

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: Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення
корпуса 724.263.007

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Білейчук Р.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Паливода Ю.Є.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2022

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення корпусу 724.263.007” студента групи МТс-41 Білейчука Р.В. Керівник роботи - кандидат техн. наук, доцент Паливода Ю.Є.

Мета роботи - підвищення продуктивності механічної обробки та зменшення штучного часу обробки деталі “Корпус” 724.263.007.

У роботі вирішено такі завдання.

У першому розділі встановлено, що деталь є технологічною за кількісними та якісними показниками і немає потреби у внесення змін у кресленнях із завдання. Базовий технологічний процес забезпечує досягнення технічних вимог, встановлених конструктором. Проте при збільшенні програми випуску змінюється тип виробництва деталі, тому базовий технологічний процес потребує заміни.

У другому розділі встановлено, що програма випуску відповідає крупносерійному типу виробництва. У базовому технологічному процесі внесено заміни, що полягають у підвищенні продуктивності механічної обробки деталі та зменшення штучного часу обробки, вибрано режими різання і технічні норми часу.

У третьому розділі для механічної обробки деталі “Корпус” 724.263.007 на 010 агрегатній операції розроблено спеціальний пристрій для базування та затиску деталі, розраховано похибку базування та силові характеристики пристрою. Для виконання другого переходу 005 токарної напівавтоматичної операції розроблено спеціальну державку для проточування зовнішньої поверхні $\varnothing 115\text{мм}$ а також спеціальний патрон для токарного напівавтомата.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці.

Представлено висновки, перелік посилань.

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 похибки пристосування для механічного оброблення деталі.....	.....
3.2. Розрахунок приводу пристосування.....	.....
3.3. Проектування допоміжного інструменту.....	.....
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	
4.1. Захист обладнання від статичної електрики.....	.....
4.2. Права працівників при укладанні трудових договорів щодо охорони праці.....	.....
Висновки.....	.....
Перелік посилань.....	.....

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі бакалавра підвищено продуктивність механічної обробки та зменшено штучний часу обробки деталі “Корпус” 724.263.007. Деталь є базовою у світлодіодних світильниках, що використовуються для освітлення промислових об’єктів різних галузей переробної промисловості. Виготовляється із сплаву АК12.

У базовому технологічному процесі виготовлення корпусу 724.263.007 використано умови і вихідні дані дрібносерійного виробництва, тому технологічні характеристики такого процесу відповідають саме попередньо визначеному типу виробництва, зокрема: у технологічному процесі використовуються універсально-збірні пристосування на вертикально-свердлильних та різенарізних операціях; у всіх операціях застосовується універсальне обладнання з ручним управлінням; для контролю оброблених поверхонь застосовуються стандартні універсальні вимірювальні інструменти; механічна обробка поверхонь деталей проводиться стандартними інструментами.

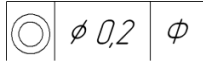
Для зменшення штучного часу обробки деталі внесено такі зміни: для отримання заготовки використано точні методи литва, зокрема литво під тиском, що забезпечує зменшення припусків на обробку а також формування тонких стінок деталі; для токарної обробки поверхонь використано токарний багатошпиндельний напівавтомат із багатоінструментальними наладками замість токарно-револьверного верстата; обробку отворів запропоновано проводити на агрегатних верстатах із багатоінструментальними наладками та комбінованими інструментами для одночасного свердління отворів та формування фасок.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” 724.263.007 є базовою у світлодіодних світильниках ЛСР01(LED) та ЛСР01(FCL), що використовуються для освітлення промислових об’єктів різних галузей переробної промисловості. Виготовляється із алюмінієвого сплаву методом лиття під тиском. Зовнішні поверхні піддаються лакофарбовому покриттю. Деталь піддається додатковій перевірці на герметичність, оскільки використовуються у приміщеннях з підвищеною ймовірністю виникнення вибухів. Деталь є однією із базових для розміщення конструктивних елементів світильника.

Деталь “Корпус” 724.263.007 можна віднести до 72 класу за класифікатором ЄСКД [2].

Основними поверхнями деталі є поверхні, що піддаються механічній обробці та контролю і є важливими для всієї конструкції світильника. До таких поверхонь віднесено: зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 115h9_{(-0,087)}$; Ra2,8, яка призначена для прикріплення другого складового корпусу світильника; торцева поверхня $77h12_{(-0,3)}$; Ra12,8 призначена для встановлення прокладки з пароніту між корпусами, що з’єднуються між собою; зовнішні циліндричні поверхні $\varnothing 130h14_{(-1,0)}$; Ra12,8; $\varnothing 112$; Rz53 призначені для установки кільця, яке з’єднує два корпуси між собою; внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 102H10^{(+0,14)}$; Ra3,2  використовується для установки кільця, в яке загвинчується деталь контакт з поліаміду; внутрішні канавки $\varnothing 105,5H14^{(+0,87)}$; $4,5H14$; $\varnothing 103H14^{(+0,87)}$; $2,5H14$; Ra12,8 використовуються для встановлення прокладок; центральний різевий отвір M6-7H; Ra6,7 призначений для кріплення клемної колодки, до якої кріпляться провода; два різевих отвора M6-7H; Ra6,7, розміщених на бобишках призначені для загвинчування гвинтів заземлення; два отвори $\varnothing 25H14^{(+0,52)}$; Ra12,8 – для

установки сальників, через які вводиться електрокабель; чотири різевих отвори М6-7Н призначені для кріплення гвинтами сальників.

Решта поверхонь використовуються як допоміжні та формують загальну структуру корпусу.

Деталь “Корпус” 724.263.007 виготовляється методом литва із алюмінієвого сплаву АК12. Такий сплав має високу герметичність після литва, що є важливим для герметичності корпусу, відноситься до сплавів Al-Si-Mg із середнім вмістом кремнію 12%.

У таблицях 1.1 та 1.2 представлено хімічний склад та хімічні властивості матеріалу корпусу [3].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву АК12, % [3]

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 – Механічні властивості сплаву АК12 [3]

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	53
під тиском	–		157	1,0	53
в кокіль	відпал		147	3,0	53
під тиском	відпал		147	2,0	53

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

До основних параметрів деталі “Корпус” 724.263.007, що використовуються для встановлення технічних вимог віднесено квалітет точності поверхні, шорсткість поверхні, точність взаємного розташування поверхонь а також точність форми поверхонь. Під час аналізу кожній поверхні присвоюємо відповідні номери і результати аналізу представлено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Аналіз технічних вимог поверхонь деталі “Корпус” 724.263.007

Номер поверхні	Назва поверхні	Квалітет	Шорсткість
1	2	3	4
1	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 130h14_{(-1,0)}$	14	Ra12,8
2	Торцева поверхня $77h12_{(-0,3)}$	12	Ra12,8
3	Зовнішня циліндрична канавка $\varnothing 114,5h14_{(-0,87)} 7\pm 0,2$	14	Ra12,8
4	Зовнішня циліндрична поверхня (базова поверхня) $\varnothing 115h9_{(-0,087)}$ ϕ	9	Ra2,8
5	Торцева поверхня $100_{-0,35}$	Не оброб- ляється	Rz53
6	Внутрішня канавка $\varnothing 105,5H14^{(+0,87)}$; $4,5H14$	14	Ra12,8
7	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 102H10^{(+0,14)}$ $\textcircled{\phi} \phi 0,2 \phi$	10	Ra3,2
8	Внутрішня торцева поверхня $8\pm 0,14$	14	Ra12,8
9	Внутрішня канавка $\varnothing 103H14^{(+0,87)}$; $2,5H14$;	14	Ra12,8
10	Зовнішня фаска $1,6\times 45^\circ$	14	Ra12,8
11, 19, 22	Отвір під різь М6-7Н; 14Н16	12	Ra6,7
12,17,26, 20, 23	Фаска внутрішня $1\times 45^\circ$	14	Ra12,8
13, 24	Різева поверхня М6-7Н; 8Н17	12	Ra6,7
14,15	Отвір $\varnothing 25H14^{(+0,52)}$	14	Ra12,8
16, 25	Отвір під різь М6-7Н	12	Ra6,7
18,27	Різева поверхня М6-7Н	12	Ra6,7
21	Отвір під різь М6-7Н; 9 min	12	Ra6,7

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Річна програма випуску деталі “Корпус” 724.263.007 складає N=125300 шт, що разом із конструкцією деталі визначає подальший аналіз її технологічності. Встановлено, що немає необхідності у внесенні змін щодо спрощення чи зміни

технічних вимог у конструкторському кресленні деталі на етапі технологічної підготовки виробництва. Матеріал деталі АК12 володіє хорошими ливарними властивостями а також відповідає технічним вимогам деталі та її експлуатаційним властивостям, тому заготовку доцільно виготовляти методами литва. Тому замінити матеріал деталі немає потреби. Заготовка відповідає середній складності, що вимагає формування внутрішніх поверхонь із застосуванням вставок у ливарних формах.

Для механічної обробки деталі можна використовувати різноманітне обладнання - від звичайних універсальних верстатів, верстатів з ЧПК до напівавтоматів. Деталь має базові поверхні для чорнової механічної обробки. Під час обробки деталі можливе використання твердосплавних інструментів із високопродуктивними режимами різання. Також можливе використання багато інструментальних наладок. До усіх поверхонь є достатній доступ інструментів як для різання так і для контролю. Деталь має достатню жорсткість, що дозволяє використання різних засобів затиску деталі. На фінішних операціях для затиску потрібно використовувати необроблювані поверхні для уникнення формування вм'ятин на точних поверхнях.

Отже, деталь “Корпус” 724.263.007 є технологічною за якісними показниками.

Для встановлення технологічності деталі також використовуються кількісні показники: коефіцієнт точності оброблення, коефіцієнт шорсткості оброблених поверхонь, коефіцієнт уніфікації.

Кількісні показники для визначення вказаних вище коефіцієнтів для деталі “Корпус” 724.263.007 представлено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Кількісні показники технологічності

Назва поверхні. Позначення на кресленні	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих поверхонь	Квалітет точності	Параметр шорсткості по ГОСТ 2789-73	Клас шорсткості поверхні
1	2	3	4	5	6
Зовнішня циліндрична поверхня Ø130h14 _(-1,0)	1	1	14	Ra12,8	3

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6
Торцева поверхня 77h12 _(-0,3)	1	1	12	Ra12,8	3
Зовнішня циліндрична канавка Ø114,5h14 _(-0,87) 7±0,2	1	1	14	Ra12,8	3
Зовнішня циліндрична поверхня (базова поверхня) Ø115h9 _(-0,087) ϕ	1	1	9	Ra2,8	5
Торцева поверхня 100 _{-0,35}	1	1	14	Rz53	6
Внутрішня канавка Ø105,5H14 ^(+0,87) ; 4,5H14	1	1	14	Ra12,8	3
Внутрішня циліндрична поверхня Ø102H10 ^(+0,14) $\odot \phi 0,2 \phi$	1	1	10	Ra3,2	5
Внутрішня торцева поверхня 8±0,14	1	1	14	Ra12,8	3
Внутрішня канавка Ø103H14 ^(+0,87) ; 2,5H14;	1	1	14	Ra12,8	3
Зовнішня фаска 1,6×45°	1	1	14	Ra12,8	3
Отвір під різь М6- 7H; 14H16	3	3	12	Ra6,7	4
Фаска внутрішня 1×45°	5	5	14	Ra12,8	3
Різева поверхня М6-7H; 8H17	2	2	7	Ra6,7	4
Отвір Ø25H14 ^(+0,52)	2	2	14	Ra12,8	3
Отвір під різь М6- 7H	2	2	12	Ra6,7	4

Закінчення таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6
Різева поверхня М6-7Н	2	2	7	Ra6,7	4
Отвір під різь М6-7Н; 9 min	2	2	12	Ra6,7	4
Разом:	28	28			

Розраховуємо коефіцієнт точності обробки корпусу 724.263.007

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

$$T_{\text{cp}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 14 + 12 \cdot 8 + 10 \cdot 1 + 7 \cdot 4}{28} = 11,79;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{11,79} = 0,92.$$

Якщо $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$, то корпус 724.263.007 технологічний.

Розраховуємо коефіцієнт шорсткості поверхонь корпусу 724.263.007

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

$$B_{\text{cp}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{5 \cdot 2 + 4 \cdot 11 + 3 \cdot 14 + 6 \cdot 1}{28} = 3,64,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{3,64} = 0,27.$$

Якщо $K_{\text{ш}} = 0,28 > 0,16$, то корпус 724.263.007 технологічний.

Розраховуємо коефіцієнт уніфікації елементів корпусу 724.263.007

$$K_{\text{y.e.}} = \frac{N_{\text{y.e.}}}{N_e}, \quad (1.3)$$

$$K_{\text{y.e.}} = \frac{N_{\text{y.e.}}}{N_e} = \frac{28}{28} = 1.$$

Якщо $K_{y.e.} = 0,77 > 0,6$, то корпус 724.263.007 технологічний.

Отже, деталь “Корпус” 724.263.007 є технологічною за кількісними показниками і немає потреби у внесення змін у кресленнях із завдання.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Основні операції, технологічне обладнання та оснащення базового технологічного процесу виготовлення корпусу 724.263.007 представлено у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Основні операції базового технологічного процесу виготовлення корпусу 724.263.007

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
1	2	3
005 Токарно-револьверна	Токарно-револьверний верстат 1341	Патрон ГОСТ 24351-80 Кулачки 7016-4240
010, 015, 025, 030, 040, 045, 053, 055 Вертикально-свердлильна	Настольно-свердлильний верстат 2М112	Пристосування універсально-збірне (УЗП)
020, 035 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2Н125	Пристосування універсально-збірне (УЗП) з кондуктором
060,065,070,075 Різенарізна	Різенарізний верстат 2056	Пристосування універсально-збірне (УЗП)

Базовий технологічний процес виготовлення корпусу 724.263.007 спроектований для умов дрібносерійного виробництва, тому технологічні характеристики такого процесу відповідають саме попередньо визначеному типу виробництва, зокрема:

- у технологічному процесі використовуються універсально-збірні пристосування на вертикально-свердлильних та різенарізних операціях;
- у всіх операціях застосовується універсальне обладнання з ручним управлінням;

- для контролю оброблених поверхонь застосовуються стандартні універсальні вимірювальні інструменти;
- механічна обробка поверхонь деталей проводиться стандартними інструментами.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

Деталь “Корпус” 724.263.007 є технологічною за кількісними та якісними показниками і немає потреби у внесення змін у кресленнях із завдання. Досягнення точності та шорсткості поверхонь не потребує використання обладнання підвищеної точності. Базовий технологічний процес забезпечує досягнення технічних вимог, встановлених конструктором. Проте при збільшенні програми випуску змінюється тип виробництва деталі, тому базовий технологічний процес потребує заміни, що полягає у підвищенні продуктивності механічної обробки деталі за рахунок таких способів:

- для отримання заготовки доцільно використовувати точні методи литва, зокрема литво під тиском, що забезпечує зменшення припусків на обробку а також формування тонких стінок деталі;
- для токарної обробки поверхонь доцільно застосовувати токарний багатошпindelний напівавтомат із багатоінструментальними наладками;
- обробку отворів доцільно проводити на агрегатних верстатах із багатоінструментальними наладками та комбінованими інструментами для одночасного свердління отворів та формування фасок.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення типу виробництва

Для попереднього визначення типу виробництва деталі “Корпус” 724.263.007 початковими даними є річна програма випуску $N=125000$ шт та маса деталі $m=0,826$ кг. На основі стандартних таблиць встановлено тип виробництва – крупносерійний.

Для точнішого визначення типу виробництва також застосовано розрахунково-аналітичний метод.

В основу розрахунково-аналітичного метода закладено визначення коефіцієнта закріплення операцій [1]:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (2.1)$$

де ΣO , ΣP – відповідно сумарна кількість операцій та робочих місць на дільниці виготовлення деталі.

Для розрахунку використано базовий технологічний процес та штучно-калькуляційний час на кожну операцію, що представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Штучно-калькуляційний час на кожну операцію базового технологічного процесу

Операція	($T_{шт.к}$), хв.	Операція	($T_{шт.к}$), хв.
005 Токарно-револьверна	6,7	045 Вертикально-свердлильна	0,52
010 Вертикально-свердлильна	0,47	050 Вертикально-свердлильна	0,43
015 Вертикально-свердлильна	0,56	055 Вертикально-свердлильна	0,48
020 Вертикально-свердлильна	0,86	060 Різенарізна	0,53
025 Вертикально-свердлильна	0,47	065 Різенарізна	0,57
030 Вертикально-свердлильна	0,52	070 Різенарізна	0,57
035 Вертикально-свердлильна	0,86	075 Різенарізна	0,43
040 Вертикально-свердлильна	0,47		

Для кожної операції встановлюємо кількість необхідних верстатів [1]:

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{зн}}, \quad (2.2)$$

де $N=125000$ шт., для двохзмінного режиму роботи $F_d=3979$ годин, приймаємо $\eta_{зн}=0,75$.

Для кожної операції також встановлюємо кількість робочих місць P .

$$m_{p005} = \frac{125000 \cdot 6,7}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 4,68. P_{005} = 6 \text{ верстат.}$$

$$m_{p010} = \frac{125000 \cdot 0,47}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,33. P_{010} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p015} = \frac{125000 \cdot 0,56}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,39. P_{015} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p020} = \frac{125000 \cdot 0,86}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,6. P_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p025} = \frac{125000 \cdot 0,47}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,33. P_{025} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p030} = \frac{125000 \cdot 0,52}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,36. P_{030} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p035} = \frac{125000 \cdot 0,86}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,6. P_{035} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p040} = \frac{125000 \cdot 0,47}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,33. P_{040} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p045} = \frac{125000 \cdot 0,52}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,36. P_{045} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p050} = \frac{125000 \cdot 0,43}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,3. P_{050} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p055} = \frac{125000 \cdot 0,48}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,34. P_{055} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p060} = \frac{125000 \cdot 0,53}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,37. P_{060} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p065} = \frac{125000 \cdot 0,57}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,4. P_{065} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p070} = \frac{125000 \cdot 0,57}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,4. P_{070} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p075} = \frac{125000 \cdot 0,43}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,3. P_{075} = 1 \text{ верстат.}$$

Для кожної операції встановлюємо реальний коефіцієнт завантаження робочого місця [1]:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}, \quad (2.3)$$

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{4,68}{6} = 0,78.$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,33}{1} = 0,33.$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,39}{1} = 0,39.$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,6}{1} = 0,6.$$

$$\eta_{з.ф.025} = \frac{0,33}{1} = 0,33.$$

$$\eta_{з.ф.030} = \frac{0,36}{1} = 0,36.$$

$$\eta_{з.ф.035} = \frac{0,6}{1} = 0,6.$$

$$\eta_{з.ф.040} = \frac{0,33}{1} = 0,33.$$

$$\eta_{з.ф.045} = \frac{0,36}{1} = 0,36.$$

$$\eta_{з.ф.050} = \frac{0,3}{1} = 0,3.$$

$$\eta_{з.ф.055} = \frac{0,34}{1} = 0,34.$$

$$\eta_{з.ф.060} = \frac{0,37}{1} = 0,37.$$

$$\eta_{з.ф.065} = \frac{0,4}{1} = 0,4.$$

$$\eta_{з.ф.070} = \frac{0,4}{1} = 0,4.$$

$$\eta_{з.ф.075} = \frac{0,3}{1} = 0,3.$$

Встановлюємо кількість операцій на робочому місці [1]:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}, \quad (2.4)$$

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,78} = 0,96. \quad O_{005} = 1 \text{ операція.}$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,33} = 2,27. \quad O_{010} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,39} = 1,92. \quad O_{015} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,6} = 1,25. \quad O_{020} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,33} = 2,3. \quad O_{025} = 3 \text{ операції.}$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,36} = 2,0. \quad O_{030} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{035} = \frac{0,75}{0,6} = 1,25. \quad O_{035} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{040} = \frac{0,75}{0,33} = 2,27. \quad O_{040} = 3 \text{ операції.}$$

$$O_{045} = \frac{0,75}{0,36} = 2,0. \quad O_{045} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{050} = \frac{0,75}{0,3} = 2,5. \quad O_{050} = 3 \text{ операції.}$$

$$O_{055} = \frac{0,75}{0,34} = 2,2. \quad O_{055} = 3 \text{ операції.}$$

$$O_{060} = \frac{0,75}{0,37} = 2. \quad O_{060} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{065} = \frac{0,75}{0,4} = 1,88. \quad O_{065} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{070} = \frac{0,75}{0,4} = 1,9. \quad O_{070} = 2 \text{ операції.}$$

$$O_{075} = \frac{0,75}{0,3} = 2,5. \quad O_{075} = 3 \text{ операції.}$$

Отже, коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.}$ (2.1):

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{1+2+2+2+3+2+2+3+2+3+3+2+2+2+3}{6+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1+1} = \frac{34}{20} = 1,7.$$

Отже, в результаті розрахунків встановлено, що деталь “Корпус” 724.263.007 доцільно виготовляти в умовах крупносерійного типу виробництва.

Такт випуску t_B [1]:

$$t_B = \frac{60 \cdot F_D}{N}, \quad (2.5)$$

$$t_B = \frac{60 \cdot 3979}{125000} = 1,91 \text{ хв.}$$

Величину оптимальної партії деталей [1]:

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.6)$$

де a – необхідний запас деталей на складі;

F – кількість робочих днів.

$$n = \frac{125000 \cdot 5}{257} = 2432 \text{ шт.}$$

Розрахункова кількість змін на обробку всієї партії деталей [1]:

$$C = \frac{T_{\text{шт.к.сп.}} \cdot n}{476 \cdot 0,8}, \quad (2.7)$$

де $T_{\text{шт.к.сп.}}$ – середній штучно-калькуляційний час операцій базового технологічного процесу, хв.

$$T_{\text{шт.к.сп.}} = \frac{\sum_{i=1}^T T_{\text{шт.к.і}}}{\sum_{i=1}^T O_i}, \quad (2.8)$$

$$T_{\text{шт.к.сп.}} = \frac{6,7 + 0,47 + 0,56 + 0,53 + 0,86 + 0,47 + 0,52 + 0,57 + 0,86}{15} + \frac{0,47 + 0,52 + 0,57 + 0,43 + 0,48 + 0,43}{15} = \frac{14,44}{15} = 0,963 \text{ хв.}$$

$$C = \frac{T_{\text{шт.к.сп.}} \cdot n}{476 \cdot 0,8} = \frac{0,963 \cdot 2432}{476 \cdot 0,8} = 6,15 \text{ змін.}$$

Приймаємо $C_{\text{пр}} = 7$ змін.

Отже, кількість деталей в партії [1]:

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot C_{\text{пр.}}}{T_{\text{шт.к.сп.}}}, \quad (2.9)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{476 \cdot 0,8 \cdot 7}{0,963} = 2768 \text{ шт.}$$

2.2. Вибір способу одержання заготовки

У кваліфікаційній роботі для порівняння і вибору кращого варіанту розглянуто два способи виготовлення заготовки деталі “Корпус” 724.263.007:

1. Литво в піщані форми;

2. Литво під тиском.

Литво в піщані форми [7] відповідає 11 класу точності і третьому ряду припусків. Литво під тиском відповідає 7 класу точності і першому ряду припусків.

Ескізи заготовок деталі “Корпус” 724.263.007, що одержуються литвом в піщані форми та литвом під тиском представлено рис. 2.1 та рис. 2.2 відповідно.

На основі встановлених класів точності та ескізів визначено загальні припуски та розміри заготовок, що представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Загальні припуски і розміри заготовок

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) литво в піщані форми				
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 130h14_{(-1,0)}$	Ra12,8	5,0	$5,0 \times 2 = 10,0$	$\varnothing 140 \pm 5,0$
Торцева поверхня $77h12_{(-0,3)}$	Ra12,8	4,4	5,0	$82 \pm 2,2$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 115h9_{(-0,087)}$	Ra2,8	5,0	$6,5 \times 2 = 13,0$	$\varnothing 128 \pm 2,5$
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 102H10^{(+0,14)}$	Ra3,2	5,0	$2,3 \times 2 = 4,6$	$\varnothing 97,4 \pm 2,5$
Внутрішня торцева поверхня $8 \pm 0,14$	Ra12,8	2,4	3,2	$4,8 \pm 1,2$
Отвір $\varnothing 25H14^{(+0,52)}$	Ra12,8	3,2	$4,2 \times 2 = 8,4$	$\varnothing 16,6 \pm 1,6$
2) литво під тиском				
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 130h14_{(-1,0)}$	Ra12,8	1,2	$1,2 \times 2 = 2,4$	$\varnothing 132,4 \pm 0,6$
Торцева поверхня $77h12_{(-0,3)}$	Ra12,8	1,1	1,2	$78,2 \pm 0,55$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 115h9_{(-0,087)}$	Ra2,8	1,2	$2,0 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 119 \pm 0,6$
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 102H10^{(+0,14)}$	Ra3,2	1,2	$2,0 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 98 \pm 0,6$
Внутрішня торцева поверхня $8 \pm 0,14$	Ra12,8	0,64	0,9	$7,1 \pm 0,32$
Отвір $\varnothing 25H14^{(+0,52)}$	Ra12,8	0,8	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 23 \pm 0,4$

Визначаємо маси заготовок:

$$Q = q + m_{\text{пр}}, \quad (2.10)$$

де $q = 0,826$ – маса деталі, кг;

$m_{\text{пр}}$ – маса припуску, кг.

$$m_{\text{пр}} = V_{\text{пр}} \cdot \rho, \quad (2.11)$$

де $\rho = 2,6 \text{ г/см}^3$ - густина сплаву АК12.

Визначаємо об'єми припусків:

– литво в піщані форми:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (140^2 - 130^2) \cdot 7}{4} = 14836,5 \text{ мм}^3 = 14,84 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (128^2 - 115^2) \cdot 18}{4} = 64636,67 \text{ мм}^3 = 64,64 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (102^2 - 97,4^2) \cdot 16}{4} = 11520,53 \text{ мм}^3 = 11,521 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (140^2 - 115^2) \cdot 5}{4} = 25021,9 \text{ мм}^3 = 25,022 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot 5^2 \cdot 14}{4} \cdot 7 = 1923,25 \text{ мм}^3 = 1,923 \text{ см}^3.$$

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

$$V_{\text{пр}} = 14,84 + 64,64 + 11,521 + 25,022 + 1,923 = 117,95 \text{ см}^3.$$

– литво під тиском:

$$V_{\text{пр1}} = \frac{\pi \cdot (132,4^2 - 130^2) \cdot 7}{4} = 3460,53 \text{ мм}^3 = 3,461 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр2}} = \frac{\pi \cdot (119^2 - 115^2) \cdot 21,8}{4} = 16017,77 \text{ мм}^3 = 16,02 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр3}} = \frac{\pi \cdot (132,4^2 - 115^2) \cdot 1,2}{4} = 4055,08 \text{ мм}^3 = 4,06 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр4}} = \frac{\pi \cdot (102^2 - 98^2) \cdot 15,1}{4} = 9482,8 \text{ мм}^3 = 9,483 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{пр5}} = \frac{\pi \cdot 5^2 \cdot 14}{4} \cdot 7 = 1923,25 \text{ мм}^3 = 1,923 \text{ см}^3.$$

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

$$V_{\text{пр}} = 3,461 + 16,02 + 4,06 + 9,483 + 1,923 = 34,95 \text{ см}^3.$$

Визначаємо маси припусків:

– литво в піщані форми:

$$m_{\text{пр1}} = 117,95 \cdot 2,6 = 306,7 \text{ г} = 0,307 \text{ кг}.$$

– литво під тиском:

$$m_{\text{пр2}} = 34,95 \cdot 2,6 = 90,87 \text{ г} = 0,091 \text{ кг}.$$

Визначаємо маси заготовок:

– литво в піщані форми:

$$Q_1 = 0,826 + 0,307 = 1,133 \text{ кг}.$$

– литво під тиском:

$$Q_2 = 0,826 + 0,091 = 0,917 \text{ кг}.$$

Визначаємо коефіцієнти використання матеріалу:

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

– литво в піщані форми:

$$K_{\text{в.м.1}} = \frac{0,826}{1,133} = 0,73.$$

– литво під тиском:

$$K_{\text{в.м.2}} = \frac{0,826}{0,917} = 0,9.$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу при литві під тиском є вищим ніж при литві в піщані форми. Крім цього при литві під тиском забезпечується краща якість поверхні, а також можливість виливати тонкі стінки корпусу. Тому для подальшого розроблення технологічного процесу використовуємо спосіб формування заготовки корпусу 724.263.007 литвом під тиском.

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

У таблиці 2.4 представлено варіанти методів і маршрутів механічного оброблення поверхонь деталі залежно від виду поверхні, якості точності та шорсткості.

Таблиця 2.4 – Методи обробки поверхонь деталі

№ 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	Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 130h14_{(-1,0)}$	14	Ra12,8	Напівчистове точіння при поздовжній подачі	Напівчистове точіння поперечною подачею
2	Торцева поверхня $77h12_{(-0,3)}$	12	Ra12,8	Точіння напівчистове поперечною подачею	—
3	Зовнішня циліндрична канавка $\varnothing 114,5h14_{(-0,87)}$ 7 IT14/2	14	Ra12,8	Точіння при поперечній подачі	—
4	Зовнішня циліндрична поверхня (базова поверхня) $\varnothing 115h9_{(-0,087)} \left| \begin{array}{c} \phi \\ \phi \end{array} \right|$	9	Ra2,8	1) Точіння напівчистове 2) Точіння чистове	—
5	Торцева поверхня $100_{-0,35}$	Не обробляється	Rz53	Не обробляється	—
6	Внутрішня канавка $\varnothing 105,5H14^{(+0,87)}$; 4,5H14	14	Ra12,8	Розточування поперечною подачею	—
7	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 102H10^{(+0,14)}$ $\left| \begin{array}{c} \text{⊙} \\ \phi 0,2 \\ \phi \end{array} \right|$	10	Ra3,2	1) Напівчистове розточування 2) Чистове розточування за одну установку з базовою поверхнею	—
8	Внутрішня торцева поверхня $8 \pm 0,14$	14	Ra12,8	Точіння напівчистове поперечною подачею	—
9	Внутрішня канавка $\varnothing 103H14^{(+0,87)}$; 2,5H14;	14	Ra12,8	Розточування поперечною подачею	—

Закінчення таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
10	Зовнішня фаска 1,6×45°	14	Ra12,8	Точіння напівчистове з поперечного супорта	Точіння напівчистове з поздовжнього супорта
11, 19, 22	Отвір під різь М6-7Н; 14Н16	12	Ra6,7	1) Центрування 2) Свердління	Свердління по кондуктору
12, 17, 26, 20, 23	Фаска внутрішня 1×45°	14	Ra12,8	Центрування	Зенкування
13, 24	Різева поверхня М6-7Н; 8Н17	12	Ra6,7	Нарізання різі мітчиком	—
14, 15	Отвір $\varnothing 25H14^{+0,52}$	14	Ra12,8	Розсвердлювання	—
16, 25	Отвір під різь М6-7Н	12	Ra6,7	1) Центрування 2) Свердління	Свердління по кондуктору
18, 27	Різева поверхня М6-7Н	12	Ra6,7	Нарізання різі мітчиком	—
21	Отвір під різь М6-7Н; 9 min	12	Ra6,7	Нарізання різі мітчиком	—

На основі даних таблиці 2.4 розроблено операційну технологію обробки корпусу 724.263.007.

005 Токарна напівавтоматна операція

Позиція II. Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 4, витримуючи розмір $\varnothing 115,25_{-0,22}$; розточити попередньо внутрішню циліндричну поверхню 7, витримуючи розмір $\varnothing 100,5^{+0,35}$ з поздовжнього супорта, підрізати остаточно торець 2, витримуючи розмір $77_{-0,3}$ з поперечного супорта одночасно.

Позиція III.

Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 4, витримуючи розмір

Ø115_{-0,087} з поздовжнього супорта.

Позиція IV.

Розточити остаточно внутрішню циліндричну поверхню 7, витримуючи розмір Ø102^{+0,14}; точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розмір Ø130_{-1,0} з поздовжнього супорта одночасно.

Позиція V.

Розточити внутрішню канавку 6 з поздовжнього супорта, витримуючи розміри Ø105,5^{+0,87}; 4,5^{+0,3}, точити зовнішню канавку 3, витримуючи розміри Ø114,5_{-0,87}; 7±0,2 з поперечного супорта одночасно.

Позиція VI.

Розточити внутрішню канавку 9, витримуючи розміри Ø103^{+0,87}; 2,5^{+0,25} з поздовжнього супорта, точити зовнішню фаску 10, витримуючи розміри 1,6×45° з поперечного супорта одночасно.

Перевірити розміри: 77_{-0,3}; Ø115_{-0,087}; Ø102^{+0,14}; Ø130_{-1,0}; Ø105,5^{+0,87}; 4,5^{+0,3}; Ø114,5_{-0,87}; 7±0,2; Ø103^{+0,87}; 2,5^{+0,25}; 1,6×45°. Контроль 30%

010 Агрегатна операція

Позиція II. Центрувати два отвори 11 та 22 з утворенням фасок 12 та 23 з горизонтальної силової головки IIa, витримуючи розміри Ø7^{+0,15}; 37,5±0,7; 90°; центрувати два отвори 16 з утворенням двох фасок 17 з вертикальної силової головки IIб одночасно, витримуючи розміри Ø7^{+0,15}; 56±0,5; 90°.

Позиція III. Свердлити два отвори 11 та 22 з горизонтальної силової головки IIIa, витримуючи розміри Ø4,95^{+0,26}; 16,5; 37,5±0,7, свердлити два отвори 16 з вертикальної силової головки IIб одночасно, витримуючи розміри Ø4,95^{+0,26}; 56±0,5.

Позиція IV. Нарізати різь 13 та 24 в двох отворах 11 та 22 з горизонтальної силової головки IVa, витримуючи розміри М6-7Н; нарізати різь 18 в двох отворах 16 з вертикальної силової головки IVб одночасно, витримуючи розміри М6-7Н.

Позиція V. Розсвердлити отвір 14 з вертикальної силової головки Va, витримуючи розмір $\varnothing 25^{+0,52}$.

Перевірити розміри: $1 \times 45^\circ$; $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $37,5 \pm 0,7$; $56 \pm 0,5$; M6-7H; $8^{+1,5}$; $\varnothing 25^{+0,52}$. Контроль 30%.

015 Агрегатна операція

Позиція II. Центрувати два отвори 25 з утворенням двох фасок 26 з вертикальної силової головки IIa, витримуючи розміри $\varnothing 7^{+0,15}$; $56 \pm 0,5$; 90° ; центрувати отвір 19 з утворенням фаски 20 з горизонтальної силової головки IIб, витримуючи розмір $\varnothing 7^{+0,15}$ одночасно

Позиція III. Свердлити два отвори 25 з вертикальної силової головки IIIa, витримуючи розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $56 \pm 0,5$; свердлити отвір 19 з горизонтальної силової головки IIб, витримуючи розмір $\varnothing 4,95^{+0,26}$ одночасно.

Позиція IV. Нарізати різь 27 в двох отворах 25 з вертикальної силової головки IVa, витримуючи розміри M6-7H; нарізати різь 21 в отворі 19 з горизонтальної силової головки IVб, витримуючи розмір M6-7H одночасно.

Позиція V. Розсвердлити отвір 15 з вертикальної силової головки Va, витримуючи розмір $\varnothing 25^{+0,52}$.

Перевірити розміри: $1 \times 45^\circ$; $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $56 \pm 0,5$; M6-7H; $\varnothing 25^{+0,52}$. Контроль 30%.

Операція 020 Контроль.

2.5. Визначення припусків на оброблення

Результати розрахунку припусків для обробки різанням поверхонь деталі “Корпус” 724.263.007 надано у таблиці 2.5.

Крім цього розроблено схему розташування припусків для обробки поверхні $\varnothing 115h9_{(-0,087)}$. Ця схема зображена на рисунку 2.3.

Таблиця 2.5 – Розрахункові припуски для механічної обробки

Технологічні операції і переходи обробки поверхонь деталі	Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	Допуск, мм	Припуск, мм	Операційні (проміжні) розміри із граничними відхиленнями
1	2	3	4	5	6
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 130h14_{(-1,0)}$					
Напівчистове точіння	14	Ra12,8	1,0	$1,2 \times 2 = 2,4$	$\varnothing 130_{-1,0}$
Заготовка	7 клас точності	R _z 53	1,2	–	$\varnothing 132,4 \pm 0,6$
Торцева поверхня 77h12 _(-0,3)					
Напівчистове точіння	12	Ra12,8	1,0	1,2	77 _{-0,3}
Заготовка	7 клас точності	R _z 53	1,1	–	78,2 $\pm 0,55$
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 102H10^{(+0,14)}$					
Чистове розточування	10	Ra3,2	0,14	$0,75 \times 2 = 1,5$	$\varnothing 102^{+0,14}$
Напівчистове розточування	12	Ra12,8	0,35	$1,25 \times 2 = 2,5$	$\varnothing 100,5^{+0,35}$
Заготовка	7 клас точності	R _z 53	1,2	$2,0 \times 2 = 4,0$	$\varnothing 98 \pm 0,6$
Отвір $\varnothing 25H14^{(+0,52)}$					
Розсвердлювання	14	Ra12,8	0,52	$1,0 \times 2 = 2,0$	$\varnothing 25^{+0,52}$
Заготовка	7 клас точності	R _z 53	0,8	–	$\varnothing 23 \pm 0,4$

Габаритні розміри заготовки: $166 \pm 0,7 \times 100 \pm 0,55$.

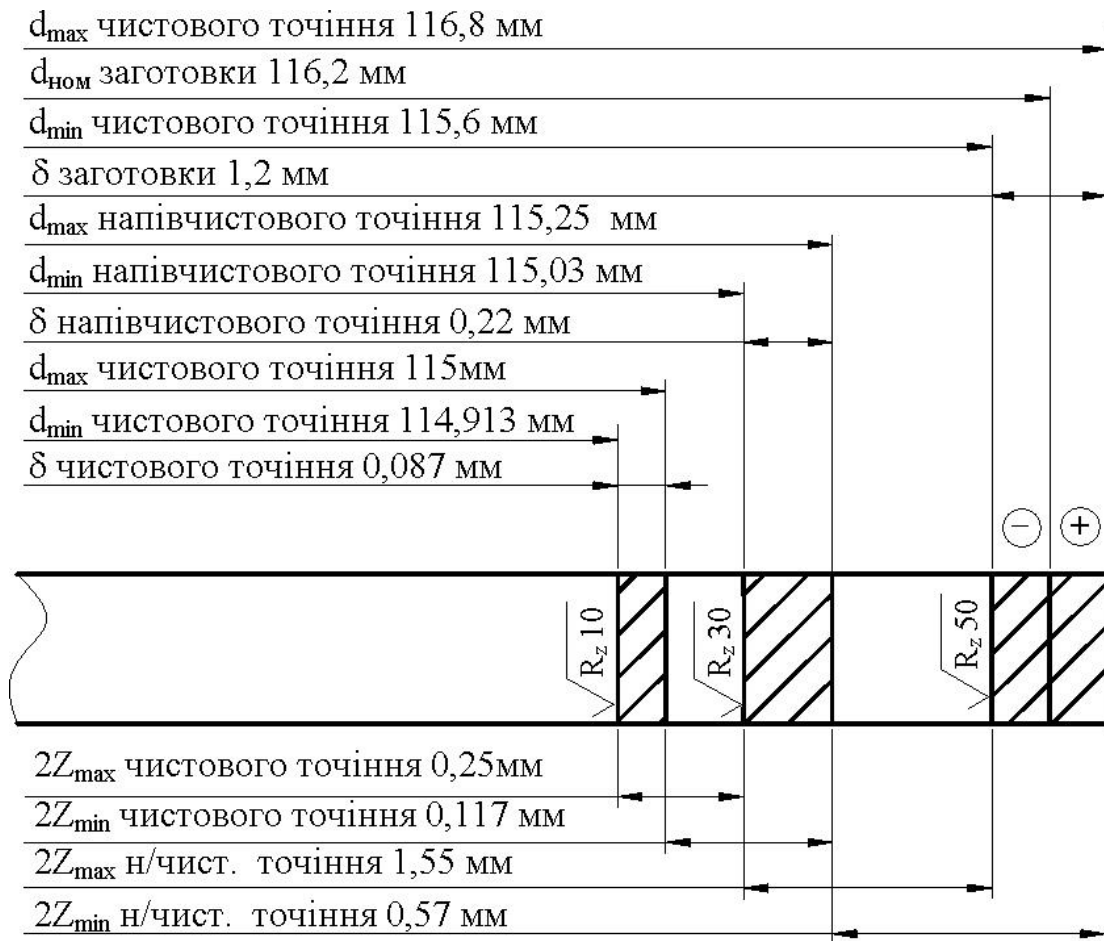


Рисунок 2.3 – Схема припусків для обробки поверхні $\varnothing 115h9_{(-0,087)}$

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Для розрахунку режимів різання для обробки поверхонь деталі “Корпус” 724.263.007 використано розрахунково-аналітичний метод.

010 Агрегатна.

1. Глибини різання для кожної силової головки агрегатного верстата:

Позиція II: $t_{IIa, IIб} = 3,5$ мм.

Позиція III: $t_{IIIa, IIIб} = 2,5$ мм.

Позиція IV: $t_{IVa, IVб} = 0,54$ мм.

Позиція V: $t_{Va} = 1,0$ мм.

2. Довжини робочих ходів силових головок:

$$L_{р.х.} = l_{різ.} + l_{підв.} + l_{вріз.} + l_{перебігу} + l_{дод.} \quad (2.13)$$

Позиція II: $l_{\text{різ. IIa, IIб}} = 3 \text{ мм}$; $l_{\text{підв, вріз. IIa, IIб}} = 2 \text{ мм}$; $l_{\text{дод. IIa, IIб}} = 4 \text{ мм}$.

$$l_{\text{р.х. IIa, IIб}} = 3 + 2 + 4 = 9 \text{ мм.}$$

Позиція III: $l_{\text{різ. IIIa}} = 16,5 \text{ мм}$; $l_{\text{підв, вріз. IIIa}} = 1,5 \text{ мм}$.

$l_{\text{різ. IIIб}} = 12,5 \text{ мм}$; $l_{\text{підв, вріз. IIIб}} = 1,5 \text{ мм}$; $l_{\text{перебігу IIIб}} = 4,0 \text{ мм}$.

$$L_{\text{р.х. IIIa}} = 16,5 + 1,5 = 18 \text{ мм.}$$

$$L_{\text{р.х. IIIб}} = 12,5 + 1,5 + 4 = 18 \text{ мм.}$$

Позиція IV: $l_{\text{різ. IVa}} = 8 \text{ мм}$; $l_{\text{підв, вріз. IVa}} = 6 \text{ мм}$;

$l_{\text{різ. IVб}} = 12,5 \text{ мм}$; $l_{\text{підв, вріз. IVб}} = 6 \text{ мм}$; $l_{\text{перебігу IVб}} = 3,5 \text{ мм}$.

$$L_{\text{р.х. IVa}} = 8 + 6 = 14 \text{ мм.}$$

$$L_{\text{р.х. IVб}} = 12,5 + 6 + 3,5 = 22 \text{ мм.}$$

Позиція V: $l_{\text{різ. Va}} = 8 \text{ мм}$; $l_{\text{підв, вріз. перебігу Va}} = 10 \text{ мм}$.

$$L_{\text{р.х. Va}} = 8 + 10 = 18 \text{ мм.}$$

Найбільша довжина робочого ходу $L_{\text{р.х. IVб}} = 22 \text{ мм}$.

3. Виліччини подач силових головок:

Позиція II: $S_{\text{oIIa, IIб}} = 0,104 \text{ мм/об}$.

Позиція III: $S_{\text{oIIIa, IIIб}} = 0,101 \text{ мм/об}$.

Позиція IV: $S_{\text{oIVa, IVб}} = 1,0 \text{ мм/об}$.

Позиція V: $S_{\text{oVa}} = 0,681 \text{ мм/об}$.

1. Період стійкості інструментів:

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

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

$$\lambda_{\text{IIa,б}} = \frac{3}{9} = 0,33.$$

$$\lambda_{\text{IIIa}} = \frac{16,5}{18} = 0,92.$$

$$\lambda_{\text{IIIб}} = \frac{12,5}{18} = 0,7$$

$$\lambda_{IVa} = \frac{8}{14} = 0,57.$$

$$\lambda_{IVб} = \frac{12,5}{22} = 0,57.$$

$$\lambda_{Va} = \frac{8}{18} = 0,44.$$

Тоді стійкість інструментів:

$$T_{pIIa,б} = 160 \cdot 0,33 = 52,8 \text{ хв.}$$

$$T_{pIIIa} = 160 \cdot 1,0 = 160 \text{ хв.}$$

$$T_{pIIIб} = 160 \cdot 0,7 = 112 \text{ хв.}$$

$$T_{pIVa,б} = 160 \cdot 0,57 = 91,2 \text{ хв.}$$

$$T_{pVa} = 160 \cdot 0,44 = 70,4 \text{ хв.}$$

5. Швидкість різання.

Позиція III:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.16)$$

де $C_v = 36,3$ $q = 0,25$; $y = 0,55$; $m = 0,125$;

$D = 5$ мм;

$T = 160$ $T = 160$ хв;

$S = 0,101$ мм/об.

Поправочний коефіцієнт [20]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv}, \quad (2.17)$$

$$K_v = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,72.$$

Тоді швидкість різання:

$$V = \frac{36,3 \cdot 5^{0,25}}{160^{0,125} \cdot 0,101^{0,55}} \cdot 0,72 = \frac{36,3 \cdot 1,5}{1,89 \cdot 0,28} \cdot 0,72 = 103 \text{ м/хв.}$$

6. Визначаємо частоту обертання шпинделів силових головок [20]:

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

Позиція II:

$$n_{IIa,6} = \frac{1000 \cdot 99}{\pi \cdot 7} = 4504 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{dIIa,6 \max} = 2036 \text{ хв}^{-1}$.

Позиція III:

$$n_{IIIa,6} = \frac{1000 \cdot 103}{\pi \cdot 5} = 6560 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{dIIIa,6 \max} = 2036 \text{ хв}^{-1}$.

Позиція IV:

$$n_{IVa,6} = \frac{1000 \cdot 10,4}{\pi \cdot 6} = 552 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{dIVa,6} = 552 \text{ хв}^{-1}$.

Позиція V:

$$n_{Va} = \frac{1000 \cdot 57,2}{\pi \cdot 25} = 728 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{dVa} = 728 \text{ хв}^{-1}$.

7. Визначаємо подачу силових головок:

$$S_m = S_o \cdot n, \quad (2.19)$$

Позиція II:

$$S_{mIIa,6} = 0,104 \cdot 2036 = 211,7 \text{ мм/хв}.$$

Позиція III:

$$S_{mIIIa,6} = 0,101 \cdot 2036 = 205,64 \text{ мм/хв}.$$

Позиція IV:

$$S_{mIVa,6} = 1,0 \cdot 552 = 552 \text{ мм/хв}.$$

Позиція V:

$$S_{mVa} = 0,681 \cdot 728 = 495,8 \text{ мм/хв.}$$

Приймаємо хвилинну подачу силової головки, що дорівнює найменшому значенню $S_{m\text{Ша},6} = 205,64 \text{ мм/хв.}$

8. Коректування частоти обертання шпинделів:

$$n = \frac{S_m}{S_o}, \quad (2.20)$$

Позиція II:

$$n_{\text{IIa},6} = \frac{205,64}{0,104} = 1977 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{\text{дIIa},6} = 1977 \text{ хв}^{-1}$.

Позиція III:

$$n_{\text{IIIa},6} = 2036 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{\text{дIIIa},6} = 2036 \text{ хв}^{-1}$.

Позиція IV:

$$n_{\text{IVa},6} = \frac{205,64}{1,0} = 205,64 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{\text{дIVa}} = 206 \text{ хв}^{-1}$.

Позиція V:

$$n_{\text{Va}} = \frac{205,64}{0,681} = 302 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо $n_{\text{дVa}} = 302 \text{ хв}^{-1}$.

9. Коректуємо швидкість різання [20]:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n_d}{1000}, \quad (2.21)$$

Позиція II:

$$V_{\text{дIIa},6} = \frac{\pi \cdot 7 \cdot 1977}{1000} = 43,5 \text{ м/хв.}$$

Позиція III:

$$V_{\text{дIIIa,б}} = \frac{\pi \cdot 5 \cdot 2036}{1000} = 32 \text{ м/хв.}$$

Позиція IV:

$$V_{\text{дIVa,б}} = \frac{\pi \cdot 6 \cdot 206}{1000} = 3,9 \text{ м/хв.}$$

Позиція V:

$$V_{\text{дVa}} = \frac{\pi \cdot 25 \cdot 302}{1000} = 23,7 \text{ м/хв.}$$

10. Визначаємо осьову силу на силових головках:

Позиція II [20]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.22)$$

де $D = 7$ мм ;

$S = 0,104$ мм/об ;

$C_p = 9,8$; $y = 0,7$; $q = 1,0$;

$K_p = K_{\text{мр}} = 1$

Силові головки Па та Пб мають по два свердла в наладці:

$$P_{\text{оIIa}} = 10 \cdot 9,8 \cdot 7^{1,0} \cdot 0,104^{0,7} \cdot 1,0 \cdot 2,0 = 10 \cdot 9,8 \cdot 7 \cdot 0,2 \cdot 1,0 \cdot 2,0 = 281 \text{ Н.}$$

$$P_{\text{оIIб}} = 10 \cdot 9,8 \cdot 7^{1,0} \cdot 0,104^{0,7} \cdot 1,0 \cdot 2,0 = 10 \cdot 9,8 \cdot 7 \cdot 0,2 \cdot 1,0 \cdot 2,0 = 281 \text{ Н.}$$

Позиція III: [10]:

$$P_o = P_{\text{табл.}} \cdot K_p, \quad (2.23)$$

де $P_{\text{табл.}} = 350$ Н [10] ;

$K_p = 1,0$. Для сплаву АК12 [10].

Для двох свердл у наладці:

$$P_{\text{оIIIa}} = 2 \cdot 350 \cdot 1,0 = 700 \text{ Н.}$$

$$P_{\text{оIIIб}} = 2 \cdot 350 \cdot 1,0 = 700 \text{ Н.}$$

Позиція IV: визначаємо крутний момент [10]:

$$M_{кр} = M_{кр.табл.} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (2.24)$$

де $M_{кр.табл.} = 6,3 \text{ Н}\cdot\text{м}$ [10];

$$K_1 = 0,5 \text{ [10].}$$

$$K_2 = 0,4 \text{ [10].}$$

$$M_{крIVa} = 2 \cdot 6,3 \cdot 0,5 \cdot 0,4 = 2 \cdot 1,26 = 2,52 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

$$M_{крIVб} = 2 \cdot 6,3 \cdot 0,5 \cdot 0,4 = 2 \cdot 1,26 = 2,52 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Позиція V: осьове зусилля за формулою (2.23):

$$P_{oVa} = 1700 \cdot 1,0 = 1700 \text{ Н}.$$

11. Потужність різання на силових головках [10]:

$$N_{різ} = N_{табл.} \cdot K_N \cdot \frac{n}{1000}, \quad (2.25)$$

Позиція II: $N_{табл.II} = 0,09 \text{ кВт}$ [10].

$$N_{різIIa} = 2 \cdot 0,09 \cdot 1,0 \cdot \frac{1977}{1000} = 0,36 \text{ кВт}.$$

$$N_{різIIб} = 2 \cdot 0,09 \cdot 1,0 \cdot \frac{1977}{1000} = 0,36 \text{ кВт}$$

Позиція III: $N_{табл.III} = 0,04 \text{ кВт}$ [10].

$$N_{різIIIa} = 2 \cdot 0,04 \cdot 1,0 \cdot \frac{2036}{1000} = 0,16 \text{ кВт}.$$

$$N_{різIIIб} = 2 \cdot 0,04 \cdot 1,0 \cdot \frac{2036}{1000} = 0,16 \text{ кВт}.$$

Позиція IV:

$$N_{\text{різ}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \quad (2.26)$$

$$N_{\text{різIVa}} = \frac{2,52 \cdot 206}{9750} = 0,05 \text{ кВт}.$$

$$N_{\text{різIVб}} = \frac{2,52 \cdot 206}{9750} = 0,05 \text{ кВт}.$$

Позиція V: $N_{\text{табл.V}} = 2,3 \text{ кВт}$ [10].

$$N_{\text{різVa}} = 2,3 \cdot 1,0 \cdot \frac{302}{1000} = 0,69 \text{ кВт}.$$

12. Сумарна потужність агрегатного верстата:

$$N_{\Sigma} = \frac{\sum N_{\text{різ.i}}}{\eta}, \quad (2.27)$$

де $\eta = 0,75$ – коефіцієнт корисної дії.

$$N_{\Sigma} = \frac{0,36 + 0,36 + 0,16 + 0,16 + 0,05 + 0,05 + 0,69}{0,75} = \frac{1,83}{0,75} = 2,44 \text{ кВт}.$$

13. Основний час кожної позиції:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_o \cdot n} \cdot i, \quad (2.28)$$

Позиція II:

$$T_{\text{оIIa}} = \frac{9}{0,104 \cdot 1977} \cdot 1 = 0,05 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{оIIб}} = \frac{9}{0,104 \cdot 1977} \cdot 1 = 0,05 \text{ хв.}$$

Позиція III:

$$T_{\text{оIIIa}} = \frac{18}{0,101 \cdot 2036} \cdot 1 = 0,09 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{оIIIб}} = \frac{18}{0,101 \cdot 2036} \cdot 1 = 0,09 \text{ хв.}$$

Позиція IV:

$$T_{oIVa} = \frac{14}{1,0 \cdot 206} \cdot 2 = 0,14 \text{ хв.}$$

$$T_{oIVб} = \frac{22}{1,0 \cdot 206} \cdot 2 = 0,21 \text{ хв.}$$

Позиція V:

$$T_{oVa} = \frac{18}{0,681 \cdot 302} \cdot 1 = 0,09 \text{ хв.}$$

У таблиці 2.6 представлено результати розрахунків режимів різання для решти операцій технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 724.263.007.

Таблиця 2.6 – Режими різання технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 724.263.007

Номер, назва операції, зміст переходу	t, мм	L, мм	i	T _м , хв	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв	S _м , мм/хв	T _о , хв	N, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна напівавтоматна										
Перехід 2 Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 4, витримуючи розмір $\varnothing 115,25_{-0,22}$; розточити попередньо внутрішню циліндричну поверхню 7, витримуючи розмір $\varnothing 100,5^{+0,35}$ з поздовжнього супорта, підрізати остаточно торець 2, витримуючи розмір $77_{-0,3}$ з поперечного супорта одночасно	0,475 1,25 1,2	31	1	127	0,14 0,07	378	137 157	52,92	0,59	3,4
Перехід 3 Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 4, витримуючи розмір $\varnothing 115_{-0,087}$ з поздовжнього супорта	0,125	26+5	1	127	0,14	378	136,5	52,92	0,59	0,3

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 4 Розточити остаточно внутрішню циліндричну поверхню 7, витримуючи розмір $\varnothing 102^{+0,14}$; точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 1, витримуючи розмір $\varnothing 130_{-1,0}$ з поздовжнього супорта одночасно	0,75 1,2	31 11,5	1	127	0,14	378	154	52,92	0,59	2,15
Перехід 5 Розточити внутрішню канавку 6 з поздовжнього супорта, витримуючи розміри $\varnothing 105,5^{+0,87}$; $4,5^{+0,3}$, точити зовнішню канавку 3, витримуючи розміри $\varnothing 114,5_{-0,87}$; $7 \pm 0,2$ з поперечного супорта одночасно	4,5 7	18,75 2,25	1	127	0,08 0,07	378	125,2 136	31,77	0,59	3,32
Перехід 6 Розточити внутрішню канавку 9, витримуючи розміри $\varnothing 103^{+0,87}$; $2,5^{+0,25}$ з поздовжнього супорта, точити зовнішню фаску 10, витримуючи розміри $1,6 \times 45^\circ$ з поперечного супорта одночасно	2,5 1,6	31,5 3,1	1	127	0,14	378	122,3 154,3	53,39	0,59	2,43
010 Агрегатна										
Позиція 2 Центрувати два отвори 11 та 22 з утворенням фасок 12 та 23 з силової головки Па, витримуючи розміри $\varnothing 7^{+0,15}$; $37,5 \pm 0,7$; 90° ; центрувати два отвори 16 з утворенням двох фасок 17 з силової головки Пб одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 7^{+0,15}$; $56 \pm 0,5$; 90°	3,5	9	1	52,9	0,107	1978	43,7	205,64	0,051	0,37

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Позиція 3 Свердлити два отвори 11 та 22 з силової головки IIIа, витримуючи розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$; 16,5; $37,5 \pm 0,7$, свердлити два отвори 16 з силової головки IIIб одночасно, витримуючи розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $56 \pm 0,5$	2,5	18	1	162 114	0,102	2038	34	205,62	0,08	0,17
Позиція 4 Нарізати різь 13 та 24 в двох отворах 11 та 22 з силової головки IVа, витримуючи розміри М6-7Н; нарізати різь 18 в двох отворах 16 з силової головки IVб одночасно, витримуючи розміри М6-7Н	0,54	14 22	2	91,7	1,0	207	3,7	207	0,14 0,21	0,05
Позиція 5 Розсвердлити отвір 14 з силової головки Va, витримуючи розмір $\varnothing 25^{+0,52}$	1,0	18	1	70,5	0,680	301	23,6	205,6	0,08	0,68
015 Агрегатна										
Позиція 2 Центрувати два отвори 25 з утворенням двох фасок 26 з силової головки IIа, витримуючи розміри $\varnothing 7^{+0,15}$; $56 \pm 0,5$; 90° ; центрувати отвір 19 з утворенням фаски 20 з силової головки IIб, витримуючи розмір $\varnothing 7^{+0,15}$ одночасно	3,5	9	1	52,9	0,107	1978	43,7	205,64	0,051	0,37

Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Позиція 3 Свердлити два отвори 25 з силової головки IIIа, витримуючи розміри $\varnothing 4,95^{+0,26}$; $56 \pm 0,5$; свердлити отвір 19 з силової головки IIб, витримуючи розмір $\varnothing 4,95^{+0,26}$ одночасно	2,5	18	1	162 114	0,102	2038	34	205,62	0,08	0,17
Позиція 4 Нарізати різь 27 в двох отворах 25 з силової головки IVа, витримуючи розміри М6-7Н; нарізати різь 21 в отворі 19 з силової головки IVб, витримуючи розмір М6-7Н одночасно.	0,54	14 22	2	91,7	1,0	207	3,7	207	0,14 0,21	0,05
Позиція 5 Розсвердлити отвір 15 з силової головки Va, витримуючи розмір $\varnothing 25^{+0,52}$.	1,0	18	1	70,5	0,680	301	23,6	205,6	0,08	0,68

На 010 агрегатну операцію проводимо розрахунок технічних норм часу.

Час циклу агрегатного верстата:

$$T_{шт} = T_{ц} + T_{доп.} + T_{тех.обсл.} + T_{орг.обсл.} + T_{відп.}, \quad (2.29)$$

Час циклу напівавтомата:

$$T_{ц} = t_{р.х.} + t_{х.х.}, \quad (2.30)$$

де $t_{р.х.}$ – час робочого ходу, хв;

$t_{х.х.}$ – час швидких переміщень, хв;

Час робочого ходу дорівнює основному часу лімітованої позиції Ш₆
 $t_{px} = 0,21 \text{ хв.} = 12,6 \text{ с.}$

Тривалості швидкого ходу $t_{x.x.1} = 5 \text{ с.}$ Час повороту ділильного стола
 $t_{x.x.2} = 2,2 \text{ с.}$ із паспортних даних верстата.

Тоді, час швидких переміщень:

$$t_{x.x.} = t_{x.x.1} + t_{x.x.2} = 5 + 2,2 = 7,2 \text{ с.} = 0,12 \text{ хв.}$$

Відповідно, час циклу верстата:

$$T_{ц010} = 12,6 + 7,2 = 19,8 \text{ с} = 0,33 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на допоміжні переходи:

– час на встановлення та зняття деталі: $t_{вст.зн.} = 0,07 \text{ хв.}$ [1];

– час вмикання верстата: $t_{пер.} = 0,01 \text{ хв.}$ [1].

– час на контрольні вимірювання:

$8^{+1,5}; 37,5 \pm 0,7; 56 \pm 0,5$ – час на вимірювання штангенциркулем

$$t_{вим.1} = 0,12 \cdot 3 = 0,36 \text{ хв.}$$
 [1].

$\varnothing 5^{+0,26}$ – час на вимірювання калібром-пробкою – $t_{вим.2} = 0,06 \text{ хв.}$ [1].

$\varnothing 25^{+0,52}$ – час на вимірювання калібром-пробкою – $t_{вим.3} = 0,06 \text{ хв.}$ [1].

M6-7H – час на вимірювання калібром-пробкою різевим – $t_{вим.4} = 0,3 \text{ хв.}$ [1].

Сумарний допоміжний час на вимірювання:

$$T_{доп.вим.} = 0,36 + 0,06 + 0,06 + 0,3 = 0,78 \text{ хв.}$$

При 30%-му контролі час вимірювання:

$$T_{доп.вим.дійсн.} = T_{доп.вим.} \cdot 0,3 = 0,78 \cdot 0,3 = 0,234 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання перекривається часом робочого циклу верстата.

Час на технічне обслуговування [1]:

$$T_{\text{тех.обсл.}} = t_{\text{рх}} \cdot 2\% = 0,21 \cdot 0,02 = 0,004 \text{ хв.}$$

Час на організаційне обслуговування [1]:

$$T_{\text{орг.обсл.}} = T_{\text{ц}} \cdot 2,4\% = 0,33 \cdot 0,024 = 0,008 \text{ хв.}$$

Затрати часу на перерви, відпочинок і особисті потреби [1]:

$$T_{\text{відп.}} = T_{\text{ц}} \cdot 6\% = 0,33 \cdot 0,06 = 0,02 \text{ хв.}$$

Тоді за формулою (2.29):

$$T_{\text{шт.010}} = 0,33 + 0,01 + 0,004 + 0,008 + 0,02 = 0,372 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт.}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}, \quad (2.31)$$

Підготовчо-заклучний час:

$$T_{\text{п.з.}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 = 13 + 2 + 2 + 4 + 12 + 15 + 0,5 = 48,5 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт.к010}} = 0,372 + \frac{48,5}{2768} = 0,39 \text{ хв.}$$

005 Токарна напівавтоматна операція.

Основний час: $T_{005} = 0,59 \text{ хв.}$

Штучний час [1]:

$$T_{\text{шт.к}} = \Psi_{\text{к}} \cdot T_{\text{о}}, \quad (2.32)$$

$$T_{\text{шт.к005}} = 1,36 \cdot 0,59 = 0,81 \text{ хв.}$$

У таблиці 2.7 представлено розраховані технічні норми часу на операції технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 724.263.007

Таблиця 2.7 – Технічні норми часу на операції технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 724.263.007

Номер та назва операції	T _о , хв	Допоміжний час, T _д хв			Час швидких переміщень, хв	Час циклу верстата, T _ц хв	Час обслуговування, T _{об} , хв			T _{шт.} , хв.	T _{п.з.} , хв.	n, шт	T _{шт.к.} , хв
		T _{у.}	T _{пер.}	T _{вим.}			T _{тех.об.}	T _{орг.об.}	T _{відп.}				
005 Токарна напів-автоматна	0,59	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2768	0,81
010 Агрегатна	0,21	0,07	0,01	0,234	0,12	0,33	0,004	0,008	0,02	0,372	48		0,39
015 Агрегатна	0,21	0,07	0,01	0,234	0,12	0,33	0,004	0,008	0,02	0,372	48		0,39

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок похибки пристосування для механічного оброблення деталі

Для механічної обробки деталі “Корпус” 724.263.007 на 010 агрегатній операції розроблено спеціальний пристрій для базування та затиску деталі. Деталь базується по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 115h9$ та по торцю $77_{-0,3}$ на базі поз. 36; орієнтація деталі виконується по боковому отвору $\varnothing 40H12$ за допомогою зрізаного пальця 29.

Затиск деталі здійснюється за допомогою пневмоциліндра через клин, ролик 13, колонку 23 і притискач 26.

Для розрахунку похибка установки заготовки деталі “Корпус” 724.263.007 в розробленому пристрої використано відому формулу, де враховано похибки базування, закріплення та самого пристрою [9]:

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

Для досягнення необхідної точності обробки поверхонь деталі необхідно, щоб точність установки була меншою за допустиму похибку установки:

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

Тобто, похибка установки розраховується для конкретного розміру, що отримується на даній операції.

На операції 010 агрегатній здійснюється свердління отворів з наступним нарізанням у них різьби, при цьому для забезпечення складання корпуса з іншими конструктивними елементами виробу необхідно, щоб забезпечувалась достатня точність взаємного розміщення отворів, а також їх розміщення відносно конструктивних елементів корпуса. Оскільки свердління групи отворів здійснюється багатошпindelною насадкою, то їх точність взаємного

розміщення визначається точністю взаємного розміщення шпинделів насадки, а також втулок кондукторної плити.

Допуск на відхилення отворів після свердління відносно конструктивних елементів корпусу відповідає 14 квалітету і дорівнює 0,7мм.

Оскільки деталь базується по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 115h9_{-0,087}$ на циліндричну базу, то похибка базування $\Delta\epsilon_{\delta 1}$ буде дорівнювати зазору між зовнішньою циліндричною поверхнею заготовки та внутрішньою циліндричною поверхнею бази.

Внутрішня циліндрична поверхня бази виготовляється із розміром $\varnothing 115H7^{+0,04}$, тому максимальний зазор між деталлю та базою дорівнює похибці базування в радіальному напрямку $\Delta\epsilon_{\delta 1}=0,127\text{мм}$.

Торцева поверхня корпусу виготовляється із розміром $77_{-0,3}$, при цьому базування здійснюється на плоску поверхню, тому похибка базування в осьовому напрямку $\Delta\epsilon_{\delta 2}=0,3\text{мм}$.

Під час прикладання зовнішньої сили затиску заготовки відбувається зміщення технологічної бази, що призводить до виникнення похибки закріплення заготовки. Затиск заготовки здійснюється за допомогою пневмоциліндра із прикладанням сили на поверхні, що одержані методом литва із найбільшим розміром до 180 мм, тому похибка закріплення дорівнює $\Delta\epsilon_3 = 70 \text{ мкм}$ [12].

Похибка виготовлення самого пристрою а також зношення елементів базування пристрою та заготовки формують похибку пристосування $\epsilon_{\text{пр}}$. Розроблений пристрій відповідає середній точності, тому $\Delta\epsilon_{\text{пр}} = 0,02 \text{ мм}$.

На основі формули (3.1) визначаємо похибку установки заготовки деталі “Корпус” 724.263.007 в розробленому пристрої для досягнення розміру $56\pm 0,5$.

$$\Delta\epsilon_y = \sqrt{\Delta\epsilon_{\delta 1}^2 + \Delta\epsilon_3^2 + \Delta\epsilon_{\text{пр}}^2} = \sqrt{0,127^2 + 0,07^2 + 0,02^2} = 0,15\text{мм}.$$

Допустима похибка установки $\Delta\epsilon_{\text{у, доп}}$ дорівнює допуску на розміщення отворів відносно конструктивних елементів корпусу:

$$\Delta \varepsilon_{y, \text{доп.}} = 1 \text{ мм.} \quad (3.3)$$

Отже, $\Delta \varepsilon_y = 0,15 \text{ мм} < \Delta \varepsilon_{y, \text{доп.}} = 1 \text{ мм.}$, відповідно на 010 агрегатній операції забезпечується точність оброблення отворів корпусу 724.263.007.

3.2. Розрахунок приводу пристосування

Для розрахунку приводу пристосування, а також необхідної сили затиску заготовки корпусу 724.263.007 під час обробки на 010 агрегатній операції розроблено розрахункову схему, що зображено на рис. 3.1.

Розглянуто перехід, коли відбувається одночасне свердління двох отворів $\varnothing 5 \text{ мм}$. Під час свердління на заготовку діє осьова сила $P_o = 281 \text{ Н}$, що визначена у другому розділі а також крутний момент різання $M_{\text{різ}} = 0,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$.

Умова рівноваги при затиску заготовки визначається рівністю моментів різання та суми моментів тертя $M_{\text{тр}}$ між заготовкою, притискачами та базою із врахування коефіцієнта запасу K :

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

Сума моментів тертя $M_{\text{тр}}$ із врахуванням сили затиску $P_{\text{зат}}$, коефіцієнтів тертя та геометричних параметрів пристрою і заготовки:

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

де $f_1 = 0,3$; $f_2 = 0,3$ - коефіцієнти тертя;

$R_1 = 57,5 \text{ мм}$, $R_2 = 65 \text{ мм}$ – менший і більший радіуси торця корпусу;

$R = 30 \text{ мм}$ – радіус затиску заготовки.

Підставляючи рівняння (3.5) у рівняння (3.4), знаходимо силу затиску:

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

Коефіцієнт запасу $K=2,6$ згідно [20].

Отже, визначаємо силу затиску заготовки:

$$P_{\text{зат}} = \frac{2,6 \cdot 0,7}{0,3 \cdot 0,03 + 2 \cdot 0,3 \cdot \frac{0,065^3 - 0,0575^3}{3 \cdot (0,065^2 - 0,0575^2)}} + 281 = 320,74 \text{ Н.}$$

Перевіряємо умову забезпечення затиску заготовки:

$$P_3 K \leq W, \quad (3.7)$$

де W – сила штовхання пневмоциліндра із врахування передавально-підсилюючої ланки, Н;

$K=1,5$ – коефіцієнт запасу.

Діаметр пневмоциліндра становить 0,1 м, діаметр штока - 0,032 м, тиск стиснутого повітря - 0,4 МПа, коефіцієнт корисної дії – 0,9.

Сила на штоці пневмоциліндра [14]:

$$F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot (D_{\text{ц}}^2 - d_{\text{шт}}^2) \cdot p \cdot \eta, \quad (3.8)$$

Тоді: $F_{\text{шт.тяг.}} = 0,785 \cdot (0,1^2 - 0,032^2) \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2536 \text{ Н.}$

Сила штовхання пневмоциліндра із врахування передавально-підсилюючої ланки у вигляді клинового механізму із нахилом клина 10° :

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

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

Із умови (3.8) маємо $KP_3 = 480 \text{ Н} > W = 4474 \text{ Н}$, тому під час виконання 010 Агрегатної операції заготовка буде надійно закріплена у пристрої на агрегатному верстаті.

3.3. Проектування допоміжного інструменту

Для виконання другого переходу 005 токарної напівавтоматичної операції розроблено спеціальну державку для проточування зовнішньої поверхні $\varnothing 115 \text{ мм}$.

Проведено розрахунок цієї спеціальної державки на міцність при дії тангенціальних сил різання і виникненні згінного моменту. На рисунку 3.2 представлено розрахункову схему.

Момент згину, що виникає на державці:

$$M_{\text{зг}} = P_z \cdot l; \quad (3.10)$$

де $l=24 \text{ мм}$ - виліт різця.

Допустимий момент згину різця

$$M_{\text{згд}} = [\sigma]_{\text{зг}} \cdot W. \quad (3.11)$$

Матеріал державки різця - сталь 45, $[\sigma]_{\text{зг}}=200 \text{ МПа}$.

Сила різання [20]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p. \quad (3.12)$$

Поправочний коефіцієнт [20]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (3.13)$$

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

$$K_p = 0,886 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 0,72 \text{ [20];}$$

$$C_p = 40; x = 1,0; y = 0,75; n = 0 \text{ [20];}$$

$$P_z = 10 \cdot 40 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,14^{0,75} \cdot 378^0 \cdot 0,72 = 33 \text{ Н.}$$

Для квадратної форми поперечного січення шириною В осьовий момент опору:

$$W = \frac{B^3}{6}. \quad (3.14)$$

Із формул (3.10), (3.11) та (3.12) одержуємо:

$$B = \sqrt[3]{\frac{6P_z \cdot l}{[\sigma]_{3г}}}; \quad (3.15)$$

$$B = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 33 \cdot 24}{200}} = 2,9 \text{ мм.}$$

Вибираємо січення державки різця 16×16.

Величина прогину різця:

$$f = \frac{P_z \cdot l^3}{3E \cdot I}. \quad (3.16)$$

Для сталі 45 модуль пружності $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Осьовий момент інерції поперечного січення різця:

$$I = \frac{B^4}{12}; \quad (3.17)$$

$$I = \frac{16^4}{12} = 5461 \text{ мм}^4.$$

Із рівняння (3.16) маємо:

$$f = \frac{33 \cdot 24^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 5461} = 0,0002 \text{ мм}.$$

Прогин різця не перевищує допустимих значень, що забезпечує необхідну точність токарної обробки циліндричної поверхні корпусу.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Захист обладнання від статичної електрики

Величина потенціалів зарядів штучної статичної електрики на ремінних передачах і стрічках конвеєрів може досягати 40 кВ, при механічній обробці пластмас і дерева до 30 кВ, при розпиленні фарб до 12 кВ. За відповідних умов відбувається пробій повітряного прошарку, що супроводиться іскровим розрядом (пробивний опір абсолютно сухого повітря складає 3000 кВ/м), що може ініціювати вибух або пожежу.

Основні заходи, що використовуються для захисту від статичної електрики виробничого походження включають методи, що виключають або зменшують інтенсивність генерації зарядів, і методи, що знімають утворені заряди. Інтенсивність генерації зарядів можна зменшити відповідним підбором пар тертя або змішуванням матеріалів таким чином, що в результаті тертя один із змішаних матеріалів створює заряд одного знаку, а інший – протилежного. В даний час створений комбінований матеріал з нейлону і дакрону, що забезпечує захист від статичної електрики за цим принципом.

Зміною технологічного режиму обробки матеріалів також можна добитися зниження кількості зарядів, що генеруються (зменшення швидкостей обробки, швидкостей транспортування і зливу діелектричних рідин, зменшення сил тертя).

При заповненні сипкими речовинами або рідинами (діелектриками) резервуарів на вході в них застосовують ємності релаксацій, частіше всього у вигляді заземленої ділянки трубопроводу збільшеного діаметра, що забезпечує стікання всього заряду статичної електрики в землю.

Заряди утвореної статичної електрики усувають частіше всього шляхом заземлення електропровідних частин виробничого обладнання. Опір такого заземлення повинен бути не більше 100 Ом. При неможливості встановлення пристрою заземлення практикується підвищення відносної вологості повітря в

приміщенні. Також збільшують об'ємну провідність діелектрика, для чого в нього вносять графіт, ацетиленову сажу, алюмінієву пудру, а в рідкі діелектрики – спеціальні добавки. Для ряду машин і агрегатів знайшли застосування нейтралізатори статичної електрики (коронного розряду, радіоізотопні, аеродинамічні і комбіновані). У всіх типах цих пристроїв шляхом іонізації повітря поблизу елемента конструкції, що накопичує заряд статичної електрики, утворюються іони, у тому числі із знаком, протилежним знаку заряду, що і викликає його нейтралізацію.

До засобів індивідуального захисту від статичної електрики відносяться електростатичні халати і спеціальне взуття, підошва якого виконана з шкіри або електропровідної гуми, а також антистатичні браслети.

Значно більшу небезпеку представляє атмосферна статична електрика, ефективним засобом захисту від якого є захист від блискавок. Вона включає комплекс заходів і пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей, запобіганню вибухів, загорянь і руйнувань будівель, споруд, обладнання і матеріалів від вибухів, можливих при дії блискавок.

Для всіх будівель і споруд, не пов'язаних з виробництвом і зберіганням вибухових речовин, а також для ліній електропередач і контактних мереж проектування і виготовлення захисту від блискавок повинне виконуватися згідно «Інструкції по захисту від блискавок будівель і споруд» РД 34.21.122–87.

Для створення зон захисту застосовують одиночний стрижньовий громовідвід; подвійний стрижньовий громовідвід; багатократний стрижньовий громовідвід; одиночний або подвійний тросовий громовідвід. Контроль за засобами забезпечення електробезпеки, і зокрема за відповідністю їх вимогам безпеки, покладений на службу головного енергетика і електриків підрозділів.

4.2. Права працівників при укладанні трудових договорів щодо охорони праці

У відповідності до ст. 21 Кодексу законів про працю України між працівником і власником підприємства, установи, організації або уповноваженим ним органом чи фізичною особою укладається трудовий договір (угода), за яким працівник зобов'язується виконувати роботу, визначену цим договором, з підляганням внутрішньому трудовому розпорядкові, а власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган чи фізична особа зобов'язується виплачувати працівникові заробітну плату і забезпечувати умови праці, необхідні для виконання роботи, передбаченої законодавством про працю, колективним договором і угодою сторін.

Трудовий договір укладається, як правило, в письмовій формі. Додержання письмової форми є обов'язковим при укладанні трудового договору з неповнолітнім, з фізичною особою, при укладанні контракту та в інших випадках, передбачених законодавством України.

Форма трудового договору між роботодавцем і фізичною особою і Порядок його реєстрації затверджені наказом Міністерства праці і соціальної політики України від 27 червня 2001 року № 260.

Укладання трудового договору оформлюється наказом чи розпорядженням власника або уповноваженого ним органу про зарахування працівника на роботу.

Трудовий договір вважається укладеним і тоді, коли наказ чи розпорядження не були видані, але працівника фактично було допущено до роботи.

Умови трудового договору не повинні мати положень, які протирічать законам та іншим нормативно-правовим актам з охорони праці.

Під час оформлення трудового договору власник зобов'язаний проінформувати працівника під розписку про умови праці та про наявність на

його робочому місці небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які ще не усунено, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про права працівника не пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства і колективного договору (ст. 5 Закону України “Про охорону праці”).

Працівнику не може пропонуватися робота, яка за медичним висновком протипоказана йому за станом здоров'я.

Усі працівники згідно із законом підлягають загальнообов'язковому державному соціальному страхуванню від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання.

Чинне законодавство гарантує права працівників на охорону праці під час роботи на підприємстві. Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівниками, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати нормативним актам. Якщо з'ясується, що власник не створив належних умов праці і вони становлять небезпеку для життя і здоров'я працівника, або власник вимагає від працівника виконання робіт, які не передбачені трудовим договором, працівник має право відмовитися від дорученої роботи, повідомивши про це безпосереднього керівника або роботодавця. Факт наявності такої ситуації за необхідності підтверджується спеціалістами з охорони праці, представниками профспілки, членом якої є працівник, а також страховим експертом з охорони праці.

За період простою з вищезазначених причин за працівником зберігається середній заробіток.

У разі невиконання роботодавцем вимог законодавства про охорону праці, порушення умов колективного договору з цих питань працівник має право розірвати трудовий договір за власним бажанням. У такому випадку, згідно зі ст. 6 Закону «Про охорону праці», працівникові виплачується вихідна допомога, розмір якої не може бути нижчим від тримісячного заробітку.

Працівника, який за станом здоров'я, відповідно до медичного висновку, потребує надання легшої роботи, роботодавець повинен перевести його на відповідну роботу на термін, зазначений у медичному висновку, у разі потреби встановити скорочений робочий день та організувати проведення навчання працівника з набуття іншої професії відповідно до законодавства.

Якщо з будь-яких причин зупинено тимчасову експлуатацію підприємства, цеху, дільниці, окремого виробництва або устаткування, за працівником зберігається місце роботи, а за період простою нараховується середній заробіток.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра встановлено, що деталь “Корпус” 724.263.007 є базовою у світлодіодних світильниках для освітлення промислових об’єктів. Виготовляється із алюмінієвого сплаву методом лиття під тиском. Деталь є однією із базових для розміщення конструктивних елементів світильника і є технологічною за кількісними і якісними показниками.

Базовий технологічний процес виготовлення корпусу 724.263.007 спроектований для умов дрібносерійного виробництва, тому технологічні характеристики такого процесу відповідають саме попередньо визначеному типу виробництва

Проте при збільшенні програми випуску змінився тип виробництва деталі, тому у базовому технологічному процесі внесено заміни, що полягають у підвищенні продуктивності механічної обробки деталі та зменшення штучного часу обробки за рахунок таких способів:

- для отримання заготовки використано точні методи литва, зокрема литво під тиском, що забезпечує зменшення припусків на обробку а також формування тонких стінок деталі;

- для токарної обробки поверхонь використано токарний багатошпindelний напівавтомат із багатоінструментальними наладками замість токарно-револьверного верстата;

- обробку отворів запропоновано проводити на агрегатних верстатах із багатоінструментальними наладками та комбінованими інструментами для одночасного свердління отворів та формування фасок. Такі верстати замінили вертикально-свердлильні та різенарізні верстати.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Классификатор ЕСКД. Иллюстрированный определитель деталей. Классы 71,72,73,74,75,76 (в отдельных книгах). М.: Издательство стандартов, 1986. 235 с.
3. Орлова П. Н., Скороходова Е. А. Краткий справочник металлиста. М.: Машиностроение, 1986. 456 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Дьячков В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: справочник. М.: Машиностроение, 1983. 328 с.
6. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 2. 496 с.
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. Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 1. 1986. 656 с.
10. Барановский Ю. В. Режимы резания металлов. М.: Машиностроение, 1972. 258 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. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 288 с.
13. Итин А. М., Родичев Ю. Я. Наладка и эксплуатация токарных многошпиндельных полуавтоматов. М. : Машиностроение, 1977. 136 с.
14. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1966. 650 с.
15. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков. Спра-

вочник. М.: Машиностроение, 1965. 461 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.

21. 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.

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

23. 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.