тобто $\Delta_{6\varnothing 9} = 0$.

Похибка базування на розмір $\varnothing 178 \pm 0,22$ при базуванні заготовки на палець із зазором розраховується за рівнянням [15]:

$$\Delta\varepsilon_6 = S_{\min} + Td + TD, \quad (3.3)$$

де $S_{\min}$ – мінімальний зазор між базовим пальцем та центральним отвором базування заготовки;

Td – допуск на розмір пальця $\varnothing 100f6^{(-0,036}_{-0,058})}$;

TD – допуск на центральний отвір базування заготовки $\varnothing 100J7^{(+0,022}_{-0,013})$.

Мінімальний зазор між базовим пальцем та центральним отвором базування заготовки:

$$S_{\min.} = EI - es, \quad (3.4)$$

де EI – нижнє відхилення центрального отвору базування, $EI = -0,013$;
 es – верхнє відхилення пальця, $es = -0,036$ мм.

$$S_{\min.} = -0,013 + 0,036 = 0,023 \text{ мм.}$$

Поле допуску пальця:

$$Td = es - ei. \quad (3.5)$$

$$Td = -0,036 - (-0,058) = 0,022 \text{ мм.}$$

Поле допуску центрального отвору базування:

$$TD = ES - EI. \quad (3.6)$$

$$TD = 0,022 - (-0,013) = 0,036 \text{ мм.}$$

Підставляємо дані у рівняння (3.3):

$$\Delta_{\zeta} = 0,023 + 0,022 + 0,036 = 0,081 \text{ мм} = 81 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення заготовки $\Delta_z = 90$ мкм.

Похибка пристосування $\Delta_{\pi} = 150$ мкм.

Похибка встановлення заготовки деталі “Фланець” 55.408 у кондукторі
 (3.1):

$$\Delta \varepsilon_1 = \sqrt{81^2 + 90^2 + 150^2} = 193 \text{ мкм.} = 0,193 \text{ мм.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$0,193 \text{ мм} < 0,44 \text{ мм.}$$

Отже, точність встановлення заготовки у кондукторі забезпечена.

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі

З метою визначення сили затиску заготовки фланця на вертикально-свердлильній операції 025 розроблено розрахункову схему (рисунок 3.1) силової взаємодії інструментів, заготовки та елементів оснащення при одночасному свердлінні шести отворів $\varnothing 9H12(^{+0,15})$; $l = 9$ мм, $\varnothing 178 \pm 0,22$.

Осьова сила різання при свердлінні отвору свердлом та сила затиску заготовки кондукторною плитою та багатошпіндельною свердлильною головкою діють в одному напрямку.

Для вказаного способу затиску деталі у кондукторі відповідно до схеми рис. 3.1 сили затиску можна визначити за рівнянням:

$$W = \frac{K \cdot M_{кр} \cdot k}{\frac{1}{3} \cdot f \cdot \left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)}, \quad (3.7)$$

де W - сила затиску заготовки кондукторною плитою та багатошпіндельною свердлильною головкою при одночасному свердлінні шести отворів;

D, d – діаметральні розміри площини контакту заготовки та бази кондуктора;

f – коефіцієнт тертя між поверхнями заготовки та бази кондуктора $f = 0,16$;

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

$M_{кр}$ – крутний момент при свердлінні одного отвору.

Крутний момент при свердлінні одного отвору [14]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.8)$$

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

D – діаметр свердла, $D = 9$ мм;

S – подача свердла, $S = 0,3$ мм/об.

K_p – поправочний коефіцієнт.

Поправочний коефіцієнт [14]:

$$K_p = K_{mp},$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad [14];$$

$$n = 0,75 \quad [14];$$

$$K_{mp} = \left(\frac{500}{750} \right)^{0,75} = 0,738.$$

Підставляємо дані у рівняння (3.8):

$$\text{Отже, } M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 9^{2,0} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 0,738 = 7,87 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$K = 3,73$ - коефіцієнт запасу.

Підставляємо дані у рівняння (3.7):

$$W = \frac{3,73 \cdot 7,87 \cdot 6}{\frac{1}{3} \cdot 0,16 \cdot \left(\frac{0,190^3 - 0,165^3}{0,190^2 - 0,165^2} \right)} = 12543 \text{ Н}.$$

Перевіряємо технічні характеристики верстата щодо забезпечення сили затиску заготовки за умовою:

$$P_{\text{верст.мах.}} > W, \quad (3.9)$$

де $P_{\text{верст.мах}}$ – максимальна осьова сила різання на вертикально-свердлильному верстаті 2Н125 – $P_o = 20000$ Н.

$$20000 \text{ Н} > 12543 \text{ Н}.$$

Умова (3.9) виконується.

Перевіряємо технічні характеристики верстата щодо забезпечення потужності, яка передається на свердлильну головку при одночасному свердлінні шести отворів за умовою:

$$N_{\text{верст.}} \geq \frac{\sum N_{\text{гол.сум.}}}{\eta_{\text{верст.}}}, \quad (3.10)$$

де $\eta_{\text{верст.}}$ – к.к.д. приводу шпинделя верстата, $\eta_{\text{верст.}} = 0,9$;

$\sum N_{\text{гол.сум.}}$ – потужність, яка необхідна на свердлильній головці при одночасному свердлінні шести отворів.

$N_{\text{верст.}}$ – потужність електродвигуна приводу шпинделя верстата, $N_{\text{верст.}} = 2,2$ кВт.

$$\sum N_{\text{гол.сум.}} = N \cdot k, \quad (3.11)$$

де N – потужність, що витрачається на свердління одного отвору;

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

Потужність, що витрачається на свердління одного отвору [14]:

$$N = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n}{9750}, \quad (3.12)$$

де n – частота обертання шпинделя свердлильної головки, $n = 400$ хв⁻¹.

$$N = \frac{7,87 \cdot 400}{9750} = 0,32 \text{ кВт.}$$

$$\sum N_{\text{гол.сум.}} = 0,32 \cdot 6 = 1,92 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо умову (3.10):

$$2,2 \text{ кВт} > \frac{1,92}{0,9} = 2,14 \text{ кВт.}$$

Умова (3.10) виконується.

Перевіряємо технічні характеристики верстата щодо забезпечення сумарної осьової сили різання за умовою:

$$P_{\text{гол.сум.}} = k \cdot P_o \leq P_{\text{верст. max.}}, \quad (3.13)$$

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

$P_{\text{верст.мах}}$ – максимальна осьова сила різання на вертикально-свердлильному верстаті 2Н125 – $P_o = 20000 \text{ Н}$.

P_o – осьова сила різання при різанні одним свердлом.

Осьова сила різання при різанні одним свердлом [14]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.14)$$

де $C_p = 68$; $q = 1,0$; $y = 0,7$ [14].

D – діаметр свердла, $D = 9 \text{ мм}$;

S – подача свердла, $S = 0,3 \text{ мм/об}$.

$$K_p = K_{\text{мр}},$$

$$n = 0,75 \text{ [14];}$$

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{500}{750} \right)^{0,75} = 0,738.$$

Підставляємо дані у рівняння (3.14):

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 9^{1,0} \cdot 0,3^{0,7} \cdot 0,738 = 1944 \text{ Н}.$$

Сумарна осьова сила різання:

$$P_{\text{гол.сум.}} = 6 \cdot 1944 = 11664 \text{ Н}.$$

Перевіряємо умову (3.13):

$$11664 \text{ Н} < 15000 \text{ Н}.$$

Умова виконується.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Розроблення інженерно-технічних та організаційно-технологічних заходів щодо зниження шумового навантаження на виробництві

Зниження рівнів виробничого шуму є одним із пріоритетних напрямів забезпечення безпечних та нешкідливих умов праці. Підвищені рівні шуму негативно впливають на функціональний стан організму працівників, спричиняють зниження продуктивності праці, погіршення концентрації уваги, підвищення стомлюваності та можуть призводити до розвитку професійних захворювань, зокрема нейросенсорної приглухуватості, порушень діяльності серцево-судинної та нервової систем.

Відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний забезпечити функціонування системи управління охороною праці, здійснювати контроль за рівнями шкідливих виробничих факторів та впроваджувати заходи щодо їх усунення або зниження до нормативних значень. Гранично допустимі рівні шуму на робочих місцях встановлюються Державними санітарними нормами ДСН 3.3.6.037–99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Ефективне зниження шумового навантаження потребує комплексного підходу, який охоплює стадії проектування, виготовлення, монтажу, експлуатації та модернізації виробничого обладнання. Основними напрямками боротьби з виробничим шумом є:

1. Зниження шуму в джерелі його виникнення.
2. Обмеження поширення шумової енергії в робочому середовищі.
3. Застосування засобів індивідуального захисту органів слуху.

Зниження шуму в джерелі його виникнення

Найбільш ефективним методом боротьби з шумом є зменшення його рівня безпосередньо в джерелі генерації. Для цього застосовують конструктивні

та технологічні рішення, спрямовані на зниження віброакустичної активності машин та механізмів, а саме:

- використання малошумних електроприводів і редукторів із оптимізованим профілем зубчастих передач;
- заміну ударних і пневматичних механізмів на гідравлічні або електромеханічні системи;
- підвищення точності виготовлення та балансування обертових деталей;
- застосування антифрикційних матеріалів, полімерних покриттів і композиційних демпфувальних елементів;
- усунення резонансних явищ шляхом зміни жорсткості та маси конструктивних елементів;
- своєчасне технічне обслуговування обладнання, регулювання зазорів і заміна зношених вузлів.

Значний ефект забезпечує застосування вібродемпфувальних матеріалів, які перетворюють механічну енергію коливань у теплову, що сприяє зниженню рівня структурного шуму.

Акустична ізоляція та звукопоглинання

Для обмеження поширення шуму в робочій зоні використовуються технічні засоби акустичного захисту:

- звукоізолювальні кожухи та кабінки;
- шумоізоляційні екрани й перегородки;
- багатошарові шумопоглинальні панелі;
- резонансні та комбіновані глушники;
- облицювання внутрішніх поверхонь виробничих приміщень матеріалами з високим коефіцієнтом звукопоглинання.

Як звукопоглинальні матеріали застосовують мінераловатні плити, перфоровані металеві панелі, пінополіуретан, скловолокнисті матеріали та спеціальні акустичні штукатурки.

У виробничих приміщеннях великого об'єму ефективним є встановлення підвісних акустичних елементів – екранів, дифузорів та об'ємних

звукопоглиначів, що дозволяє знизити загальний рівень шуму на 5–12 дБ.

Віброізоляція обладнання

Оскільки шум і вібрація мають спільне джерело виникнення, важливим напрямом профілактики є зниження механічних коливань обладнання. Для цього застосовують:

- віброізолювальні опори;
- пружні прокладки;
- гумометалеві амортизатори;
- демпфери;
- антивібраційні фундаменти;
- пружинні та пневматичні віброгасники.

Проведення віброакустичного аналізу обладнання дозволяє визначити оптимальні режими його роботи та мінімізувати рівні шуму і вібрації.

Технологічні заходи

До організаційно-технічних рішень щодо зниження шумового навантаження належать:

- автоматизація та дистанційне керування шумогенними процесами;
- винесення шумного обладнання за межі основних виробничих приміщень;
- заміна морально застарілого обладнання на сучасні малошумні аналоги;
- обладнання операторських звукоізованими кабінами;
- впровадження систем дистанційного моніторингу технологічних процесів.

Планувальні та архітектурно-будівельні заходи

Раціональне планування виробничих приміщень передбачає:

- просторове розмежування зон із різними рівнями шуму;
- розміщення шумогенних ділянок у відокремлених приміщеннях;
- локалізацію джерел шуму у тильній частині виробничих корпусів;
- створення санітарно-захисних зон;
- використання зелених насаджень і шумозахисних огорож.

Зниження аеродинамічного шуму

Для боротьби з шумом, який створюється вентиляторами, компресорами, пневматичними системами та повітропроводами, використовують акустичні глушники таких типів:

- реактивні – для низькочастотного шуму;
- абсорбційні – для середньо- та високочастотного шуму;
- комбіновані – для широкого діапазону частот;
- активні системи шумозаглушення, що працюють за принципом генерації сигналу в протифазі.

Засоби індивідуального захисту органів слуху

У випадках, коли технічними засобами неможливо забезпечити нормативні рівні шуму, працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту органів слуху, до яких належать:

- протишумові вкладиші (беруші);
- протишумові навушники;
- шоломи із вбудованими засобами шумозахисту;
- комбіновані засоби індивідуального захисту.

Вибір ЗІЗ органів слуху здійснюється на підставі результатів інструментальних вимірювань рівнів шуму, його спектрального складу та тривалості впливу.

Організаційно-профілактичні заходи

Для профілактики несприятливого впливу шуму рекомендується:

- регламентування часу перебування працівників у шумних зонах;
- запровадження раціональних режимів праці та відпочинку;
- проведення попередніх та періодичних медичних оглядів працівників;
- чергування робіт із різним рівнем акустичного навантаження;
- застосування світлової сигналізації замість звукової;
- проведення періодичного контролю рівнів шуму та атестації робочих місць за умовами праці.

Комплексне впровадження інженерно-технічних, організаційних та

санітарно-гігієнічних заходів забезпечує зниження шумового навантаження до нормативних значень, сприяє збереженню здоров'я працівників, зменшенню професійних ризиків та підвищенню ефективності виробничої діяльності підприємства.

4.2. Інструкції з охорони праці на підприємстві: основні вимоги та порядок розроблення

Інструкція з охорони праці є локальним нормативним актом підприємства, що встановлює обов'язкові для працівників організаційно-технічні та санітарно-гігієнічні вимоги безпеки праці під час виконання робіт за відповідною професією, посадою або видом виробничої діяльності. Відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці» та нормативно-правових актів з охорони праці, дія інструкції поширюється на всі робочі місця, виробничі приміщення, територію підприємства, будівельні майданчики та інші об'єкти, де працівники виконують свої трудові обов'язки за дорученням роботодавця.

Залежно від сфери застосування інструкції з охорони праці поділяються на такі види:

1. Інструкції, розроблені на основі державних міжгалузевих нормативно-правових актів з охорони праці.
2. Примірні інструкції з охорони праці.
3. Інструкції, що діють безпосередньо на конкретному підприємстві.

Інструкції, які ґрунтуються на міжгалузевих нормативних актах, призначені для працівників, зайнятих на роботах підвищеної небезпеки, під час експлуатації електроустановок, вантажопідіймальних машин і механізмів, посудин, що працюють під тиском, котельного обладнання, вибухопожежонебезпечних виробництв та інших об'єктів підвищеної небезпеки. Такі нормативні документи затверджуються уповноваженими державними органами та є обов'язковими для виконання всіма суб'єктами господарювання незалежно від форми власності та виду економічної діяльності.

Примірні інструкції затверджуються центральними органами виконавчої влади, галузевими об'єднаннями підприємств, науково-дослідними установами та іншими уповноваженими організаціями за погодженням із відповідними органами державного нагляду за охороною праці. Вони використовуються як методична та нормативна основа під час розроблення локальних інструкцій підприємства.

Локальні інструкції з охорони праці розробляються з урахуванням специфіки технологічних процесів, конструктивних особливостей виробничого обладнання, умов праці та виробничих ризиків конкретного підприємства. Підставою для їх розроблення є чинні нормативно-правові акти з охорони праці, експлуатаційна та ремонтна документація виробників обладнання, технологічні регламенти, карти технологічних процесів та результати оцінювання професійних ризиків. Після затвердження роботодавцем такі інструкції набувають статусу обов'язкового внутрішнього нормативного документа.

Кожній інструкції службою охорони праці присвоюється індивідуальний реєстраційний номер відповідно до прийнятої на підприємстві системи кодування документації. У найменуванні документа зазначаються конкретна професія, посада або вид робіт, для яких він призначений, наприклад:

- «Інструкція з охорони праці для електрозварника»;
- «Інструкція з охорони праці під час роботи з ручним електрифікованим інструментом».

Структура та зміст інструкцій повинні відповідати вимогам чинного законодавства України, державних стандартів, нормативно-правових актів з охорони праці та внутрішніх документів системи управління охороною праці підприємства. До інструкції включаються лише ті вимоги, виконання яких безпосередньо залежить від працівника та спрямоване на забезпечення безпечних умов праці.

Недотримання вимог інструкції розглядається як порушення трудової та виробничої дисципліни і може бути підставою для притягнення працівника до

дисциплінарної відповідальності відповідно до Кодексу законів про працю України та внутрішніх нормативних актів підприємства.

Типова структура інструкції з охорони праці містить такі розділи:

- загальні положення;
- вимоги безпеки перед початком роботи;
- вимоги безпеки під час виконання роботи;
- вимоги безпеки після закінчення роботи;
- вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

Залежно від специфіки виробництва до інструкції можуть включатися додаткові розділи, що регламентують порядок застосування засобів індивідуального захисту, виконання робіт за нарядом-допуском, організацію пожежної безпеки, дії під час евакуації та надання домедичної допомоги потерпілим.

Розроблення, перегляд та актуалізація інструкцій здійснюються керівниками структурних підрозділів підприємства – начальниками цехів, дільниць, відділів, лабораторій та інших виробничих підрозділів, які несуть персональну відповідальність за своєчасність внесення змін та відповідність документації чинним нормативним вимогам.

Перегляд інструкцій проводиться у встановлені строки: не рідше одного разу на п'ять років, а для робіт підвищеної небезпеки – не рідше одного разу на три роки. Позачерговий перегляд здійснюється у разі зміни технологічного процесу, модернізації обладнання, введення нових нормативних актів, виникнення аварій, нещасних випадків або виявлення недоліків у чинних інструкціях.

Для новостворених виробництв або нових виробничих дільниць допускається розроблення тимчасових інструкцій з охорони праці, які діють до завершення освоєння технологічного процесу та прийняття об'єкта в експлуатацію у встановленому законодавством порядку.

Інструкція набирає чинності з дня її затвердження роботодавцем, якщо інше не передбачено відповідним розпорядчим документом. Водночас введення

інструкції в дію повинно здійснюватися до початку експлуатації нового обладнання, технологічного процесу або виробничого об'єкта та лише після проведення навчання, інструктажів і перевірки знань працівників з питань охорони праці.

Усі затверджені інструкції підлягають реєстрації службою охорони праці в журналі реєстрації інструкцій з охорони праці. Їх тиражування здійснюється у вигляді брошур, пам'яток, інформаційних стендів або електронних документів, доступних працівникам на робочих місцях.

Видача інструкцій керівникам структурних підрозділів здійснюється службою охорони праці з обов'язковою реєстрацією в журналі обліку видачі інструкцій. Наявність актуальних інструкцій та забезпечення доступу працівників до них є одним із основних елементів функціонування системи управління охороною праці на підприємстві.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено, що деталь «Фланець» 55.408 є складовою частиною редуктора стрічкового конвеєра, що використовується для передачі крутного моменту та зменшення частоти обертання вала приводу барабана із стрічкою при транспортуванні сипких та кускових матеріалів. Основне функціональне призначення фланця полягає у передачі крутного моменту, забезпеченні точного взаємного розміщення елементів редуктора і зменшення динамічних навантажень під час роботи конвеєра. Деталь виготовляється із сталі 35Л.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі «Фланець» 55.408 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: отримання заготовки доцільно здійснюється литтям в кокіль для зменшення припусків механічного оброблення; токарне оброблення поверхонь виконується на токарному верстаті з ЧПК; для свердління отворів із одночасним утворенням фасок використовуються комбіновані свердла зі швидкорізальної сталі; для одночасного свердління шести отворів на вертикально-свердлильній операції доцільно застосовується багатошпиндельна свердлильна головка із відповідним кондуктором.

Зміни у базовому технологічному процесі дозволяють підвищити продуктивність праці та рівень автоматизації.

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.