

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Інжинірингу машинобудівних технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
корпуса 732.524.524

Виконав: студент IV курсу, групи МП-41
спеціальності 131 "Прикладна механіка"

(шифр і назва спеціальності)

Лотоцький Ю.Я.
(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник

(підпис)

Дячун А.Є.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Ткаченко І.Г.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Окіпний І.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

РЕФЕРАТ

У першому розділі на основі розрахунків коефіцієнтів технологічності та аналізу якісних показників встановлено, що деталь “Корпус” 732.524.524 є технологічною. У кресленні деталі немає підвищених вимог щодо точності та шорсткості поверхонь, які піддаються механічній обробці.

Технічне забезпечення базового технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 732.524.524 відповідає дрібносерійному типу виробництва. Програма випуску деталей відповідає крупносерійному типу виробництва, тому виникає необхідність у зміні технологічного процесу виготовлення корпусу 732.524.524.

У другому розділі використано розрахунково-аналітичний метод на основі витрат штучного або штучно-калькуляційного часу технологічного процесу виготовлення деталей та програми випуску для визначення типу виробництва деталі – крупносерійного. Вибрано спосіб виробництва заготовки – литво під тиском, розраховано припуски на обробку та розроблено схеми базування деталі на операціях механічного оброблення. Здійснено вибір технологічного устаткування та інструментів. На основі цього проведено розрахунок режимів різання та технічних норм часу. Розроблено операційну технологію виготовлення корпусу.

У третьому розділі для оброблення деталі “Корпус” 732.524.524 на 010 агрегатній операції одночасно декількома осьовими інструментами із верхньої та бокової сторін, використовуючи агрегатний верстат, розроблено та розраховано спеціальний затискний пристрій.

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.....	
2.4. 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 пристосування для механічного оброблення деталі.....	
3.2. Розрахунок калібра-пробки.....	
3.3. Розрахунок елементів багатошпindelної насадки.....	
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	
4.1. Аналіз потенційних небезпек верстату чи обладнання, що проектується.....	
4.2. Фінансування охорони праці на підприємстві.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі розроблено технологічний процес механічного оброблення деталі “Корпус” 732.524.524. Деталь застосовується як базова частина світильника, що використовується для загального освітлення складських приміщень та промислових об’єктів, забезпечуючи герметичний захист електричної та електронної частин світильника. Виготовляються зі сплаву АК методами литва.

Технічне забезпечення базового технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 732.524.524 відповідає дрібносерійному типу виробництва. Програма випуску деталей відповідає крупносерійному типу виробництва, тому виникає необхідність у зміні технологічного процесу виготовлення корпусу 732.524.524.

Для підвищення продуктивності процесів обробки поверхонь деталі запропоновано внести у базовий технологічний процес такі зміни: для виготовлення заготовки деталі доцільно використати методи точного литва у металеві форми, зокрема литва під тиском, що дозволяє зменшити припуски на механічну обробку корпусу; токарно-гвинторізні верстати доцільно замінити на токарний вертикальний багатошпindelний напівавтомат із багатоінструментальними наладками; усі настольно-свердлильні та різенарізні верстати доцільно замінити на один агрегатний верстат, що значно зменшує кількість операцій, робочих місць та площу, яке займає обладнання; застосування комбінованих інструментів; нарізання зовнішньої різі проводити на високопродуктивному обладнанні - різефрезерному верстаті гребінчастою фрезою.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” 732.524.524 застосовується як базова деталь світильника, що використовується для загального освітлення складських приміщень та промислових об’єктів, забезпечуючи герметичний захист електричної та електронної частин світильника.

До основних поверхонь деталі віднесено: внутрішню циліндричну поверхню $\varnothing 70H9^{(+0,074)}$; Ra2,5 ; $\varnothing 277H12^{(+0,52)}$; Ra12,5 , має призначення посадочної поверхні; зовнішню різеву поверхню M80×2-8g; Ra6,3 – для загвинчування втулки; торцеву поверхню 21h14 $_{(-0,52)}$; Ra12,5 – для забезпечення щільного контакту з корпусом та кільцем та правильного взаємного розміщення елементів світильника; три різевих отвори M6-7H; Ra6,3 – для кріплення до кільця.

Решта поверхонь виконують допоміжні функції.

Матеріалом деталі “Корпус” 732.524.524 є сплав на основі алюмінію АК12 першої системи: Al-Si-Mg. Середній вміст кремнію становить 12%. У таблицях 1.1 та 1.2 представлено хімічний склад та механічні властивості згаданого сплаву.

Таблиця 1.1 – Вміст хімічних елементів сплаву АК12, %

Алюміній	Кремній	Кальцій	Титан	Мідь	Цинк	Магній	Цирконій
		не більше					
основа	10-13	0,08	0,1	0,6	0,3	0,1	0,1

Таблиця 1.2 – Властивості сплаву АК12

Спосіб лиття	Вид термообробки	Густина, ρ , г/см ³	σ_p , МПа	Відносне видовження, %	Твердість, НВ
в кокіль	–	2,55-2,6	157	2,0	50
під тиском	–		157	1,0	50
в кокіль	відпал		147	3,0	50
під тиском	відпал		147	2,0	50

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

На основі доданого до завдання креслення деталі “Корпус” 732.524.524 проведено аналіз технічних вимог до деталі. Для цього кожній із поверхонь присвоєно порядковий номер, розглянуто основні вимоги щодо їх точності, взаємного розташування, відхилення від форми та зведено у таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Аналіз технічних вимог деталі “Корпус” 732.524.524

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Торцева поверхня 21h14 _(-0,52)	14	Ra12,5
2	Зовнішня циліндрична поверхня Ø79,8h12 _(-0,29) під різь М80×2-8g	12	Ra6,3
3	Зовнішня різева поверхня М80×2-8g; l=21	12	Ra6,3
4	Торцева поверхня 44h14 _(-0,62)	14	Ra12,5
5	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,5
6	Внутрішня циліндрична поверхня Ø70H9 ^(+0,074)	9	Ra2,5
7	Зовнішня фаска 2×45°	14	Ra12,5
8	Зовнішня канавка b=6H14 ^(+0,3) ; Ø77h14 _(-0,74)	14	Ra12,5
9	Внутрішня циліндрична поверхня Ø277H12 ^(+0,52)	12	Ra12,5
10-12	Три глухих отвори Ø4,95H12 ^(+0,12) ; l=12 ^{+1,1} ; Ø288±0,2 під різь М6-7H	12	Ra12,5
13-15	Три внутрішні фаски 1×45°	14	Ra12,5
16-18	Три різевих отвори М6-7H; l=8min	12	Ra6,3
19	Наскрізний отвір Ø4H14 ^(+0,3) ; 6±0,1; l=3	14	Ra12,5
20	Глухий отвір Ø3,7H13 ^(+0,16) ; Ø288±0,2; l=15 ^{+1,1}	14	Ra12,5

Закінчення таблиці 1.3

1	2	3	4
21-23	Три наскрізних отвори $\varnothing 7H14^{(+0,36)}$; $\varnothing 108 \pm 0,1$; $l=3 \pm 0,1$	14	Ra12,5
24	Внутрішня торцева поверхня $18 \pm 0,2$	IT14/2	Ra12,5

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності деталі “Корпус” 732.524.524 проводимо на основі креслень із технічними вимогами, річної програми випуску 130000 шт та типу виробництва крупносерійного.

Матеріал деталі сплав АК 12 має хороші ливарні властивості і при застосуванні точних методів литва можливе забезпечення формування тонких стінок деталі, ребер жорсткості та охолодження. Одержані таким чином заготовки можуть бути віднесені до середньої складності. При виготовленні заготовок необхідне застосування спеціальних прес форм.

В конструкції деталі є достатня кількість поверхонь заготовки, що можуть бути використані як чорнові бази на перших операціях механічної обробки деталі. Також наявні поверхні вищої точності, що можуть бути використані при виконанні подальших операцій. Під час механічної обробки деталі можливе застосування підвищених режимів різання. Є належний доступ до оброблюваних поверхонь, що не вимагає застосування спеціальних ріжучих та вимірювальних інструментів. Для затиску деталі у пристроях є достатньо місць підвищеної жорсткості.

Отже, на основі якісного аналізу деталей “Корпус” 732.524.524 є технологічною і не потребує корекції конструкції.

Кількісні показники технологічності деталі “Корпус” 732.524.524 визначаємо за стандартними формулами, що враховують параметри точності, шорсткості та уніфікації поверхонь деталі. Для розрахунку коефіцієнтів технологічності використано дані із таблиці 1.3.

Коефіцієнт точності обробки

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

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 14 + 12 \cdot 9 + 9 \cdot 1}{24} = 13,04;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{13,04} = 0,92.$$

При $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$ деталь “Корпус” 732.524.524 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості.

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

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 1 + 4 \cdot 5 + 3 \cdot 18}{24} = 3,29,$$

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

При $K_{\text{ш}}=0,3 > 0,16$ деталь “Корпус” 732.524.524 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_e} = \frac{21}{24} = 0,88,$$

При $K_{\text{у.е.}} > 0,88$ деталь “Корпус” 732.524.524 є технологічною.

Отже, на основі розрахунків коефіцієнтів технологічності можна констатувати, що деталь “Корпус” 732.524.524 є технологічною за основними кількісними показниками

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Основні характеристики базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 732.524.524 представлено у таблиці 1.4, до якої включено назви операцій та їх технічне забезпечення.

У базовому технологічному процесі використано універсальне обладнання з недостатньою продуктивністю роботи для крупносерійного типу виробництва, що включало токарно-гвинторізні, настільно-свердлильні та різенарізні верстати. На обладнанні для базування та затиску заготовок використано стандартні та універсально-збірні пристрої з ручним затиском деталей, що збільшує штучний час обробки деталей. Застосовуються також стандартні ріжучі та вимірювальні інструменти. Отже, можна констатувати що технічне забезпечення базового технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 732.524.524 відповідає дрібносерійному типу виробництва.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

На основі розрахунків коефіцієнтів технологічності та аналізу якісних показників встановлено, що деталь “Корпус” 732.524.524 є технологічною. У кресленні деталі немає підвищених вимог щодо точності та шорсткості поверхонь, які піддаються механічній обробці.

Технічне забезпечення базового технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 732.524.524 відповідає дрібносерійному типу виробництва. Програма випуску деталей відповідає крупносерійному типу виробництва, тому виникає необхідність у зміні технологічного процесу виготовлення корпусу 732.524.524.

Для підвищення продуктивності процесів обробки поверхонь деталі запропоновано внести у базовий технологічний процес такі зміни:

- для виготовлення заготовки деталі доцільно використати методи точного литва у металеві форми, зокрема литва під тиском, що дозволяє зменшити припуски на механічну обробку корпусу;
- токарно-гвинторізні верстати доцільно замінити на токарний вертикальний багатошпиндельний напівавтомат із багатоінструментальними наладками;

– усі настольно-свердлильні та різенарізні верстати доцільно замінити на один агрегатний верстат, що значно зменшує кількість операцій, робочих місць та площу, яке займає обладнання;

- застосування комбінованих інструментів;

- нарізання зовнішньої різі проводити на високопродуктивному обладнанні - різефрезерному верстаті гребінчастою фрезою.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення типу виробництва

Наближений спосіб визначення типу виробництва полягає у використанні інформації щодо програми випуску (згідно завдання $N = 130\,000$) і маси деталі “Корпус” $732.524.524\ m = 0,9$ кг. За цими даними на основі таблиць довідників визначено тип виробництва – крупносерійний.

Також застосовується розрахунком-аналітичний метод на основі витрат штучного або штучно-калькуляційного часу технологічного процесу виготовлення деталей та програми випуску. Застосовуємо цей метод в подальших розрахунках.

Числові показники штучно-калькуляційного часу базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 732.524.524 представлено у таблиці 2.1. Таблиця 2.1 – Показники штучно-калькуляційного часу базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 732.524.524

Операція	($T_{шт.к}$), хв.	Операція	($T_{шт.к}$), хв.
005 Токарно-гвинторізна	2,26	025 Вертикально-свердлильна	0,6
010 Вертикально-свердлильна	0,7	030 Вертикально-свердлильна	0,6
015 Вертикально-свердлильна	0,5	035 Різенарізна	0,62
020 Вертикально-свердлильна	0,61		

Розраховуємо кількість 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 – річний фонд часу роботи обладнання, $F_d = 3979$ год;

$$\eta_{зн.} = 0,75.$$

$$m_{p005} = \frac{130000 \cdot 2,26}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 1,64. \quad P_{005} = 2 \text{ верстати};$$

$$m_{p010} = \frac{130000 \cdot 0,7}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,5. P_{010} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p015} = \frac{130000 \cdot 0,744}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,36. P_{015} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p020} = \frac{130000 \cdot 0,61}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,44. P_{020} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p025} = \frac{130000 \cdot 0,6}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,43. P_{025} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p030} = \frac{130000 \cdot 0,6}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,43. P_{030} = 1 \text{ верстат};$$

$$m_{p035} = \frac{130000 \cdot 0,62}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,45. P_{035} = 1 \text{ верстат}.$$

Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання [1]:

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

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{1,64}{2} = 0,82;$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,5}{1} = 0,5;$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,36}{1} = 0,36;$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,44}{1} = 0,44;$$

$$\eta_{з.ф.025} = \frac{0,43}{1} = 0,43;$$

$$\eta_{з.ф.030} = \frac{0,43}{1} = 0,43;$$

$$\eta_{з.ф.035} = \frac{0,45}{1} = 0,45.$$

Кількість операцій, виконання яких передбачене на кожному робочому місці за [1]:

$$O = \frac{\eta_{3.н.}}{\eta_{3.ф.}}, \quad (2.3)$$

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,82} = 0,91. \quad O_{005} = 1 \text{ операцію};$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,5} = 1,5. \quad O_{010} = 2 \text{ операції};$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,36} = 2,08. \quad O_{015} = 3 \text{ операції};$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,44} = 1,7. \quad O_{020} = 2 \text{ операції};$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,43} = 1,74. \quad O_{025} = 2 \text{ операції};$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,43} = 1,74. \quad O_{030} = 2 \text{ операції};$$

$$O_{035} = \frac{0,75}{0,45} = 1,67. \quad O_{035} = 2 \text{ операції}.$$

Визначаємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{3.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{14}{8} = 1,75.$$

$K_{3.о.} = 1,75$ відповідає типу виробництва – крупносерійному.

Визначаємо період виготовлення деталей [1]:

$$t_B = \frac{60 \cdot F_D}{N}, \quad (2.4)$$

$$t_B = \frac{60 \cdot 3979}{130000} = 1,84 \text{ хв.}$$

Величину оптимальної партії деталей визначаємо за формулою [1]:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.5)$$

де a - запас деталей на складі;

F – кількість робочих днів, $F=257$ днів.

$$n = \frac{130000 \cdot 5}{257} = 2529 \text{ шт.}$$

Кількість змін, що потрібно для виготовлення партії деталей [1]:

$$C = \frac{T_{\text{шт.к.ср.}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} \quad (2.6)$$

де C – число змін;

$T_{\text{шт.к.ср.}}$ – середній штучно-калькуляційний час, хв:

$$T_{\text{шт.к.ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^T T_{\text{шт.к.і}}}{\sum_{i=1}^T O_i}, \quad (2.7)$$

$$T_{\text{шт.к.ср.}} = \frac{5,89}{7} = 0,84 \text{ хв.}$$

$$C = \frac{T_{\text{шт.к.ср.}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{0,84 \cdot 2529}{476 \cdot 0,8} = 5,58 \text{ зміни.}$$

Приймаємо ціле число змін $C_{\text{пр}} = 6$ змін.

Відкоректована кількість деталей в партії [1]:

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{\text{пр.}}}{T_{\text{шт.к.ср.}}}, \quad (2.8)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 6}{0,84} = 2720 \text{ шт.}$$

2.2. Вибір способу одержання заготовки

Для виготовлення заготовки деталі “Корпус” 732.524.524 розглянуто для порівняння два способи:

1) лиття в піщані форми;

2) лиття під тиском.

Для лиття в піщані форми: клас точності – 11 клас; ряд припусків – 3.

Для лиття під тиском: клас точності – 7 клас; ряд припусків – 1.

Паралельно із розрахунком припусків для механічної обробки заготовок виконуємо паралельно ескізи заготовок двох варіантів, що представлені на рис. 2.1 та 2.2.

Значення припусків для проектування заготовок деталі “Корпус” 732.524.524 представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення припусків для проектування заготовок деталі “Корпус” 732.524.524

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				
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 70H9^{(+0,074)}$	Ra2,5	4,4	$6,5 \times 2 = 13,0$	$\varnothing 57 \pm 2,2$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 79,8h12_{(-0,29)}$ під різь М80×2-8g	Ra6,3	4,4	$5,0 \times 2 = 10,0$	$\varnothing 89,8 \pm 2,2$
Торцева поверхня $21h14_{(-0,52)}$	Ra12,5	3,2	4,2	$25,2 \pm 1,6$
Торцева поверхня $44h14_{(-0,62)}$	Ra12,5	4,0	4,2	$48,2 \pm 2,0$
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 277H12^{(+0,52)}$	Ra12,5	6,4	$7,0 \times 2 = 14,0$	$\varnothing 263 \pm 3,2$
Внутрішня торцева поверхня $18 \pm 0,2$	Ra12,5	3,2	4,2	$13,8 \pm 1,6$ ($18 \pm 1,6$ на кресленні)
2) лиття під тиском				
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 70H9^{(+0,074)}$	Ra2,5	1,1	$2,0 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 66 \pm 0,55$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 79,8h12_{(-0,29)}$ під різь М80×2-8g	Ra6,3	1,1	$1,2 \times 2 = 2,4$	$\varnothing 82,2 \pm 0,55$

Закінчення таблиці 2.2

1	2	3	4	5
Торцева поверхня 21h14 _(-0,52)	Ra12,5	0,8	1,0	22±0,4
Торцева поверхня 44h14 _(-0,62)	Ra12,5	1,0	1,1	45,1±0,5
Внутрішня циліндрична поверхня Ø277H12 _(+0,52)	Ra12,5	1,6	1,6 × 2 = 3,2	Ø273,8±0,8
Внутрішня торцева поверхня 18±0,2	Ra12,5	0,8	1,0	17±0,4 (18±0,4 на кресленні)

Визначаємо масу заготовки як суму маси деталі та маси припуску:

$$Q = q + m_{\text{пр}}; \quad (2.9)$$

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho, \quad (2.10)$$

де $\rho = 2,6 \text{ г/см}^3$.

Об'єми припусків:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4}, \quad (2.11)$$

де D, H – геометричні параметри припуску, мм.

Визначаємо об'єм припусків для лиття в піщані форми:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (284,5^2 - 263^2) \cdot 4,2}{4} = 38809,81 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (70^2 - 57^2) \cdot 39}{4} = 50545,4 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (89,8^2 - 79,8^2) \cdot 21}{4} = 27958,56 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (89,8^2 - 57^2) \cdot 4,2}{4} = 15875,19 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot (277^2 - 263^2) \cdot 4,2}{4} = 24925,32 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 3}{4} = 37,68 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = \frac{\pi \cdot 7^2 \cdot 3}{4} \cdot 3 = 346,19 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = \frac{\pi \cdot 5^2 \cdot 12}{4} \cdot 3 = 706,5 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр9}} = \frac{\pi \cdot 3,7^2 \cdot 15}{4} = 161,2 \text{ мм}^3.$$

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

$$V_{\text{пр}} = 159365,85 \text{ мм}^3 = 159,37 \text{ см}^3.$$

Визначаємо об'єм припусків для лиття під тиском:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (284,5^2 - 273,8^2) \cdot 1,0}{4} = 4689,44 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (70^2 - 66^2) \cdot 39}{4} = 16654,56 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (82,2^2 - 79,8^2) \cdot 21}{4} = 6409,37 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (89,8^2 - 66^2) \cdot 1}{4} = 2910,81 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot (277^2 - 273,8^2) \cdot 1}{4} = 1383,61 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр6}} = \frac{\pi \cdot 4^2 \cdot 3}{4} = 37,68 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр7}} = \frac{\pi \cdot 7^2 \cdot 3}{4} \cdot 3 = 346,19 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр8}} = \frac{\pi \cdot 5^2 \cdot 12}{4} \cdot 3 = 706,5 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{пр9}} = \frac{\pi \cdot 3,7^2 \cdot 15}{4} = 161,2 \text{ мм}^3.$$

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

$$V_{\text{пр}} = 33299,36 \text{ мм}^3 = 33,3 \text{ см}^3.$$

Визначаємо масу припуску:

– для лиття в піщані форми:

$$m_{\text{пр1}} = 159,37 \cdot 2,6 = 414,4 \text{ г} = 0,414 \text{ кг.}$$

– для лиття під тиском:

$$m_{\text{пр2}} = 33,3 \cdot 2,6 = 86,58 \text{ г} \approx 0,1 \text{ кг.}$$

Визначаємо масу заготовок:

– для лиття в піщані форми:

$$Q_1 = 0,9 + 0,414 = 1,314 \text{ кг.}$$

– для лиття під тиском:

$$Q_2 = 0,9 + 0,1 = 1,0 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{в.м.}} = \frac{q}{Q}, \quad (2.12)$$

– для лиття в піщані форми:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,9}{1,314} = 0,69;$$

– для лиття під тиском:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,9}{1,0} = 0,9.$$

Для подальшого розроблення технологічного процесу вибираємо спосіб виготовлення заготовки, що забезпечує більший коефіцієнт використання матеріалу, тобто лиття під тиском.

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

У таблиці 2.4 представлено два основних запропонованих варіантів механічної обробки деталі “Корпус” 732.524.524 з врахуванням точності та шорсткості оброблених поверхонь

Таблиця 2.4 – Варіанти механічної обробки деталі “Корпус” 732.524.524

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1	2	3	4	5	6
1	Торцева поверхня 21h14 _(-0,52)	14	Ra12,5	Напівчистове точіння	–
2	Зовнішня циліндрична поверхня Ø79,8h12 _(-0,29) під різь М80×2-8g	12	Ra6,3	Напівчистове точіння	–
3	Зовнішня різева поверхня М80×2-8g; l=21	12	Ra6,3	Фрезерування різі	Нарізання різі різцем
4	Торцева поверхня 44h14 _(-0,62)	14	Ra12,5	Напівчистове точіння	–
5	Внутрішня фаска 1×45°	14	Ra12,5	Напівчистове розточування	–
6	Внутрішня циліндрична поверхня Ø70H9 ^(+0,074)	9	Ra2,5	Напівчистове розточування	–
7	Зовнішня фаска 2×45°	14	Ra12,5	Напівчистове точіння	–
8	Зовнішня канавка b=6H14 ^(+0,3) ; Ø77h14 _(-0,74)	14	Ra12,5	Напівчистове точіння	–

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
9	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 277H12^{(+0,52)}$	12	Ra12,5	Напівчистове розточування	–
10-12	Три глухих отвори $\varnothing 4,95H12^{(+0,12)}$; $l=12^{+1,1}$; $\varnothing 288\pm 0,2$ під різь М6-7H	12	Ra12,5	Свердління	Центрування Свердління
13-15	Три внутрішні фаски $1\times 45^\circ$	14	Ra12,5	Формування при свердлінні	Зенкування
16-18	Три різевих отвори М6-7H; $l=8\text{min}$	12	Ra6,3	Нарізання різі мітчиком	–
19	Наскрізний отвір $\varnothing 4H14^{(+0,3)}$; $6\pm 0,1$; $l=3$	14	Ra12,5	Свердління по кондуктору	Центрування Свердління
20	Глухий отвір $\varnothing 3,7H13^{(+0,16)}$; $\varnothing 288\pm 0,2$; $l=15^{+1,1}$	14	Ra12,5	Свердління	Центрування Свердління
21-23	Три наскрізних отвори $\varnothing 7H14^{(+0,36)}$; $\varnothing 108\pm 0,1$; $l=3\pm 0,1$	14	Ra12,5	Свердління	Центрування Свердління
24	Внутрішня торцева поверхня $18\pm 0,2$	IT14/2	Ra12,5	Напівчистове розточування	–

За результатами аналізу варіантів механічної обробки деталі “Корпус” 732.524.524 із таблиці 2.3 на основі принципу концентрації операцій розроблено операційну технологію, що представлена нижче.

005. Токарна напівавтоматна.

Позиція II. Підрізати остаточно торець 4, розточити остаточно внутрішній торець 24 з попереднім розточуванням внутрішньої циліндричної поверхні 9 з супорта послідовної дії одночасно, витримуючи розміри $44_{-0,62}$; $19\pm 0,2$; $\varnothing 277^{+0,52}$.

Позиція III. Підрізати остаточно торець 1, точити остаточно зовнішню канавку 8 з супорта послідовної дії одночасно, витримуючи розміри $21_{-0,52}$; $18\pm 0,2$; $6^{+0,3}$; $\varnothing 77_{-0,74}$.

Позиція IV. Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 2, витримуючи розмір $\varnothing 79,8_{-0,29}$; розточити остаточно внутрішню фаску 5,

витримуючи розмір $3 \times 45^\circ$; розточити остаточно внутрішню циліндричну поверхню 9, витримуючи розмір $\varnothing 277^{+0,52}$ з вертикального супорта одночасно.

Позиція V. Розточити попередньо отвір 6, точити остаточно зовнішню фаску 7 з вертикального супорта одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 69,59^{+0,19}$; $2 \times 45^\circ$.

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

Перевірити розміри: $44_{-0,62}$; $18 \pm 0,2$; $\varnothing 277^{+0,52}$; $21_{-0,52}$; $6^{+0,3}$; $\varnothing 77_{-0,74}$; $2 \times 45^\circ$; $\varnothing 70^{+0,074}$; Ra2,5. Контроль 30%.

010 Агрегатна операція

Позиція II. Свердли три отвори 21, 22, 23, витримуючи розміри $\varnothing 7^{+0,36}$; $\varnothing 108 \pm 0,1$; $l = 3 \pm 0,1$; свердли отвір 20, витримуючи розміри $\varnothing 3,7^{+0,16}$; $\varnothing 288 \pm 0,2$; $l = 15^{+1,1}$ в з чотирьохшпindelної горизонтальної силової головки IIa; свердли отвір 19, витримуючи розміри $\varnothing 4^{+0,3}$; $6 \pm 0,1$; $l = 3$ з вертикальної силової головки IIb одночасно.

Позиція III. Свердли три отвори 10, 11, 12 з формуванням трьох фасок 13, 14, 15, витримуючи розміри $\varnothing 4,95^{+0,12}$; $l = 12^{+1,1}$; $\varnothing 288 \pm 0,2$; $1 \times 45^\circ$ з трьохшпindelної горизонтальної силової головки IIIa одночасно.

Позиція IV. Нарізати різь 16, 17, 18 в трьох отворах, витримуючи розміри M6-7H; $l = 8 \text{ min}$ з горизонтальної трьохшпindelної силової головки IVa одночасно.

Перевірити розміри: $\varnothing 7^{+0,36}$; $\varnothing 108 \pm 0,1$; $l = 3 \pm 0,1$; $\varnothing 3,7^{+0,16}$; $\varnothing 288 \pm 0,2$; $l = 15^{+1,1}$; $\varnothing 4^{+0,3}$; $6 \pm 0,1$; $l = 3$; M6-7H; $l = 8 \text{ min}$; $l = 12^{+1,1}$; $1 \times 45^\circ$. Контроль 30%.

015 Різефрезерна операція

Фрезерувати зовнішню різь 3, витримуючи розміри M80 \times 2-8g; $l = 21$.

Операція 020 Контроль.

2.5. Визначення припусків на оброблення

Результати розрахунків припусків механічної обробки поверхонь деталі “Корпус” 732.524.524 представлено у таблиці 2.5. При розрахунках враховувався спосіб виготовлення заготовки, спосіб її закріплення на верстатах, точність та шорсткість оброблюваних поверхонь.

Таблиця 2.5 – Розрахункові припуски для обробки поверхонь деталі “Корпус” 732.524.524

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Торцева поверхня 21h14 _(-0,52)					
Напівчистове точіння	14	Ra12,5	0,52	1,0	21 _{-0,52}
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R _z 50	0,8	–	22±0,4
Торцева поверхня 44h14 _(-0,62)					
Напівчистове точіння	14	Ra12,5	0,62	1,1	44 _{-0,62}
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R _z 50	1,0	–	45,1±0,5
Внутрішня торцева поверхня 18±0,2					
Розточування напівчистове	14	Ra12,5	0,4	1,0	18±0,2
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R _z 50	0,8	–	17±0,4
Зовнішня циліндрична поверхня Ø79,8h12 _(-0,29) під різь М80×2-8g					
Напівчистове точіння	12	Ra6,3	0,29	1,2 × 2 = 2,4	Ø79,8 _{-0,29}
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R _z 50	1,1	–	Ø82,2±0,55
Внутрішня циліндрична поверхня Ø277H12 ^(+0,52)					
Напівчистове розточування	12	Ra6,3	0,52	1,6 × 2 = 3,2	Ø277 ^{+0,52}
Заготовка	7-мий кл. точн. розм.	R _z 50	1,6	–	Ø273,8±0,8

Для обробки отвору Ø70H9^(+0,074) використано декілька переходів процесу

розточування на вертикальному багатопиндельному напівавтоматі. Розподіл припусків і допусків між переходами розточування представлено у вигляді графічної схеми рис. 2.3.

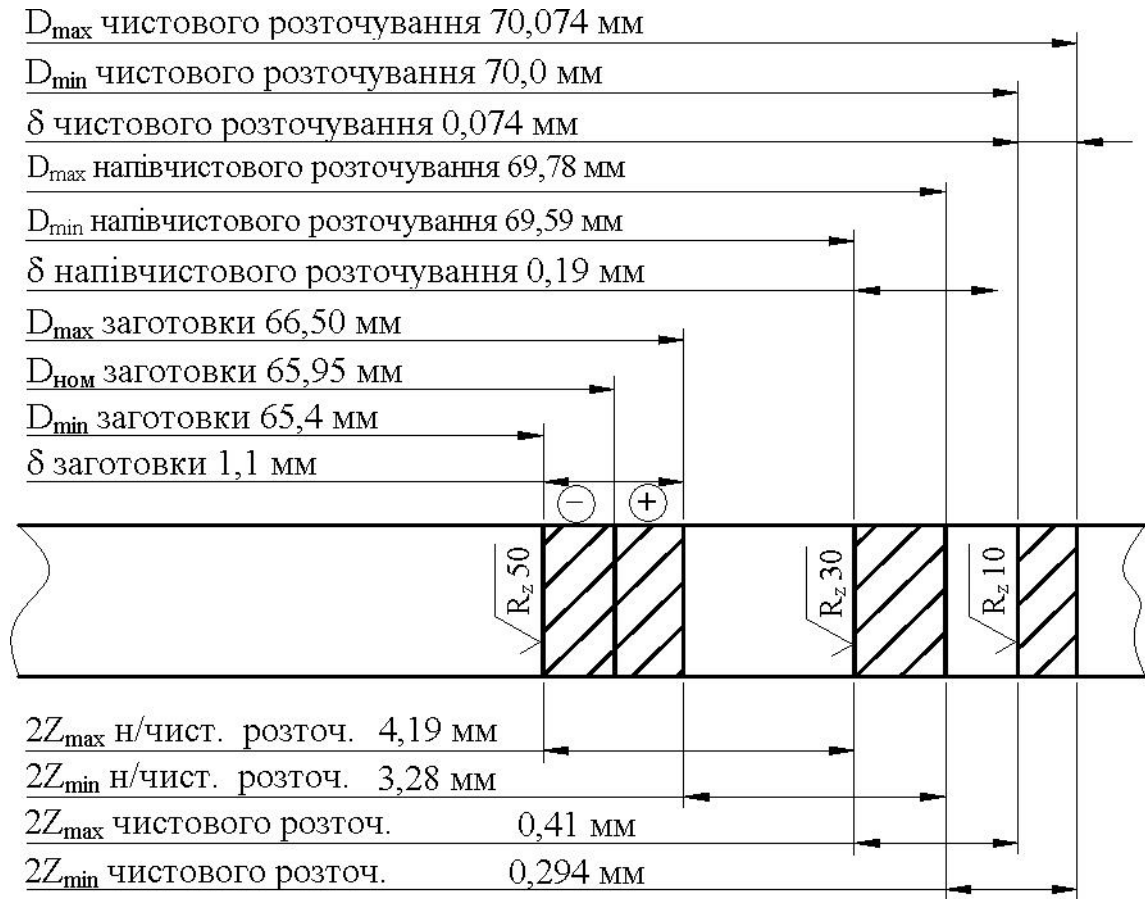


Рисунок 2.3 – Розподіл припусків і допусків між переходами розточування отвору $\varnothing 70\text{H}9^{(+0,074)}$

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання для обробки деталі “Корпус” 732.524.524 проведемо розрахунково-аналітичним методом для 005 токарної напівавтоматної операції.

005 Операція. Токарна напівавтоматна

1. Глибини різання для кожного інструменту на шести позиціях:

II: $t_{II1} = 1,0$ мм.; $t_{II2} = 1,1$ мм.

III: $t_{III1} = 2,6$ мм.; $t_{III2} = 1,0$ мм.

IV: $t_{IV1} = 1,2$ мм.; $t_{IV2} = 3,0$ мм.; $t_{IV3} = 1,6$ мм.

V: $t_{V1} = 2,0$ мм.; $t_{V2} = 1,82$ мм.

VI: $t_{VI} = 0,205$ мм.

2. Довжини робочих ходів супортів [20]:

$$L_{p.x.} = l_{різ.} + l_{підв.} + l_{вріз.} + l_{перебігу} + l_{дод.}, \quad (2.13)$$

Позиція II:

для різця 1:

$l_{різ.} = 25,6$ мм;

$l_{вріз.} = 2$ мм [20], $l_{підв.} = 3$ мм [20]; $l_{дод.} = 0$.

$$L_{p.x.II_1} = 25,6 + 2 + 3 = 30,6 \text{ мм.}$$

для різця 2:

$l_{різ.} = 8,1$ мм;

$l_{вріз.} = 2,1$ мм; $l_{підв.}$, перебігу = 6 мм [20]; $l_{дод.} = 0$.

$$L_{p.x.II_2} = 8,1 + 2,1 + 6 = 16,2 \text{ мм.}$$

Позиція III:

для різця 1:

$l_{різ.} = 2,6$ мм;

$l_{вріз.} = 6$ мм [20]; $l_{підв.} = 3$ мм [20]; $l_{дод.} = 0$.

$$L_{p.x.III_1} = 2,6 + 6 + 3 = 11,6 \text{ мм.}$$

для різця 2:

$l_{різ.} = 13,71$ мм;

$l_{вріз.} = 2,0$ мм; [20]; $l_{підв.}$, пер. = 6 мм; $l_{дод.} = 0$.

$$L_{p.x.III_2} = 13,71 + 6 + 2 = 21,71 \text{ мм.}$$

Позиція IV:

для різця 1:

$l_{різ.} = 16,6$ мм;

$l_{вріз.} = 1,2$ мм [20], $l_{підв.} = 3$ мм [20]; $l_{дод.} = 0$.

$$L_{p.x.IV_1} = 16,6 + 1,3 + 3 = 20,9 \text{ мм.}$$

для різця 2:

$$l_{\text{різ.}} = 3,0 \text{ мм};$$

$$l_{\text{вріз.}} = 3,0 \text{ мм. [20]}; l_{\text{підв}} = 3,0 \text{ мм [20]}; l_{\text{дод.}} = 0.$$

$$L_{\text{р.х.IV}_2} = 3,0 + 3,0 + 3,0 = 9 \text{ мм.}$$

для різця 3:

$$l_{\text{різ.}} = 18 \text{ мм};$$

$$l_{\text{вріз.}} = 1,6 \text{ мм. [20]}; l_{\text{підв}} = 3,0 \text{ мм [20]}; l_{\text{дод.}} = 0.$$

$$L_{\text{р.х.IV}_3} = 18 + 1,6 + 3,0 = 22,6 \text{ мм.}$$

Позиція V:

для різця 1:

$$l_{\text{різ.}} = 2,0 \text{ мм};$$

$$l_{\text{вріз.}} = 2,0 \text{ мм. [20]}; l_{\text{підв}} = 3,0 \text{ мм [20]}; l_{\text{дод.}} = 0.$$

$$L_{\text{р.х.V}_1} = 2,0 + 2,0 + 3,0 = 7,0 \text{ мм.}$$

для різця 2:

$$l_{\text{різ.}} = 39 \text{ мм};$$

$$l_{\text{вріз.}} = 4,0 \text{ мм}; l_{\text{підв, перебігу}} = 6 \text{ мм}; [20]; l_{\text{дод.}} = 0.$$

$$L_{\text{р.х.V}_2} = 39 + 4 + 6 = 49 \text{ мм.}$$

Позиція VI:

для різця 1:

$$l_{\text{різ.}} = 39 \text{ мм};$$

$$l_{\text{вріз.}} = 0,3 \text{ мм}; l_{\text{підв, перебігу}} = 6 \text{ мм}; [20]; l_{\text{дод.}} = 0.$$

$$L_{\text{р.х.VI}_1} = 39 + 0,3 + 6 = 45,3 \text{ мм.}$$

П'ята позиція для розточного різця $L_{\text{р.х. V}_2} = 49 \text{ мм}$ – лімітуюча позиція.

3. Визначаємо подачу при сумарній глибині різання:

$$\text{Позиція II: } \Sigma t_{\text{II}} = 2,1 \text{ мм.}; S_{\text{oII}} = 0,2 \text{ мм/об [20].}$$

$$\text{Коректуємо величину подачі } S_{\text{oII}} = 0,214 \text{ мм/хв.}$$

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$1 / f = 31 / 79; d = 58; c = 38.$$

$$\text{Позиція III: } \Sigma t_{\text{III}} = 3,6 \text{ мм.}; S_{\text{oIII}} = 0,05 \text{ мм/об [20].}$$

Коректуємо величину подачі: $S_{oIII\pi} = 0,064$ мм/хв.

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$1 / f = 31 / 79; d = 30; c = 66.$$

Позиція IV: $\Sigma t_{IV} = 5,8$ мм.; $S_{oIV} = 0,25$ мм/об [20].

Коректуємо величину подачі: $S_{oIV\pi} = 0,256$ мм/хв.

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$1 / f = 31 / 79; d = 62; c = 34.$$

Позиція V: $\Sigma t_V = 3,82$ мм.; $S_{oV} = 0,2$ мм/об [20].

Коректуємо величину подачі: $S_{oV\pi} = 0,197$ мм/хв.

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$1 / f = 31 / 79; d = 56; c = 40.$$

Позиція VI: $\Sigma t_{VI} = 0,205$ мм.; $S_{oVI} = 0,1$ мм/об [20].

Коректуємо величину подачі: $S_{oVI\pi} = 0,1$ мм/хв.

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$1 / f = 31 / 79; d = 40; c = 56.$$

4. Встановлюємо період стійкості інструментів [20]:

$$T_p = T_M \cdot \lambda, \quad (2.14)$$

де $T_M = 150$ хв. [20];

λ – коефіцієнт часу різання:

$$\lambda = \frac{L_{\text{різ.}}}{L_{\text{р.х.}}}, \quad (2.15)$$

Позиція II: $\lambda_{II_1} = \frac{25,6}{30,6} = 0,84$; при $\lambda > 0,7$ рахуємо $\lambda > 1,0$ $T_{pII_1} = 150$ хв.;

$$\lambda_{II_2} = \frac{8,1}{16,2} = 0,5; T_{pII_2} = 150 \cdot 0,5 = 75 \text{ хв.};$$

Позиція III: $\lambda_{III_1} = \frac{2,6}{11,6} = 0,22$; $T_{pIII_1} = 150 \cdot 0,22 = 33$ хв.;

$$\lambda_{III_2} = \frac{13,71}{21,71} = 0,63; T_{pIII_2} = 150 \cdot 0,63 = 94 \text{ хв.}$$

Позиція IV: $\lambda_{IV_1} = \frac{16,6}{20,9} = 0,8$; при $\lambda > 0,7$ рахуємо $\lambda > 1,0$ $T_{pIV_1} = 150$ хв.;

$\lambda_{IV_2} = \frac{3,0}{9,0} = 0,33$; $T_{pIV_2} = 150 \cdot 0,33 = 49,5$ хв.;

$\lambda_{IV_3} = \frac{18}{22,6} = 0,8$; при $\lambda > 0,7$ рахуємо $\lambda > 1,0$ $T_{pIV_3} = 150$ хв.

Позиція V: $\lambda_{V_1} = \frac{2,0}{7,0} = 0,29$; $T_{pIV_1} = 150 \cdot 0,29 = 43,5$ хв.;

$\lambda_{V_2} = \frac{39,0}{49,0} = 0,8$; при $\lambda > 0,7$ рахуємо $\lambda > 1,0$ $T_{pV_2} = 150$ хв.

Позиція VI: $\lambda_{VI_1} = \frac{39,0}{45,3} = 0,86$; при $\lambda > 0,7$ рахуємо $\lambda > 1,0$ $T_{pVI_1} = 150$ хв.;

5. Визначаємо швидкість різання.

Позиція V: для розточного різця 2 – лімітуючого інструменту:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \cdot 0,9, \quad (2.16)$$

де

$$V = \frac{485}{150^{0,28} \cdot 1,82^{0,12} \cdot 0,197^{0,25}} \cdot 2,25 \cdot 0,9 = \frac{485 \cdot 2,25 \cdot 0,9}{4,067 \cdot 1,074 \cdot 0,67} = 335,5 \text{ м/хв.}$$

Позиція II:

Швидкість різання за спрощеною формулою [20]:

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.17)$$

$V_{\text{табл.}} = 380$ м/хв [20];

$K_1 = 1,0$ [20];

$K_2 = 0,8$ при $T=150$ хв [20];

$K_3 = 1,05$ для поперечного точіння [20];

$$V_{II} = 380 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,05 = 319,2 \text{ м/хв.}$$

Позиція III:

$$V_{III} = 410 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 430,5 \text{ м/хв.}$$

Позиція IV:

$$V_{IV} = 340 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 272 \text{ м/хв.}$$

Позиція VI:

$$V_{VI} = 530 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 360,4 \text{ м/хв.}$$

б. Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (2.18)$$

$$\text{Позиція II: } n_{II} = \frac{1000 \cdot 319,2}{\pi \cdot 277} = 367 \text{ хв}^{-1}.$$

Коректуємо величину частоти обертання:

$$n_{шпIIп} = 224 \text{ хв}^{-1}.$$

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$a = 46; b = 19.$$

$$\text{Позиція III: } n_{III} = \frac{1000 \cdot 430,5}{\pi \cdot 284,5} = 482 \text{ хв}^{-1}.$$

$$n_{шпIIIп} = 224 \text{ хв}^{-1}.$$

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$a = 46; b = 19.$$

$$\text{Позиція IV: } n_{IV} = \frac{1000 \cdot 272}{\pi \cdot 79,8} = 1085 \text{ хв}^{-1}.$$

$$n_{шпIVп} = 224 \text{ хв}^{-1}.$$

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$a = 46; b = 19.$$

$$\text{Позиція V: } n_V = \frac{1000 \cdot 335,5}{\pi \cdot 69,59} = 1535 \text{ хв}^{-1}.$$

$$n_{шпVп} = 224 \text{ хв}^{-1}.$$

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$a = 46; b = 19.$$

$$\text{Позиція VI: } n_{VI} = \frac{1000 \cdot 360,4}{\pi \cdot 70} = 1640 \text{ хв}^{-1}.$$

$$n_{III \cdot VI} = 224 \text{ хв}^{-1}.$$

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$a = 46; b = 19.$$

7 Час робочого ходу:

$$t_p = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n_{III}}, \quad (2.19)$$

$$\text{Позиція V: Лімітуюча позиція: } t_{pV} = \frac{49}{0,197 \cdot 224} = 1,11 \text{ хв.}$$

$$\text{Позиція II: } t_{pII} = \frac{30,6}{0,214 \cdot 224} = 0,64 \text{ хв.}$$

Коректування режимів різання:

$$S_{o,кII} = \frac{30,6}{224 \cdot t_{pV}} = \frac{30,6}{224 \cdot 1,11} = 0,123 \text{ мм/хв.}$$

За паспортом верстата: $S_{окII} = 0,129 \text{ мм/хв.}$

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$l = 31; f = 79; d = 46; c = 50.$$

Робочий час на даній позиції:

$$t_{pII} = \frac{30,6}{0,129 \cdot 224} = 1,06 \text{ хв.}$$

$$\text{Позиція III: } t_{pIII} = \frac{21,71}{0,064 \cdot 224} = 1,51 \text{ хв.}$$

Коректування режимів різання:

$$S_{o,кIII} = \frac{21,71}{224 \cdot t_{pV}} = \frac{21,71}{224 \cdot 1,11} = 0,087 \text{ мм/хв.}$$

За паспортом верстата: $S_{окIII} = 0,092 \text{ мм/хв.}$

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$l = 31; f = 79; d = 38; c = 58.$$

$$t_{pIII} = \frac{21,71}{0,092 \cdot 224} = 1,05 \text{ хв.}$$

$$\text{Позиція IV: } t_{p_{IV}} = \frac{22,6}{0,256 \cdot 224} = 0,4 \text{ хв.}$$

Коректування режимів різання:

$$S_{o_{кIII}} = \frac{22,6}{224 \cdot t_{p_{IV}}} = \frac{22,6}{224 \cdot 1,11} = 0,091 \text{ мм/хв.}$$

За паспортом верстата: $S_{окIII} = 0,092 \text{ мм/хв.}$

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$l = 31; f = 79; d = 38; c = 58.$$

$$t_{p_{кIV}} = \frac{22,6}{0,092 \cdot 224} = 1,1 \text{ хв.}$$

$$\text{Позиція VI: } t_{p_{VI}} = \frac{45,3}{0,1 \cdot 224} = 2,02 \text{ хв.}$$

Коректування режимів різання:

$$S_{o_{кVI}} = \frac{45,3}{224 \cdot t_{p_{VI}}} = \frac{45,3}{224 \cdot 1,11} = 0,182 \text{ мм/хв.}$$

За паспортом верстата: $S_{окVI} = 0,183 \text{ мм/хв.}$

Параметри змінних зубчастих коліс:

$$l = 31; f = 79; d = 54; c = 42.$$

$$t_{p_{VI}} = \frac{45,3}{0,183 \cdot 224} = 1,105 \text{ хв.}$$

7. Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{III}}{1000}, \quad (2.20)$$

$$\text{Позиція II: } V_{\phi II} = \frac{\pi \cdot 277 \cdot 224}{1000} = 194,8 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Позиція III: } V_{\phi III} = \frac{\pi \cdot 284,5 \cdot 224}{1000} = 200,1 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Позиція IV: } V_{\phi IV} = \frac{\pi \cdot 79,8 \cdot 224}{1000} = 56,13 \text{ м/хв.}$$

$$\text{Позиція V: } V_{\phi V} = \frac{\pi \cdot 69,59 \cdot 224}{1000} = 49 \text{ м/хв.}$$

Позиція VI: $V_{\phi VI} = \frac{\pi \cdot 70 \cdot 224}{1000} = 49,2 \text{ м/хв.}$

8. Визначаємо силу різання:

Позиція V:

Сила різання[20]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (2.21)$$

де

$$P_{zV} = 2 \cdot 10 \cdot 40 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,197^{0,75} \cdot 49^0 \cdot 0,77 = 3643 \text{ Н.}$$

Позиція II:

Сила різання[20]:

$$P_z = P_{z \text{ табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2. \quad (2.22)$$

– для різців 1 та 2:

$$P_{zII,2} = 2 \cdot 500 \cdot 0,3 \cdot 0,9 = 270 \text{ Н.}$$

$$\Sigma P_{zII} = 270 \text{ Н.}$$

Позиція III:

– для різця 1.

$$P_{zIII_1} = 900 \cdot 0,3 \cdot 0,9 = 243 \text{ Н.}$$

– для різця 2.

$$P_{zIII_2} = 500 \cdot 0,3 \cdot 0,9 = 135 \text{ Н.}$$

$$\Sigma P_{zIII} = 243 + 135 = 378 \text{ Н.}$$

Позиція IV:

– для різця 1.

$$P_{zIV_1} = 360 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 108 \text{ Н.}$$

– для різця 2.

$$P_{zIV_2} = 1100 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 330 \text{ Н.}$$

– для різця 3.

$$P_{zIV_3} = 700 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 210 \text{ Н.}$$

$$\Sigma P_{zIV} = 108 + 330 + 210 = 648 \text{ Н.}$$

Позиція VI:

– для різця 1.

$$P_{zVI_1} = 110 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 33 \text{ Н.}$$

9. Визначаємо потужність різання:

Позиція V:

$$N_{\text{різ}} = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (2.23)$$

$$N_{\text{різV}} = \frac{3643 \cdot 49}{1020 \cdot 60} = 3,0 \text{ кВт};$$

$$\text{Позиція II: } N_{\text{різII}} = \frac{270 \cdot 194,8}{1020 \cdot 60} = 0,86 \text{ кВт};$$

$$\text{Позиція III: } N_{\text{різIII}} = \frac{378 \cdot 200,1}{1020 \cdot 60} = 1,24 \text{ кВт};$$

$$\text{Позиція IV: } N_{\text{різIV}} = \frac{648 \cdot 56,13}{1020 \cdot 60} = 0,6 \text{ кВт};$$

$$\text{Позиція VI: } N_{\text{різVI}} = \frac{33 \cdot 49,2}{1020 \cdot 60} = 0,03 \text{ кВт}.$$

Визначаємо сумарну потужність:

$$\Sigma N_{\text{різ}} = N_{\text{різII}} + N_{\text{різIII}} + N_{\text{різIV}} + N_{\text{різV}} + N_{\text{різVI}}, \text{ кВт} \quad (2.24)$$

$$\Sigma N_{\text{різ}} = 0,86 + 1,24 + 0,6 + 3,0 + 0,03 = 5,73 \text{ кВт}.$$

10. Перевіряємо, чи достатня потужність приводу верстата:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}, \quad (2.25)$$

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta, \quad (2.26)$$

де $N_d = 22 \text{ кВт}; \eta = 0,8.$

$$N_{\text{шп}} = 22 \cdot 0,8 = 17,6 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{різ}} = 5,73 \text{ кВт} < N_{\text{шт}} = 17,6 \text{ кВт}.$$

Результати розрахунків режимів представлено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання при обробці деталі “Корпус” 732.524.524

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _м , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S _м , мм/хв	T _о , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна напівавтоматна										
Позиція II										
Підрізати остаточно торець 4, розточити остаточно внутрішній торець 24 з попереднім розточуванням внутрішньої циліндричної поверхні 9 з супорта послідовної дії одночасно, витримуючи розміри 44 _{-0,62} ; 19±0,2; Ø277 ^{+0,52}	1,0	30,5	1	155	0,128	227	194,7	28,88	1,07	0,86
	1,1	16,2		77						
Позиція III										
Підрізати остаточно торець 1, точити остаточно зовнішню канавку 8 з супорта послідовної дії одночасно, витримуючи розміри 21 _{-0,52} ; 18±0,2; 6 ^{+0,3} ; Ø77 _{-0,74} .	2,6	11,7	1	34	0,091	222	200,2	20,62	1,06	1,25
	1,0	13,72		97						
Позиція IV										

Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Нарізати різь 16, 17, 18 в трьох отворах, витримуючи розміри М6-7Н; l=8min з горизонтальної трьохшпindel'ної силової головки IVa одночасно	0,54	12	1	135	1,0	244	4,7	244	0,11	0,06
015 Різефрезерна										
Перехід 2 Фрезерувати зовнішню різь 3, витримуючи розміри М80×2-8g; l=21	1,73	301,5	1	202	0,1 мм/зуб	46	165	255	1,19	3,1

Проведемо розрахунок технічних норм часу на 005 операцію виготовлення .

Для напівавтоматів норма штучного часу [2]:

$$T_{шт} = T_{ц} + T_{доп.} + T_{тех.обсл.} + T_{орг.обсл.} + T_{відп.} . \quad (2.27)$$

Час циклу напівавтомата [20]:

$$T_{ц} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + 5,5с. хв. \quad (2.28)$$

005 Токарна напівавтоматна операція

1. Визначаємо складові часу циклу напівавтомата:

Час транспортування заготовки:

$$T_1 = 3,85 с$$

Тривалість синхронізації $T_2 = 1,5 \div 2 с$. Приймаємо $T_2 = 2 с$.

Тривалість швидкого підводу T_3 :

$$T_3 = 0,057 \cdot L_{підв.}, \quad (2.29)$$

$$T_5 = 0,0196 \cdot L_{відвод.}, \quad (2.30)$$

$$T_3 = 0,057 \cdot 71 = 4,047 \text{ с.}$$

$$T_5 = 0,0196 \cdot L_{\text{відвод.}} = 0,0196 \cdot 120 = 2,353 \text{ с.}$$

Витрати часу на робочі ходи:

$$T_4 = t_p = 1,11 \text{ хв.} = 66,6 \text{ с.}$$

Підставляємо дані у формулу (2.28):

$$T_{\text{ц}} = 3,85 + 2,0 + 4,047 + 2,353 + 66,6 + 5,5 = 84,35 \text{ с.} = 1,405 \text{ хв.}$$

2. Визначаємо час на допоміжні переходи.

Визначаємо час на вимірювання:

$$44_{-0,62}; 18 \pm 0,2; 21_{-0,52} - \text{час на вимірювання штангенциркулем} - t_{\text{вим.1}} = 3 \cdot 0,09 = 0,27 \text{ хв.}$$

$$\varnothing 277^{+0,52} - t_{\text{вим.2}} = 0,11 \text{ хв. [1].}$$

$$\varnothing 70^{+0,074} - \text{час на вимірювання калібр-пробкою } (\varnothing 70) - t_{\text{вим.3}} = 0,06 \text{ хв. [1].}$$

$$\varnothing 70^{+0,074} - \text{час на вимірювання калібр-пробкою НЕ } (\varnothing 70) - t_{\text{вим.4}} = 0,04 \text{ хв. [1].}$$

$$6^{+0,3}; \varnothing 77_{-0,74}; 45^\circ - \text{час на вимірювання шаблоном В=6; } 45^\circ - t_{\text{вим.5}} = 0,07 \text{ хв. [1].}$$

$$2 \times 45^\circ - \text{час на вимірювання шаблоном фасочним} - t_{\text{вим.6}} = 0,06 \text{ хв. [1].}$$

Сумарний час на вимірювання:

$$T_{\text{доп.вим.}} = t_{\text{вим.1}} + t_{\text{вим.2}} + t_{\text{вим.3}} + t_{\text{вим.4}} + t_{\text{вим.5}} + t_{\text{вим.6}}, \quad (2.31)$$

$$T_{\text{доп.вим.}} = 0,27 + 0,11 + 0,06 + 0,04 + 0,07 + 0,06 = 0,61 \text{ хв.}$$

Дійсний час вимірювання:

$$T_{\text{доп.вим.дійсн.}} = T_{\text{доп.вим.}} \cdot 0,3 = 0,61 \cdot 0,3 = 0,183 \text{ хв.}$$

Цей час перекривається тривалістю циклу роботи верстата $T_{\text{ц005}} = 1,405 \text{ хв.}$

Час на технічне обслуговування:

$$T_{\text{тех.обсл.}} = T_o \cdot 2\% = 1,11 \cdot 0,02 = 0,022 \text{ хв.}$$

Час на організаційне обслуговування:

$$T_{\text{орг.обсл.}} = T_{\text{ц}} \cdot 2,9\% = 1,405 \cdot 0,029 = 0,0407 \text{ хв.}$$

Затрати часу на особисті потреби:

$$T_{\text{відп}} = T_{\text{ц}} \cdot 6\% = 1,405 \cdot 0,06 = 0,0843 \text{ хв.}$$

Відповідно штучний час буде становити (2.27):

$$T_{\text{шт}} = 1,405 + 0,01 + 0,022 + 0,0407 + 0,0843 = 1,562 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт.}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}, \text{ хв} \quad (2.32)$$

де $n = 2720$ шт.

Підготовчо-заключний час [1]:

$$T_{\text{п.з.}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \text{ хв.}, \quad (2.33)$$

$$T_{\text{п.з.}} = 13 + 2 + 2 + 4 + 12 + 51,2 + 1 = 85,2 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час (2.32):

$$T_{\text{шт.к}} = 1,562 + \frac{85,2}{2720} = 1,593 \text{ хв.}$$

010 Агрегатна операція.

Основний час: $T_{010\text{Ш}} = 0,1$ хв.

Штучний час:

$$T_{\text{шт.}} = \Psi_{\text{к}} \cdot T_{\text{о}}, \quad (2.34)$$

$$T_{\text{шт.010}} = 2,3 \cdot 0,1 = 0,23 \text{ хв.}$$

015 Різефрезерна операція.

Основний час: $T_{010} = 1,18$ хв.

$$T_{\text{шт.015}} = 1,30 \cdot 1,18 = 1,534 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку технічних норм часу технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 732.524.524 представлено в таблиці 2.7.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок пристосування для механічного оброблення деталі

Для оброблення деталі “Корпус” 732.524.524 на 010 агрегатній операції одночасно декількома осьовими інструментами із верхньої та бокової сторін, використовуючи агрегатний верстат, розроблено спеціальний затискний пристрій. Базування деталі виконується по внутрішній циліндричній поверхні $\varnothing 277H12$ та по торцю 21 на базі 12, кутове розміщення деталі відносно пристрою визначається за допомогою двох пальців 26, що є у взаємодії із зовнішнім контуром деталі. Затиск деталі здійснюється за допомогою пневмоприводу через клиновий механізм із роликом.

Похибка установки заготовки [9]:

$$\Delta \varepsilon_y = \sqrt{\Delta \varepsilon_6^2 + \Delta \varepsilon_3^2 + \Delta \varepsilon_{\text{пр}}^2}. \quad (3.1)$$

Умова забезпечення точності базування деталі у пристрої, полягає у тому, що похибка установки повинна бути меншою за допустиму похибку установки, що дорівнює допуску на оброблювану поверхню [9]:

$$\Delta \varepsilon_y \leq \Delta \varepsilon_{y,\text{доп.}}, \quad (3.2)$$

На операції 010 агрегатній здійснюється свердління групи отворів з подальшим нарізанням в них різьби. Відповідно до креслення деталі потрібно забезпечити їх взаємне розміщення, та розміщення відносно контуру корпусу в межах визначеного відхилення. Точність взаємного розміщення отворів залежить від точності багатошпindelної насадки для свердління та приєднаного до неї кондуктора. Розміщення оброблених отворів відносно контуру деталі визначається 14 квалітетом при цьому допуск на розміщення становить до 0,8мм.

Похибка базування $\Delta \varepsilon_{61}$ деталі дорівнює зазору між заготовкою та базою. Розмір циліндричної частини бази, по якому здійснюється базування корпусу

по отвору $\varnothing 277H12^{+0,52}$, дорівнює $\varnothing 277f7_{-0,108}^{-0,056}$. Відповідно похибка базування в радіальному напрямку становить $\Delta\varepsilon_{61} = 277,52 - 276,892 = 0,628$ мм.

Похибка базування корпусу в осьовому напрямку дорівнює допуску торцевої поверхні деталі $44_{-0,62}$: $\Delta\varepsilon_{62} = 0,62$ мм.

Похибка закріплення, що пов'язана із зміщенням заготовки при використанні пневмозатиску становить $\Delta\varepsilon_3 = 0,07$ мм.

Похибка пристосування $\varepsilon_{пр}$, що пов'язана із зношенням елементів базування $\Delta\varepsilon_{пр} = 0,02$ мм.

На основі формули (3.1) визначаємо похибку установки заготовки:

$$\Delta\varepsilon_y = \sqrt{\Delta\varepsilon_6^2 + \Delta\varepsilon_3^2 + \Delta\varepsilon_{пр}^2} = \sqrt{0,628^2 + 0,07^2 + 0,02^2} = 0,632 \text{ мм.}$$

Перевіряємо умову (3.2) забезпечення точності базування деталі у пристрої.

Допустима похибка установки $\Delta\varepsilon_{у, доп.}$ визначається 14 квалітетом точності розміщення оброблених отворів відносно контуру деталі:

$$\Delta\varepsilon_{у, доп.} = 0,8 \text{ мм.}$$

Отже, $\Delta\varepsilon_y = 0,632$ мм $<$ $\Delta\varepsilon_{у, доп.} = 0,8$ мм., що відповідає умові забезпечення заданої точності оброблення отворів.

Під час проектування затискного пристрою для 010 агрегатної операції виготовлення деталі “Корпус” 732.524.524 виникає необхідність у розрахунку необхідної сили затиску деталі. Для цього розроблено розрахункову схему, що зображена на рис. 3.1. максимальне силове навантаження на заготовку, а відповідно і на елементи пристрою виникає при одночасному свердлінні трьох отворів $\varnothing 7$ мм та отвору $\varnothing 3,7$ мм. При свердлінні є дві складових навантаження при різанні: осьова сила різання P_o та крутний момент різання $M_{різ.}$

Визначаємо осьову силу різання P_o при свердлінні [20]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.3)$$

де $D_{IIa} = 7$ мм; $D_{IIб} = 3,7$ мм – діаметр свердла;
 $S_{II} = 0,12$ мм/об– подача на другій силовій головці;

На основі формули (3.3), враховуючи те, що силова головка II має в налазці 4 інструменти (3 свердла $\varnothing 7$; 1 свердло $\varnothing 3,7$); отримаємо значення осьової сили різання:

$$P_{oIIa} = 3 \cdot 10 \cdot 9,8 \cdot 7^{1,0} \cdot 0,12^{0,7} \cdot 1,0 = 466 \text{ Н};$$

$$P_{oIIб} = 10 \cdot 9,8 \cdot 3,3^{1,0} \cdot 0,12^{0,7} \cdot 1,0 = 82 \text{ Н}.$$

Рівняння рівноваги крутних моментів, що включає моменти різання свердлами та суми моментів тертя при затиску заготовки у пристрої:

$$KM_{\text{різ}} = \sum M_{\text{тр}}, \quad (3.4)$$

Сума моментів тертя при затиску заготовки у пристрої (рис. 3.1):

$$\sum M_{\text{тр}} = P_{\text{зат}} \cdot R \cdot f_1 + \frac{2P_{\text{зат}} f_2 \cdot (R_2^3 - R_1^3)}{3(R_2^2 - R_1^2)}, \quad (3.5)$$

де $P_{\text{зат}}$ – сила затиску, Н;

$f_1 = f_2 = 0,3$ – коефіцієнт тертя;

$R_1 = 138,5$ мм;

$R_2 = 142,25$ мм;

$R = 40$ мм.

Із рівняння (3.5) одержуємо силу затиску заготовки:

$$P_{\text{зат}} = \frac{KM_{\text{різ}}}{f_1 \cdot R + 2f_2 \cdot \frac{R_2^3 - R_1^3}{3(R_2^2 - R_1^2)}} + P_0. \quad (3.6)$$

Момент різання свердлами:

$$M_{\text{різ1,2}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.7)$$

де

$$D = 7 \text{ мм}; D = 3,7 \text{ мм};$$

$$S = 0,12 \text{ мм/об.}$$

$$K_p = K_{\text{мр}}, K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,22;$$

$$\text{Отже, } M_{\text{різ1}} = 10 \cdot 0,005 \cdot 7^2 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 1,22 = 0,54 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{\text{різ2}} = 10 \cdot 0,005 \cdot 3,7^2 \cdot 0,12^{0,8} \cdot 1,22 = 0,15 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Сумарний момент різання:

$$M_{\text{різ}} = 3M_{\text{різ1}} + M_{\text{різ2}};$$

$$M_{\text{різ}} = 3 \cdot 0,54 + 0,15 = 1,77 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Коефіцієнт запасу K приймаємо рівним 2,6.

На основі формули (3.6) одержано:

$$P_{\text{зат}} = \frac{2,6 \cdot 1,77}{0,3 \cdot 0,04 + 2 \cdot 0,3 \cdot \frac{0,1422^3 - 0,1385^3}{3 \cdot (0,1422^2 - 0,1385^2)}} + 466 + 82 = 653 \text{ Н}.$$

Умова забезпечення затиску заготовки:

$$P_{\text{зат}} K \leq W. \quad (3.8)$$

де W – сила, що досягається на пристрої, Н;

$K=1,5$ – коефіцієнт запасу.

Відповідно до розрахункової схеми рис. 3.1, враховуючи наявність у конструкції клинового механізму, сила, що досягається на пристрої визначається за формулою:

$$W = \frac{F_{\text{шт.тяг.}}}{\left(\text{tg} \left(\beta + \text{arctg} \left(\varphi \cdot \frac{d}{D} \right) \right) + \text{tg} \varphi_1 \right)}, \quad (3.9)$$

де $\beta = 10^\circ$;

$d = 12 \text{ мм}$;

$D = 24 \text{ мм}$.

$$W = \frac{2536}{\left(\text{tg} \left(10 + \text{arctg} \left(6 \cdot \frac{12}{24} \right) \right) + \text{tg} 6 \right)} = 4474 \text{ Н.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.8): $KP_3 = 653 \text{ Н} < W = 4474 \text{ Н}$. Умова виконується, затиск заготовки деталі “Корпус” 732.524.524 забезпечено.

3.2. Розрахунок калібра-пробки

Проведемо розрахунок калібра-пробки для контролю отвору $\varnothing 70\text{H}9^{(+0,074)}$.

1. Найбільший розмір прохідної вставки калібра-пробки:

$$- \quad \text{ПР}_{\text{max}} = D_{\text{min}} + Z + \frac{H}{2}, \quad (3.10)$$

$$\text{ПР}_{\text{max}} = 70 + 0,012 + \frac{0,005}{2} = 70,037 \text{ мм.}$$

Будуємо схему розташування полів допусків калібра-пробки для контролю отвору $\varnothing 70\text{H}9^{(+0,074)}$ деталі “Корпус” 732.524.524 (рис. 3.2).

На кресленні калібра-пробки вказуємо:

$\varnothing 70,037_{-0,005} \text{ ПР}$.

Найбільший розмір непрохідної вставки калібра-пробки:

$$\text{HE}_{\text{max}} = D_{\text{max}} + \frac{H}{2}, \quad (3.11)$$

$$\text{HE}_{\text{max}} = 70,074 + \frac{0,005}{2} = 70,0765 \text{ мм.}$$

На кресленні калібра-пробки вказуємо:

$\varnothing 70,0765_{-0,005} \text{ HE}$.

3.3. Розрахунок елементів багатошпindelної насадки

Одним із елементів агрегатних верстатів є силові багатошпindelні насадки. На операції 010 агрегатній операції проходить свердління трьох отворів $\varnothing 7\text{мм}$ і одного отвору $\varnothing 3,7\text{мм}$ за допомогою насадки, що показана на рис. 3.3.

Схема навантаження шпindelного вузла представлена на рис. 3.4.

Переміщення кінця шпindelя:

$$\delta_y = \frac{P \cdot c^2 (1 + c)}{3EI}, \quad (3.12)$$

де I - осьовий момент інерції поперечного січення шпindelя, мм^4 ;

Із конструктивних міркувань приймаємо $l=54\text{мм}$, $c=15\text{мм}$.

Матеріал шпindelя Сталь 40Х, для якої $E=2 \cdot 10^5 \text{МПа}$.

Визначаємо осьовий момент інерції поперечного січення шпindelя:

$$I = \frac{\pi D_1^4}{64}, \quad (3.13)$$

де $D_1=12 \text{мм}$;

$$I = \frac{3,14 \cdot 12^4}{64} = 1017,4 \text{мм}^4.$$

Визначаємо зусилля зубчастому колесі:

$$P = \frac{2M \cdot \text{tg}\alpha}{d_w}, \quad (3.14)$$

де $M=540\text{Н}\cdot\text{мм}$;

$\alpha = 20$ - кут зачеплення, град;

$$d_{\omega} = 27 \text{ мм.}$$

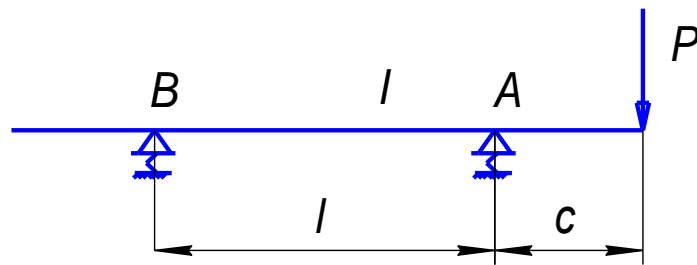


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема шпindelьного вузла насадки

Тоді:

$$P = \frac{2 \cdot 540 \cdot \operatorname{tg} 20}{27} = 14,6 \text{ Н.}$$

На основі формули (3.12) знаходимо:

$$\delta_y = \frac{3,2 \cdot 12^2 (48 + 18)}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 1017,4} = 0,002 \text{ мм.}$$

Величина деформації шпindelя знаходиться допустимої величини, тому конструктивні параметри насадки вибрано правильно.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Аналіз потенційних небезпек верстату чи обладнання, що проектується

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

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

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

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

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

виготовленні виробу в машинобудівному виробництві.

Непродуманість конструкторами і технологами упаковки виробів (що забезпечило б збереження на стадії постачання та продажу), технології навантажування, транспортування та розвантажування, складування, зберігання і передпродажного обслуговування, а також недотримання існуючих правил виконання цих процесів, як правило, призводять до погіршення конструкції виробів. У свою чергу, порушення правил експлуатації машин викликає їх передчасне спрацювання, руйнування та старіння, що є причиною різних небезпечних ситуацій. В процесі експлуатації техніки визначаються такі основні конструкторсько-технологічні недосконалості:

- недотримання вимог до конструкцій машин щодо безпеки і гігієни праці, єдиних і загальних вимог до конструкцій автомобілів, тракторів, сільськогосподарських машин, вимог до робочого місця оператора машини, нормативних рівнів вібрацій і шуму на робочих місцях, вимог до електроустановок і посудин, що працюють під тиском, до будови пневмопроводів, зовнішніх освітлювальних приладів самохідних машин, попереджувальних написів на огорожах, фарбування огорожень, захисту машин від виникнення на них електричного струму, забезпечення ручних електрифікованих машин живленням від джерела струму напругою не вище 36 В і обладнання їх заземлення, забезпечення електричних нагрівників води запобіжними пристроями;

- підвищені рівні шуму та вібрацій на робочих місцях;
- невідповідність фарбового покриття машини та її складових частин залежно від їх функціонального призначення (фарбування нерухомих і обертових деталей однаково замість відмінного);

- відсутність пристроїв для захисту обслуговуючого персоналу від дії рухомих деталей;

- відсутність попереджувальних написів;

- неякісна конструкція упаковки, що спричиняє поломку опорних складових частин, деформацію корпусів приводів ланцюгових та інших передач

і їх поломку, потрапляння пилю та інших забруднень у гідросистему через незахищені отвори трубок, що призводить до підвищеного спрацювання, заклинювання деталей гідросистем і само опускання начіпних машин і знарядь.

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

Безпека виробничого і побутового обладнання має гарантуватися:

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

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

4.2. Фінансування охорони праці на підприємстві

Чинним законодавством передбачено, що фінансування охорони праці здійснюється роботодавцем, але фінансування профілактичних заходів з охорони праці, виконання загальнодержавної, галузевих та регіональних програм, спрямованих на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, передбачається поряд з іншими джерелами фінансування, визначеними законодавством, у державному і місцевих бюджетах.

Для підприємств, незалежно від форм власності, або фізичних осіб, які використовують найману працю, витрати на охорону праці становлять не менше 0,5 відсотка від суми реалізованої продукції.

На підприємствах, що утримуються за рахунок бюджету, витрати на охорону праці передбачаються в державному або місцевих бюджетах і становлять не менше 0,2 відсотка від фонду оплати праці.

Серед стимулюючих заходів, передбачених Законом, слід відзначити:

- визначення можливості запровадження пільгового оподаткування цільових витрат на заходи щодо охорони праці;

- започаткування принципів диференціації внесків на державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та профзахворювань із застосуванням заохочувальних тарифів для підприємств з належною організацією роботи і високим рівнем охорони праці (і навпаки – збільшення тарифів для підприємств з незадовільним станом умов і безпеки праці);

- заходи індивідуального заохочення працівників за активну роботу та ініціативу у вирішенні проблем охорони праці (повинні відобразитися у колективному договорі і включати підвищення розміру заробітної плати, призначення премії, в тому числі запровадження спеціальних премій за досягнення в галузі безпеки праці, разових за конкретно виконану роботу,

- винахідництво і раціоналізаторські пропозиції; різні види морального заохочення).

Кошти фонду охорони праці підприємства використовуються лише на виконання комплексних заходів, забезпечуючи досягнення встановлених нормативів з охорони праці, узгоджених з місцевими органами Держпромгірнагляду, а також на подальше підвищення рівня охорони праці на виробництві.

Ці кошти повинні витрачатись на ремонтні й інші роботи, пов'язані з підтримкою основних фондів (включаючи інженерно-технічні засоби безпеки; засоби колективного та індивідуального захисту працюючих) в належному технічному стані, на придбання спецодягу, молока, мийних засобів; надання передбачених пільг і компенсацій працюючим, упорядкованість та озеленення території, а також на природоохоронні заходи.

Витрачати кошти, передбачені на заходи по охороні праці, на інші цілі забороняється (ст. 162 КЗпП).

Суми витрат з охорони праці, що належать до валових витрат юридичної чи фізичної особи, яка відповідно до законодавства використовує найману працю, визначаються згідно з переліком заходів та засобів з охорони праці, що затверджується Кабінетом Міністрів України.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра визначено, що деталь “Корпус” 732.524.524 застосовується як базова частина світильника, що використовується для загального освітлення складських приміщень та промислових об’єктів, забезпечуючи герметичний захист електричної та електронної частин світильника. Виготовляються зі сплаву АК методами литва.

Технічне забезпечення базового технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 732.524.524 відповідало дрібносерійному типу виробництва. Програма випуску деталей відповідає крупносерійному типу виробництва, тому проведено зміни технологічного процесу виготовлення корпусу 732.524.524.

Для підвищення продуктивності процесів обробки поверхонь деталі внесли у базовий технологічний процес такі зміни: для виготовлення заготовки деталі використали методи точного литва у металеві форми, зокрема литва під тиском, що дозволяє зменшити припуски на механічну обробку корпусу; токарно-гвинторізні верстати замінено на токарний вертикальний багатошпindelний напівавтомат із багатоінструментальними наладками; усі настольно-свердлильні та різенарізні верстати замінено на один агрегатний верстат, що значно зменшило кількість операцій, робочих місць та площу, яке займає обладнання; застосовано комбіновані інструменти; нарізання зовнішньої різьби проведено на високопродуктивному обладнанні - різефрезерному верстаті гребінчастою фрезою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Паливода Ю.Є, Дячун А.Є. Технологія виготовлення деталей класу «Порожністі циліндри» (втулки) : методичні вказівки до практичних занять та виконання індивідуальних завдань з дисциплін «Технологія обробки типових деталей та складання машин» та «Технологія машинобудування» Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 56с.
3. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 148 с.
6. Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б., Паливода Ю.Є., Ткаченко І.Г. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Тернопіль: ТНТУ, 2016. 75с.
7. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
8. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
9. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 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. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.

12. 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.

13. Основи технології складання: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” / Укладачі: Ю.Є. Паливода, А.Є. Дячун. Тернопіль, 2017. 82 с.

14. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка, системи верстатних пристосувань / М.Г. Дичковський. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 121 с.

15. Дичковський М.Г. Розроблення та реалізація схем базування деталей при конструюванні пристосувань / М.Г. Дичковський, М.Д. Радик. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. 60 с.

16. Кухарський О. М. Методичні вказівки на тему “Проектування калібра-пробки, калібра-скоби” для виконання конструкторської частини дипломного проекту. Тернопіль, 2005.

17. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

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

19. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 198 с.

20. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.