

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
корпуса 712487.025

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Куць Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Пилипець М.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Дячун А.Є.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Окіпний І.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи бакалавра на тему:

“Розроблення технологічного процесу механічного оброблення корпусу 712487.025” студента групи МП-41 Куця Д.О. Керівник роботи - доктор техн. наук, професор Пилипець М.І.

Мета роботи – підвищити продуктивність базового технологічного процесу механічного оброблення корпусу 712487.025.

У першій частині на основі розрахунків та аналізу встановлено, що за якісними та кількісними показниками деталь “Корпус” 712487.025 є технологічною. Проведено аналіз креслення та технічних вимог деталі. На основі аналізу встановлено, що базовий технологічний процес, який використовується для виготовлення деталі “Корпус” 712487.025, відповідає дрібносерійному типу виробництва із застосування універсального технологічного обладнання без програмного керування, стандартних інструментів та простих пристроїв з ручним приводом механізмів затиску.

Річна програма випуску 10000 шт, що вказана у завданні, відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому у проектному технологічному процесі запроваджено зміни для підвищення його продуктивності.

У другій частині визначено тип виробництва – середньосерійний на основі даних штучного часу на кожну із операцій базового технологічного процесу. Метод ґрунтується на розрахунку коефіцієнта закріплення операцій.

Собівартість виготовлення заготовки із прокату є нижчою ніж виготовленої литтям у піщані форми за дерев’яними моделями при заміні матеріалу заготовки із сталі 45 на сталь 45Л, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 712487.025 вибрано спосіб виготовлення заготовки прокат.

Проведено вибір обладнання, інструментів, розраховано припуски, режими різання та технічні норми часу. Розроблено технологічний процес механічного оброблення корпусу 712487.025.

У третій частині для фрезерування площин деталі “Корпус” 712487.025 на 030 горизонтально-фрезерній операції здійснено проектування спеціального поворотного пристрою.

У четвертій частині розглянуто питання охорони праці.

ЗМІСТ

Вступ	
1 Загально-технічна частина	
1.1. Службове призначення деталі	
1.2. Аналіз технічних вимог деталі.....	
1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	
1.4. Аналіз базового технологічного процесу.....	
1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу.....	
2 Технологічна частина	
2.1. Визначення типу виробництва.....	
2.2. Вибір способу одержання заготовки.....	
2.3. Вибір технологічних баз.....	
2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі.....	
2.5. Визначення припусків на оброблення.....	
2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу.....	
3 Конструкторська частина	
3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі.....	
3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі.....	
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	
4.1. Інтеграція вимог охорони праці на етапах проектування, будівництва (виготовлення) та реконструкції виробничих об'єктів і засобів виробництва.....	
4.2. Засоби інформативної та попереджувальної сигналізації на виробничих об'єктах.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки	

ВСТУП

У кваліфікаційній роботі проведено проектування технологічного процесу механічного оброблення деталі “Корпус” 712487.025 для умов середньосерійного типу виробництва. Деталь входить до складу редуктора транспортного ланцюгового конвеєра і призначена для взаємної орієнтації складових деталей, зокрема підшипників кочення, вала, манжети, маслянки. Деталь виготовляється із сталі 45.

Базовий технологічний процес, що використовується для виготовлення деталі “Корпус” 712487.025 відповідає дрібносерійному типу виробництва із застосування універсального технологічного обладнання без програмного керування, стандартних інструментів та простих пристроїв з ручним приводом механізмів затиску. Річна програма випуску, що вказана у завданні, відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому при розробленні проектного технологічного процесу необхідно внести такі зміни: для виготовлення заготовки доцільно використовувати відносно меншої вартості методи, зокрема прокат; токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарних верстатах з ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів з ручним управлінням; також для оброблення двох точних отворів доцільно замінити круглошліфувальні операції на токарну з ЧПК із застосуванням малих подач та інструментів із твердосплавними пластинами; послідовне свердління чотирьох отворів доцільно замінити на одночасне свердління із застосуванням багатошпиндельної свердлильної головки.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Службове призначення деталі

Деталь “Корпус” 712487.025 входить до складу редуктора транспортного ланцюгового конвеєра і призначена для взаємної орієнтації складових деталей, зокрема підшипників кочення, вала, манжети, маслянки.

Основними конструктивними елементами для виконання функціональних характеристик вказаного корпусу є: два отвори $\varnothing 24H7^{(+0,021)}$; $\varnothing 38H7^{(+0,025)}$; Ra 1,25 – призначені для встановлення вала на підшипниках кочення; чотири отвори $\varnothing 4,2H14$; $40\pm 0,1$; Rz40 – призначені для закріплення корпусу у вузлі чотирма болтами. Різьба конічна дюймова K1/8" використовується для встановлення маслянки. Отвір $\varnothing 32H14$; Rz40 для розміщення манжети як елемента ущільнення.

Інші поверхні підлягають механічній обробці із мінімальною шорсткістю Rz40, визначають конфігурацію корпусу, забезпечують його жорсткість, простоту монтажу та необхідні технічні вимоги.

Деталь “Корпус” 712487.025 за даними із креслення виготовляється із вуглецевої якісної сталі 45, до складу якої входять домішки кремнію, хрому, марганцю. Основними особливостями такої сталі є середня границя текучості та міцності, добра оброблюваність різанням.

У таблицях 1.1 та 1.2 коротко наведено інформацію про хімічний склад та характеристики механічних випробувань сталі 45.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45, %

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

При виготовленні заготовки литтям можлива заміна матеріалу сталь 45 на сталь 45Л, механічні властивості якої представлено у табл. 1.3.

Таблиця 1.2 – Характеристики механічних випробувань сталі 45

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	ρ , г/см ³	$a_{н\bar{}}$, Дж/см ²	НВ	
не менше						горячокатаної	відпаленої
350	610	16	40	7,8	55	217	175

Таблиця 1.3 – Характеристики механічних випробувань сталі 45Л

σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/м ²
314	540	12	20	294

1.2. Аналіз технічних вимог деталі

В процесі проектування технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 712487.025 проведено аналіз технічних вимог та показників якості поверхонь деталі за даними креслення. Кожній із поверхонь присвоєно номера та відображено у таблиці 1.4, записано технічні вимоги, методи їх досягнення та контролю.

Таблиця 1.4 – Аналіз технічних вимог та показників якості поверхонь деталі “Корпус” 712487.025

Позначення поверхні (поверхонь)	Зміст технічної вимоги	Метод виконання	Метод контролю
1	2	3	4
1,3	Торцева поверхня 75±0,1; Rz40	Напівчистове точіння при поперечній подачі	Штангенциркуль
2	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 48h14; Rz40	Напівчистове точіння при поздовжній подачі	Штангенциркуль
4,16,18	Фаска внутрішня 0,6×45°; Rz 40	Розточування однократне	Кутомір універсальний
5	Внутрішня циліндрична поверхня Ø38H7(+0,025); Ra 1,25	Шліфування внутрішнє чистове	Калібр-пробка двосторонній двограничний Взірці шорсткості

Закінчення таблиці 1.4

1	2	3	4
6	Торець внутрішній 20±0,1; Rz40	Розточування напівчистове	Штангенциркуль
7	Внутрішня циліндрична поверхня Ø34H14; Rz40	Розточування напівчистове	Штангенциркуль
8	Торець внутрішній 25±0,1; Rz40	Розточування напівчистове	Штангенциркуль
9	Внутрішня циліндрична поверхня Ø24H7 ^(+0,021) ; Ra 1,25	Шліфування внутрішнє чистове	Калібр-пробка двосто- ронній двограничний Взірці шорсткості
10...13	Внутрішня циліндрична поверхня Ø4,2H14; 40±0,1; Rz40	Свердління по кондуктору	Штангенциркуль
14	Зовнішня квадратна поверхня 48h14; 5±IT14/2 Rz40	Фрезерування чорнове	Штангенциркуль
16	Торець внутрішній 4±IT14/2; Rz40	Розточування напівчистове	Штангенциркуль
17	Внутрішня циліндрична поверхня Ø32H14; Rz40	Розточування напівчистове	Штангенциркуль
19	Паз 20H14 ^(+0,52) ; 1; Rz80	Фрезерування дисковою фрезою	Шаблон 20 ^{+0,52} спеціальний
20	Різь конічна дюймова K1/8"	Нарізання мітчиком	Калібр-пробка K1/8"
21	Фаска внутрішня 1×45°; Rz 40	Зенкерування	Кутомір універсальний

1.3. Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналізуючи технологічність деталі “Корпус” 712487.025, враховано те, що програма випуску дорівнює 10000 шт. та відповідає середньосерійному типу

виробництва. При вивченні конструкції деталі розглянуто вимоги до точності, шорсткості поверхонь та інші технічні вимоги.

Матеріал деталі сталь 45 має середні показники границі текучості та міцності, добре піддається різанню. Тому корпус має достатню жорсткість, щоб забезпечувати передачу крутних моментів та навантажень на валу, що розміщений у корпусі.

Застосування такого матеріалу дозволяє використовувати для виготовлення заготовки прокат та різні методи об'ємного пластичного деформування, зокрема штампування. При заміні матеріалу заготовки із сталі 45 на сталь 45Л можливе виготовлення заготовки методами литва, зокрема литво в кокіль, литво в піщані форми.

У конструкції корпусу є достатня кількість поверхонь для базування та закріплення заготовки для різних методів чорнового та чистового механічного оброблення. Жорсткість деталі достатня для прикладання зусиль затиску пристроями із механічним приводом. Для забезпечення точності оброблення поверхонь деталі та принципу сумісності баз основними поверхнями для базування доцільно використовувати зовнішню циліндричну поверхню 2 та торцеві поверхні 1, 3. Оброблення двох отворів із 7 квалітетом точності доцільно виконувати разом за одну установку. Для забезпечення співвісності із центральною віссю кріпильних отворів 10-13 для базування доцільно використовувати отвір 5.

Для оброблення поверхонь деталі можливе використання стандартних інструментів, зокрема різців, свердл, фрез, мітчиків, а також як обладнання можна використовувати верстати з ЧПК.

Отже, за якісними показниками деталь “Корпус” 712487.025 є технологічною.

Також проведено розрахунок технологічності деталі “Корпус” 712487.025 за трьома кількісними критеріями: коефіцієнтом точності, коефіцієнтом шорсткості та коефіцієнтом уніфікації, використовуючи відомі рівняння та дані із табл. 1.3.

Коефіцієнт точності обробки:

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

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 18 + 12 \cdot 1 + 7 \cdot 2}{21} = 13,24;$$

$$K_{\text{т.ч.}} = 1 - \frac{1}{13,24} = 0,92.$$

При $K_{\text{т.ч.}} = 0,92 > 0,8$ деталь “Корпус” 712487.025 є технологічною.

Коефіцієнт шорсткості:

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

$$B_{\text{ср}} = \frac{\sum B_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{4 \cdot 19 + 7 \cdot 2}{21} = 4,29,$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{4,29} = 0,23.$$

При $K_{\text{ш}} = 0,23 > 0,16$ деталь “Корпус” 712487.025 є технологічною.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{\text{у.е.}} = \frac{N_{\text{у.е.}}}{N_{\text{е}}} = \frac{18}{21} = 0,86.$$

При $K_{\text{у.е.}} = 0,86 > 0,6$ деталь “Корпус” 712487.025 є технологічною.

Отже, за кількісними показниками деталь “Корпус” 712487.025 є технологічною.

1.4. Аналіз базового технологічного процесу

Для аналізу базового технологічного процесу у таблиці 1.5 представлено технологічне устаткування та операції базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 712487.025 у послідовності їх виконання.

Таблиця 1.4 – Технологічне устаткування та операції базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 712487.025

Операція	Технологічне обладнання	Технологічне оснащення
1	2	3
005 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон 3-х кулачковий із ручним затиском
010 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон 3-х кулачковий із ручним затиском
015 Токарно-гвинторізна	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Патрон 3-х кулачковий із ручним затиском
020 Внутрішньо-шліфувальна	Внутрішньо-шліфувальний верстат 3K228	Патрон 3-х кулачковий із ручним затиском
025 Внутрішньо-шліфувальна	Внутрішньо-шліфувальний верстат 3K228	Патрон 3-х кулачковий із ручним затиском
030 Горизонтально-фрезерна	Горизонтально-фрезерний верстат 6P82Г	Пристосування спеціальне із базуванням деталі по зовнішній поверхні на призми затискні з упором в торець
035 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2H135	Кондуктор спеціальний
040 Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат 6P10	Пристрій затискний спеціальний
045 Вертикально-свердлильна	Вертикально-свердлильний верстат 2H135	Кондуктор спеціальний
050 Різенарізна	Різенарізний верстат 2056	Підставка спеціальна

На основі аналізу встановлено, що базовий технологічний процес, який використовується для виготовлення деталі “Корпус” 712487.025, відповідає дрібносерійному типу виробництва із застосування універсального технологічного обладнання без програмного керування, стандартних інструментів та простих пристроїв з ручним приводом механізмів затиску. Для

досягнення технічних вимог деталі використовуються стандартні універсальні ріжучі (різці, свердла, фрези, шліфувальні круги) та вимірювальні інструменти.

1.5. Висновки та завдання на кваліфікаційну роботу

У розділі проведено аналіз креслення та технічних вимог деталі “Корпус” 712487.025 як одного із базових елементів редуктора транспортного ланцюгового конвеєра. Вивчено технічні вимоги та показники якості поверхонь деталі, аналізуючи креслення. Також розглянуто методи досягнення вказаних параметрів, що буде застосовано для розроблення проектного технологічного процесу механічного оброблення деталі та вибору способу одержання заготовки.

На основі розрахунків та аналізу встановлено, що за якісними та кількісними показниками деталь “Корпус” 712487.025 є технологічною.

Матеріал деталі сталь 45 має середні показники границі текучості та міцності, добре піддається різанню. Застосування такого матеріалу дозволяє використовувати для виготовлення заготовки прокат та різні методи об’ємного пластичного деформування, зокрема штампування. При заміні матеріалу заготовки із сталі 45 на сталь 45Л можливе виготовлення заготовки методами литва, зокрема литво в кокіль, литво в піщані форми.

Для забезпечення точності оброблення поверхонь деталі та принципу сумісності баз основними поверхнями для базування доцільно використовувати зовнішню циліндричну поверхню 2 та торцеві поверхні 1, 3. Оброблення двох отворів із 7 квалітетом точності доцільно виконувати разом за одну установку.

Для оброблення поверхонь деталі можливе використання стандартних інструментів, зокрема різців, сверدل, фрез, мітчиків, а також як обладнання можна використовувати верстати з ЧПК.

На основі аналізу встановлено, що базовий технологічний процес, який використовується для виготовлення деталі “Корпус” 712487.025, відповідає дрібносерійному типу виробництва із застосування універсального

технологічного обладнання без програмного керування, стандартних інструментів та простих пристроїв з ручним приводом механізмів затиску.

Річна програма випуску 10000 шт, що вказана у завданні, відповідає середньосерійному типу виробництва. Тому у проектному технологічному процесі необхідно запровадити такі зміни:

- для виготовлення заготовки доцільно використовувати відносно меншої вартості методи, зокрема прокат;

- токарну обробку поверхонь доцільно виконувати на токарних верстатах з ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів з ручним управлінням;

- також для оброблення двох точних отворів доцільно замінити круглошліфувальні операції на токарну з ЧПК із застосуванням малих подач та інструментів із твердосплавними пластинами;

- послідовне свердління чотирьох отворів доцільно замінити на одночасне свердління із застосуванням багатошпиндельної свердлильної головки;

- застосування інструментів та технологічного оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

Зміни базового технологічного процесу дозволяють підвищити продуктивність та точність виготовлення деталі “Корпус” 712487.025.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Визначення типу виробництва

Тип виробництва виготовлення деталі “Корпус” 712487.025 для програми випуску $N = 10000$ шт. і маси $m = 0,605$ кг, визначений наближеним методом, середньосерійний.

Також тип виробництва виготовлення корпусу визначено розрахунковим методом за коефіцієнтом закріплення операцій, враховуючи дані штучного часу із базового технологічного процесу та програму випуску.

У таблиці 2.1. зібрано дані про величини штучного часу на кожну із операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 712487.025.

Таблиця 2.1 – Штучний час операцій базового технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 712487.025

Операція	$T_{шт}$	Операція	$T_{шт}$
005 Токарно-гвинторізна	3,51 хв.	025 Внутрішньошліфувальна	1,155 хв.
010 Токарно-гвинторізна	0,754 хв.	030 Горизонтально-фрезерна	0,4 хв.
015 Токарно-гвинторізна	1,638 хв.	035 Вертикально-свердлильна	0,49 хв.
020 Внутрішньошліфувальна	0,918 хв.	040 Вертикально-фрезерна	0,35 хв.
045 Вертикально-свердлильна	0,49 хв.	050 Різенарізна	0,38 хв.

Кількість верстатів, що використовуються для кожної операції при заданій програмі випуску N [1]:

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

де F_d – час на роботу обладнання, $F_d = 3979$ год;

$$\eta_{зн.} = 0,75.$$

$$m_{p005} = \frac{10000 \cdot 3,51}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,19. P_{005} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p010} = \frac{10000 \cdot 0,754}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,04. P_{010} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p015} = \frac{10000 \cdot 1,638}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,09. P_{015} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p020} = \frac{10000 \cdot 0,918}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,05. P_{020} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p025} = \frac{10000 \cdot 1,155}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,06. P_{025} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p030} = \frac{10000 \cdot 0,4}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,025. P_{030} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p035} = \frac{10000 \cdot 0,49}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,03. P_{035} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p040} = \frac{10000 \cdot 0,35}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,025. P_{040} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p045} = \frac{10000 \cdot 0,49}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,03. P_{045} = 1 \text{ верстат.}$$

$$m_{p050} = \frac{10000 \cdot 0,38}{60 \cdot 3979 \cdot 0,75} = 0,025. P_{050} = 1 \text{ верстат.}$$

Фактичні коефіцієнти завантаження обладнання [1]:

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

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0,19}{1} = 0,19.$$

$$\eta_{з.ф.010} = \frac{0,04}{1} = 0,04.$$

$$\eta_{з.ф.015} = \frac{0,09}{1} = 0,09.$$

$$\eta_{з.ф.020} = \frac{0,05}{1} = 0,05.$$

$$\eta_{з.ф.025} = \frac{0,06}{1} = 0,06.$$

$$\eta_{з.ф.030} = \frac{0,02}{1} = 0,02.$$

$$\eta_{з.ф.035} = \frac{0,03}{1} = 0,03.$$

$$\eta_{з.ф.040} = \frac{0,02}{1} = 0,02.$$

$$\eta_{з.ф.045} = \frac{0,03}{1} = 0,03.$$

$$\eta_{з.ф.050} = \frac{0,02}{1} = 0,02.$$

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

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

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,19} = 4,0. \quad O_{005} = 4 \text{ операції.}$$

$$O_{010} = \frac{0,75}{0,04} = 18,75. \quad O_{010} = 19 \text{ операцій.}$$

$$O_{015} = \frac{0,75}{0,09} = 8,3. \quad O_{015} = 9 \text{ операцій.}$$

$$O_{020} = \frac{0,75}{0,05} = 15. \quad O_{020} = 15 \text{ операцій.}$$

$$O_{025} = \frac{0,75}{0,06} = 12,5. \quad O_{025} = 13 \text{ операцій.}$$

$$O_{030} = \frac{0,75}{0,025} = 30. \quad O_{030} = 30 \text{ операцій.}$$

$$O_{035} = \frac{0,75}{0,03} = 25. \quad O_{035} = 25 \text{ операцій.}$$

$$O_{040} = \frac{0,75}{0,025} = 30. \quad O_{040} = 30 \text{ операцій.}$$

$$O_{045} = \frac{0,75}{0,03} = 25. \quad O_{045} = 25 \text{ операцій.}$$

$$O_{050} = \frac{0,75}{0,025} = 30. \quad O_{050} = 30 \text{ операцій.}$$

Коефіцієнт закріплення операцій [1]:

$$K_{3.0.} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{200}{10} = 20.$$

Для $K_{3.0.} = 20$ тип виробництва – середньосерійний.

Визначаємо період виготовлення деталей [1]:

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

$$t_b = \frac{60 \cdot 3979}{10000} = 23,87 \text{ хв.}$$

Величина однієї партії деталей [1]:

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

де $F=257$ днів

$$n = \frac{10000 \cdot 24}{257} = 934 \text{ шт.}$$

2.2. Вибір способу одержання заготовки

Матеріал деталі “Корпус” 712487.025 сталь 45 має середні показники границі текучості та міцності, добре піддається різанню. Застосування такого матеріалу дозволяє використовувати для виготовлення заготовки прокат та різні методи об’ємного пластичного деформування, зокрема штампування. При заміні матеріалу заготовки із сталі 45 на сталь 45Л можливе виготовлення заготовки методами литва, зокрема литво в кокіль, литво в піщані форми.

Порівняння двох методів виготовлення заготовки проведено на основі величини коефіцієнта використання матеріалу та вартості. Розглянуто два способи виготовлення заготовки:

1) Прокат – круг $\frac{B - \Pi - \text{КД} - 68}{45 - 2\text{ГП} - \text{М1}}$ – прокат круглий гарячекатаний

звичайної точності (В), II класу кривизни, кратної довжини (КД), діаметром 68 мм, якість поверхні 2ГП, механічні властивості (М1). Довжина прутка 6 м. Розрізання прокату на окремі заготовки виконується на фрезерно-відрізному верстаті.

2) Лиття у піщані форми за дерев'яними моделями при заміні матеріалу заготовки із сталі 45 на сталь 45Л.

Результати розрахунку загальних припусків деталі “Корпус” 712487.025 із врахуванням способу виготовлення заготовки представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку загальних припусків деталі “Корпус” 712487.025 із врахуванням способу виготовлення заготовки

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) круглий прокат $\frac{B - \Pi - \text{КД} - 68}{45 - 2\text{ГП} - \text{М1}}$				
Торцева поверхня 75±0,1	Rz40	0,8	19,5	94,5±0,4
2) Лиття у піщані форми за дерев'яними моделями при заміні матеріалу заготовки із сталі 45 на сталь 45Л				
Торцева поверхня 75±0,1	Rz80	4,4	5,0 × 2 = 10,0	85±2,2
Торцева поверхня 25±0,1	Rz80	3,2	4,2	29,2±1,6
Внутрішня циліндрична поверхня Ø34h14	Rz40	3,6	4,2 × 2 = 8,4	Ø25,6±1,8
Зовнішня циліндрична поверхня Ø48h14	Rz40	4,0	4,2 × 2 = 8,4	Ø56,4±2,0
Торцева поверхня 5h14	Rz40	2,2	3,2	8,2±1,1
Зовнішня квадратна поверхня 48h14	Rz40	4,0	4,2	□56,4±2,0

Проектуємо заготовок, одержаних двома вказаними методами, виконуємо на основі креслення деталі. Ескізи двох варіантів виготовлення заготовок відображено на рис. 2.1 (круглий прокат) та на рис. 2.2 (лиття у піщані форми за дерев'яними моделями при заміні матеріалу заготовки із сталі 45 на сталь 45Л).

Технологічні витрати матеріалу при виготовленні заготовки з круглого прокату:

– витрати, пов'язані із некратністю заготовки довжині прокату:

$$L_{\text{нк.}} = L_{\text{пр.}} - x \cdot (L_{\text{заг.}} + L_{\text{р.}}), \quad (2.6)$$

де $L_{\text{пр.}} = 6000$ мм – довжина прокату;

x – кількість заготовок, що можна виготовити із однієї довжини прокату;

$$x = \frac{L_{\text{пр.}}}{L_{\text{заг.}} + L_{\text{р.}}}, \quad (2.7)$$

де $L_{\text{заг.}}$ – довжина заготовки із припусками на підрізання торців ($2a$); $2a = 7$ мм;

$$L_{\text{заг.}} = L_{\text{дет.}} + 2a, \quad (2.8)$$

$L_{\text{р.}} = 12,5$ мм – ширина прорізу при відрізанні заготовки дисковою пилою діаметром 1430 мм.

Довжина заготовки і із припусками на підрізання торців:

$$L_{\text{заг.}} = 75 + 7 = 82 \text{ мм.}$$

Кількість заготовок, що можна виготовити із однієї довжини прокату (2.7):

$$x = \frac{6000}{82 + 12,5} = 63,49 \text{ шт.}$$

Приймаємо 63 шт.

Визначаємо витрати, пов'язані із некратністю заготовки довжині прокату (2.6):

$$L_{\text{нк.}} = 6000 - 63 \cdot (82 + 12,5) = 46,5 \text{ мм.}$$

Визначаємо розхід матеріалу на заготовку із врахуванням всіх технологічних втрат за формулою:

$$Q_{\text{тв.}} = \frac{Q_1 \cdot (100 + B_{\text{заг.}})}{100}, \quad (2.9)$$

де Q_1 – маса заготовки;

$$Q_1 = V_3 \cdot \rho, \quad (2.10)$$

де V_3 – об'єми заготовки.

Об'єми заготовки (2.12):

$$V_3 = \frac{\pi \cdot 68^2 \cdot 94,5}{4} = 343019,88 \text{ мм}^3 \approx 343,02 \text{ см}^3;$$

$$Q_1 = 43,028 \cdot 7,85 = 2692,7 \text{ г} = 2,69 \text{ кг}.$$

Загальні витрати матеріалу (%):

$$B_{\text{заг.}} = B_{\text{нк.}}, \quad (2.11)$$

$$B_{\text{нк.}} = \frac{(L_{\text{нк.}} \cdot 100)}{L_{\text{пр.}}}, \quad (2.12)$$

Витрати матеріалу на некратність:

$$B_{\text{нк.}} = \frac{(46,5 \cdot 100)}{6000} = 0,8\%.$$

Підставляємо дані у формулу (2.9):

$$Q_{\text{тв.}} = \frac{2,69 \cdot (100 + 0,8)}{100} = 2,71 \text{ кг.}$$

Визначаємо об'єм заготовки для лиття у піщані форми за дерев'яними моделями при заміні матеріалу заготовки із сталі 45 на сталь 45Л. Для спрощення розрахунків, визначаємо об'єм та масу припусків:

$$V_1 = (56,4^2 - 48^2) \cdot 13,2 = 11575,87 \text{ мм}^3 = 11,576 \text{ см}^3.$$

$$V_2 = \frac{\pi \cdot 25,6^2 \cdot 4,2}{4} = 2160,72 \text{ мм}^3 = 2,160 \text{ см}^3.$$

$$V_3 = \frac{\pi \cdot (34^2 - 25,6^2) \cdot 21,8}{4} = 8567,45 \text{ мм}^3 = 8,567 \text{ см}^3.$$

$$V_4 = \frac{\pi \cdot (38^2 - 25,6^2) \cdot 20}{4} = 12381,65 \text{ мм}^3 = 12,38 \text{ см}^3.$$

$$V_5 = \frac{\pi \cdot (56,4^2 - 48^2) \cdot 71,8}{4} = 49428,1 \text{ мм}^3 = 49,43 \text{ см}^3.$$

$$V_6 = \frac{\pi \cdot (48^2 - 25,6^2) \cdot 5,0}{4} = 6470,9 \text{ мм}^3 = 6,47 \text{ см}^3.$$

$$V_7 = \frac{\pi \cdot 24^2 \cdot 25}{4} = 11304 \text{ мм}^3 = 11,3 \text{ см}^3.$$

$$V_8 = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 4,2^2 \cdot 4,0}{4} = 276,95 \text{ мм}^3 = 0,277 \text{ см}^3$$

$$V_9 = \frac{\pi \cdot 32^2 \cdot 4,0}{4} = 3215 \text{ мм}^3 = 3,215 \text{ см}^3.$$

$$V_{\text{заг2}} = \sum V_n.$$

$$V_{\text{заг}} = 11,576 + 2,160 + 8,567 + 12,38 + 49,43 + 6,47 + 11,3 + \\ + 0,277 + 3,215 = 105,375 \text{ см}^3$$

Визначаємо масу припуску:

$$Q_{\text{пр2}} = 105,375 \cdot 7,85 = 827,2 \text{ г} \approx 0,83 \text{ кг}.$$

Визначаємо масу заготовки:

$$Q_2 = 0,605 + 0,83 = 1,435 \text{ кг}.$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_B = \frac{q}{Q}, \quad (2.13)$$

– для круглого прокату:

$$K_{\text{в1}} = \frac{0,605}{2,71} = 0,22;$$

– для лиття у піщані форми за дерев'яними моделями при заміні матеріалу заготовки із сталі 45 на сталь 45Л:

$$K_{B2} = \frac{0,605}{1,435} = 0,42.$$

Собівартість заготовки з прокату [4]:

$$C_{\text{заг1}} = \frac{Q_{\text{т.в.}} \cdot S - (Q_{\text{т.в.}} - q) \cdot S_{\text{відх.}}}{1000}, \quad (2.14)$$

де $S = 39095$ грн/т – ціна 1 т. металопродукту;

$S_{\text{відх.}} = 6000$ – ціна 1 т. відходів;

$$C_{\text{заг1}} = \frac{2,71 \cdot 39095 - (2,71 - 0,605) \cdot 6000}{1000} = 93,32 \text{ грн.}$$

Визначаємо собівартість заготовки одержаної литтям [4]:

$$C_{\text{заг2}} = \left(\frac{S_{\text{б}} \cdot Q \cdot K_{\text{п}}}{1000} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх.}}}{1000}, \quad (2.15)$$

де $S_{\text{б}} = 80000$ грн. – базова ціна 1 т. заготовки одержаної литтям;

$K_{\text{п}}$ – загальний поправочний коефіцієнт;

$$K_{\text{п}} = K_{\text{тв}} \cdot K_{\text{св}} \cdot K_{\text{мв}} \cdot K_{\text{пмв}} \cdot K_{\text{ст}}, \quad (2.16)$$

де $K_{\text{тв}} = 1,0$ – коефіцієнт точності розмірів [4];

$K_{\text{св}} = 1,0$ – коефіцієнт конструктивної складності [4];

$K_{\text{мв}} = 1,2$ – коефіцієнт марки матеріалу [4];

$K_{\text{пмв}} = 1,18$ – коефіцієнт, що враховує програму річного замовлення [4];

$K_{\text{ст}} = 1,0$ – коефіцієнт потоншення стінок [4].

Загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_{\text{п}} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 1,416.$$

$$C_{\text{заг2}} = \left(\frac{80000 \cdot 1,435 \cdot 1,416}{1000} \right) - (1,435 - 0,605) \cdot \frac{6000}{1000} = 157,58 \text{ грн.}$$

Отже, собівартість виготовлення заготовки із прокату є нижчою ніж виготовленої литтям у піщані форми за дерев'яними моделями при заміні

матеріалу заготовки із сталі 45 на сталь 45Л, тому для розроблення технологічного процесу виготовлення деталі “Корпус” 712487.025 вибираємо спосіб виготовлення заготовки прокат.

2.3. Вибір технологічних баз

Для механічного оброблення поверхонь деталі “Корпус” 712487.025 використовуються чорнові на перших операціях та чистові бази на решті операцій. Для забезпечення точності оброблення поверхонь деталі та принципу сумісності баз основними поверхнями для базування доцільно використовувати зовнішню циліндричну поверхню 2 та торцеві поверхні 1, 3. Оброблення двох отворів із 7 квалітетом точності доцільно виконувати разом за одну установку. Для забезпечення співвісності із центральною віссю кріпильних отворів 10-13 для базування доцільно використовувати отвір 5.

При обробці заготовки із прокату, необроблену поверхню 2 та торець 3 використовуємо в якості бази на першій операції. На другій операції використовуються бази: торець 1 та зовнішня циліндрична поверхня 2. На третій операції деталь базується по торцю 3 та по зовнішній циліндричній поверхні 2. На четвертій операції деталь базується по внутрішніх отворах 9, 5 та торцевій поверхні 1. На п'ятій операції для базування використовуються зовнішня циліндрична поверхня 2 і торець 1. На шостій операції для базування використовуються: торець 3, зовнішня циліндрична поверхня 2. На сьомій операції для базування використовуються: зовнішня циліндрична поверхня 2 і торець 3 з орієнтацією деталі по поверхнях 14.

На восьмій, дев'ятій та десятій операціях для базування використовуються: зовнішня циліндрична поверхня 2 і торець 3 з базуванням на призми.

2.4. Проектування технологічного маршруту механічного оброблення деталі

Розроблено два варіанти оброблення поверхонь деталі “Корпус” 712487.025 для умов середньосерійного типу виробництва. Після цього

сформовано операційну технологію механічного оброблення деталі із оптимальною кількістю переходів та використанням токарних верстатів з ЧПК.

Варіанти оброблення поверхонь деталі “Корпус” 712487.025 представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Варіанти оброблення поверхонь деталі “Корпус” 712487.025

№ пов.	Вид поверхні, позначення	Вихідні параметри деталі		Варіанти методів, маршрутів обробки поверхонь	
		Квалітет (ступінь точності)	Шорсткість, мкм	1	2
1,3	Торцева поверхня 75±0,1	14	Rz40	Чорнове точіння Напівчистове точіння	
2	Зовнішня циліндрична поверхня Ø 48h14	14	Rz40	Чорнове точіння при поздовжній подачі Напівчистове точіння при поздовжній подачі	
4,16, 18	Фаска внутрішня 0,6×45°	14	Rz40	Розточування однократне	
5	Внутрішня циліндрична поверхня Ø38H7 ^(+0,025)	7	Ra 1,25	Свердління Розточування напівчистове Розточування чистове Розточування тонке	Свердління Розточування напівчистове Шліфування внутрішнє напівчистове Шліфування внутрішнє чистове
6	Торець внутрішній 20±0,1	14	Rz 40	Розточування напівчистове	
7	Внутрішня циліндрична поверхня Ø34H14	14	Rz 40	Розточування напівчистове	
8	Торець внутрішній 25±0,1	14	Rz 40	Розточування напівчистове	

Закінчення таблиці 2.4

9	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 24H7^{(+0,021)}$	7	Ra 1,25	Свердління Розточування напівчистове Розточування чистове Розточування тонке	Свердління Розточування напівчистове Шліфування внутрішнє напівчистове Шліфування внутрішнє чистове
10... 13	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 4,2H14; 40\pm 0,1$	14	Rz40	Свердління по кондуктору	Свердління на координатно- розточному верстаті
14	Зовнішня квадратна поверхня 48h14; $5\pm IT14/2$	IT14/2	Rz40	Фрезерування чорнове торцевою фрезою	Фрезерування чорнове дисковою фрезою
15	Торець внутрішній $4\pm IT14/2$	IT14/2	Rz40	Розточування напівчистове	
17	Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 32H14$	14	Rz40	Розточування напівчистове	
19	Паз 20H14 $^{(+0,52)}$; 1	14	Rz80	Фрезерування кінцевою фрезою	Фрезерування дисковою трьохсторон- ньою фрезою
20	Різь конічна дюймова K1/8"	12	Rz 40	Свердління комбінованим інструментом Нарізання різи мітчиком	Свердління Зенкерування фаски Нарізання різи мітчиком
21	Фаска внутрішня $1\times 45^\circ$	14	Rz 40	Зенкування	Обробка комбінованим інструментом

Із варіантів оброблення корпусу (табл. 2.4) сформовано операційну технологію, що відповідає середньосерійному типу виробництва. Токарне

оброблення поверхонь виконується на токарних верстатах з ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів. Для оброблення двох точних отворів замінено круглошліфувальні операції на токарну з ЧПК із застосуванням малих подач та інструментів із твердосплавними пластинами. Послідовне свердління чотирьох отворів замінено на одночасне свердління із застосуванням багатошпindelної свердлильної головки.

005 Фрезерно-відрізна

Відрізати заготовку, витримуючи розмір $82 \pm 0,4$.

010 Токарна з ЧПК

1. Свердлити отвір 9, витримуючи розміри $\varnothing 22,25^{+0,52}$; $l=82 \pm 0,1$.
2. Підрізати попередньо торець 3, витримуючи розмір $80 \pm 0,1$.
3. Підрізати остаточно торець 3, витримуючи розмір $78,5 \pm 0,1$.
4. Розточити попередньо отвори 5 і 7 з підрізкою торця 8 за два проходи послідовно, витримуючи розміри $\varnothing 29,25^{+0,52}$; $\varnothing 34^{+0,62}$; $l=46 \pm 0,1$ за програмою.
5. Розточити остаточно фаску 4, витримуючи розмір $0,9 \times 45^\circ$; розточити остаточно отвір 5 з підрізкою торця 6, витримуючи розміри $\varnothing 37,4^{+0,16}$; $l=20 \pm 0,1$; розточити попередньо отвір 9, витримуючи розміри $\varnothing 23,58^{+0,16}$; $l=32,5 \pm 0,1$ послідовно за програмою.
6. Перевірити розміри: $78,5 \pm 0,1$; $0,9 \times 45^\circ$; $20 \pm 0,1$; $\varnothing 23,58^{+0,16}$; $32,5 \pm 0,1$.
Контроль 30 %.

015 Токарна з ЧПК

1. Підрізати попередньо торець 1, витримуючи розмір $76,5 \pm 0,1$.
2. Підрізати остаточно торець 1, витримуючи розмір $75 \pm 0,1$.
3. Розточити попередньо отвір 17 з підрізкою торця 15, витримуючи розміри $\varnothing 29,58^{+0,52}$; $l=4$; розточити фаску 18, витримуючи розмір $0,6 \times 45^\circ$; розточити остаточно отвір 17 з підрізкою торця 15, витримуючи розміри $\varnothing 32^{+0,62}$; $l=4$; розточити остаточно фаску 16, витримуючи розмір $0,81 \times 45^\circ$ послідовно за програмою.
4. Перевірити розміри: $\varnothing 32^{+0,62}$; 4; $0,6 \times 45^\circ$; $75 \pm 0,1$.

Контроль 30 %.

020 Токарна з ЧПК

1. Точити попередньо зовнішню циліндричну поверхню 2 за два проходи послідовно, витримуючи розміри $\varnothing 52_{-0,87}$; $\varnothing 50_{-0,87}$; $l=70$ за програмою.
2. Точити остаточно зовнішню циліндричну поверхню 2, витримуючи розміри $\varnothing 48_{-0,620}$; $l=70$ за програмою.
3. Перевірити розміри: $\varnothing 48_{-0,620}$; 70.

Контроль 30 %.

025 Токарна з ЧПК

1. Розточити попередньо поверхню 5, витримуючи розміри $\varnothing 37,8^{+0,033}$; $l=20\pm 0,1$.
2. Розточити попередньо поверхню 9, витримуючи розміри $\varnothing 23,848^{+0,033}$; $l=25\pm 0,1$.
3. Розточити остаточно поверхню 5, витримуючи розміри $\varnothing 38^{+0,025}$; $l=20\pm 0,1$.
4. Розточити остаточно поверхню 9, витримуючи розміри $\varnothing 24^{+0,021}$; $l=25\pm 0,1$.
5. Перевірити розміри: $\varnothing 24^{+0,021}$; $25\pm 0,1$; $\varnothing 38^{+0,025}$; $l=20\pm 0,1$.

Контроль 30 %.

030 Горизонтально-фрезерна

1. Фрезерувати одночасно дві сторони зовнішньої квадратної поверхні 14, в. розмір $48_{-0,62}$.
2. Повернути пристрій на 180° .
3. Фрезерувати одночасно наступні дві сторони зовнішньої квадратної поверхні 14, в. розмір $48_{-0,62}$.

035 Вертикально-свердлильна

1. Свердлити одночасно 4 отвори 10...13, витримуючи розміри $\varnothing 4,2H14$; $40\pm 0,1$.

Операція 040 Вертикально-фрезерна.

1. Фрезерувати паз 19, витримуючи розміри $20^{+0,52}$; $1\pm0,1$.

Операція 045 Вертикально-свердлильна.

1. Свердлити отвір під різьбу 20, зенкувати фаску 21, витримуючи розміри $\varnothing 8,7^{+0,14}$; $20\pm0,2$; $1\times 45^\circ$.

Операція 050 Різенарізна.

1. Нарізати внутрішню різьбу 17, витримуючи розміри K1/8".

Операція 055. Контроль.

2.5. Визначення припусків на оброблення

Визначення припусків на механічне оброблення деталі "Корпус" 712487.025 а також розмірів деталей після виконання переходів та операцій проведено, використовуючи табличний та аналітично-розрахунковий методи. Результати розрахунків представлено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски оброблення деталі “Корпус” 712487.025

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
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 38H7^{(+0,025)}$; Ra 1,25					
Розточування тонке	7	Ra1,25	0,025	0,1×2=0,2	$\varnothing 38^{+0,025}$
Розточування чистове	8	Rz10	0,039	0,2×2=0,4	$\varnothing 37,8^{+0,039}$
Розточування напівчистове	11	Rz30	0,16	1,7×2=3,4	$\varnothing 37,4^{+0,16}$
Розточування чорнове (зняття напуску)	14	Rz40	0,62 0,52	2,375×2=4,75 3,5×2=7,0	$\varnothing 34^{+0,62}$ $\varnothing 29,25^{+0,52}$
Свердління (заготовка)	14	Rz50	0,52	7,875×2=15,75	$\varnothing 22,25^{+0,52}$
Зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 48h14$, Rz40					
Точіння напівчистове	14	Ra1,25	0,62	2×2=4	$\varnothing 48_{-0,620}$
Точіння чорнове (дворазове, зняття напуску)	15	Rz80	0,74	4×2=8 4×2=8	$\varnothing 52_{-0,87}$ $\varnothing 60_{-0,87}$
Заготовка (прокат)	звич. точн. прокати	Rz150	1,6	10×2=20	$\varnothing 68_{-1,1}^{+0,5}$
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 34H14$; Rz40					
Розточування чорнове (зняття напуску)	14	Rz40	0,62 0,52	2,375×2=4,75 3,5×2=7,0	$\varnothing 34^{+0,62}$ $\varnothing 29,25^{+0,52}$
Свердління (заготовка)	14	Rz50	0,52	5,875×2=11,75	$\varnothing 22,25^{+0,52}$
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 32H14$; Rz40					

Закінчення таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
Розточування чорнове (зняття напуску)	14	Rz40	0, 62 0,52	1,21×2=2,42 3×2=6,0	Ø32 ^{+0,62} Ø29,58 ^{+0,52}
Заготовка	14	Rz50	0,52	4,21×2=8,42	Ø23,58 ^{+0,52}
Торцева поверхня 75±0,1; Rz40					
Точіння напівчистове	14	Rz40	0,2	0,5 × 2 = 1,0	75±0,1
Точіння чорнове	15	Rz40	0,2	3,0 × 2 = 6,0	75±0,1
Заготовка	звич. точн. прокатки	Rz150	0,8	3,5 × 2 = 7,0	82±0,4

Схема розташування припусків на обробку поверхні Ø24H7 представлена на рис. 2.3.

2.6. Розрахунок і вибір режимів оброблення та технічних норм часу

Розрахунок режимів різання оброблення деталі “Корпус” 712487.025 проведено для переходу 010 токарної з ЧПК операції.

010 Токарна з ЧПК.

Перехід 2.

Свердлити отвір 9, витримуючи розміри Ø22,25^{+0,52}; l=82±0,1.

Інструмент - свердло НКХ Морзе2 Ø22,25А L=290 ГОСТ 12121-77.

1. Глибина різання для свердління:

$$t = 0,5D, \quad (2.17)$$

$$t = 0,5 \cdot 22,25 = 11,125 \text{ мм.}$$

2. Довжина робочого ходу [14]:

$$L_{\text{р.х.}} = l_{\text{різ.}} + l_{\text{підв.}} + l_{\text{вріз.}} + l_{\text{пер.}}, \quad (2.18)$$

$$l_{\text{різ.}} = 82 \text{ мм;}$$

$$l_{\text{підв.}} + l_{\text{пер.}} + l_{\text{вріз.}} = 10 \text{ мм [14].}$$

Підставляємо дані у формулу (2.18):

$$L_{\text{р.х.}} = 82 + 10 = 92 \text{ мм.}$$

3. Подача при свердлінні:

$$S_o = S_{oT} \cdot K_{ls}, \quad (2.19)$$

де $S_{oT} = 0,43$ мм/об [14];

$K_{ls} = 0,9$ при $l \leq 5 D$ [14].

Підставляємо дані у формулу (2.19):

$$S_o = 0,43 \cdot 0,9 = 0,38 \text{ мм/об.}$$

4. Швидкість різання [14]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (2.20)$$

де $T = 50$ хв;

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання [14]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv}. \quad (2.21)$$

Поправочний коефіцієнт матеріалу заготовки [14]:

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.22)$$

$$K_{mv} = 1,0 \cdot \left(\frac{750}{540} \right)^{-0,9} = 0,75.$$

$K_{nv} = 1,0$ – P6M5 [14];

$K_{lv} = 0,85$ [14];

$C_v = 9,8$; $y = 0,5$; $m = 0,20$ [14].

Підставляємо дані у формулу (2.21):

$$K_v = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 0,85 = 0,64.$$

Визначаємо швидкість різання (2.20):

$$V = \frac{9,8 \cdot 22,25^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 0,135^{0,5}} \cdot 0,64 = \frac{9,8 \cdot 3,46}{2,2 \cdot 0,36} \cdot 0,64 = 27,4 \text{ м/хв.}$$

5. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.23)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 27,4}{\pi \cdot 22,25} = 392 \text{ хв}^{-1}.$$

6. Коректуємо за паспортом верстата: $n_d = 400 \text{ хв}^{-1}$.

7. Коректуємо швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000}, \quad (2.24)$$

$$V_d = \frac{\pi \cdot 22,25 \cdot 400}{1000} = 28 \text{ м/хв.}$$

8. Крутний момент при свердлінні [14]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (2.25)$$

$$K_p = K_{mp}, \quad (2.26)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.27)$$

$n = 0,75$ [14];

$$K_{mp} = \left(\frac{540}{750} \right)^{0,75} = 0,78.$$

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

Підставляємо дані у формулу (2.25):

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 22,25^{2,0} \cdot 0,38^{0,8} \cdot 0,78 = 78,76 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

9. Потужність різання при свердлінні:

$$N_{\text{різ}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \quad (2.28)$$

$$N_{\text{різ}} = \frac{78,76 \cdot 400}{9750} = 3,2 \text{ кВт}.$$

10. Перевіряємо потужність приводу верстата:

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}. \quad (2.29)$$

Потужність шпинделя верстата:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{д}} \cdot \eta, \quad (2.30)$$

де $N_{\text{д}}$ – потужність приводу верстата – 10 кВт;
 $\eta = 0,8$.

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

$$N_{\text{різ}} = 3,2 \text{ кВт} < N_{\text{шп}} = 8 \text{ кВт}.$$

Отже, режими різання назначені правильно.

11. Основний час:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{S_o \cdot n}, \quad (2.31)$$

$$T_o = \frac{92}{0,38 \cdot 400} = 0,6 \text{ хв}.$$

Аналогічно проведено розрахунки режимів різання для інших технологічних операцій виготовлення деталі “Корпус” 712487.025 і зведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання для виконання технологічних операцій виготовлення деталі “Корпус” 712487.025

[illegible]

Продовження таблиці 2.6

[illegible]

Закінчення таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Фрезерувати паз 19, витримуючи розміри $20^{+0,52}$; $1\pm 0,1$	2	50	1	60	0,07 мм/зуб	400	25	112	0,125	0,7
045 Вертикально-свердлильна										
Перехід 2. Свердлити отвір під різьбу 20, зенкувати фаску, витримуючи розміри $\varnothing 8,7^{+0,14}$; $20\pm 0,2$; $1\times 45^\circ$	4,35	15	1	20	0,2	710	19,4	–	0,1	1,2
050 Різенарізна										
Перехід 2. Нарізати внутрішню різьбу 17, витримуючи розміри K1/8"	0,376 5	22	1	–	0,941	258	8,1	243	0,1	–

Визначення технічних норм часу для 005 токарної з ЧПК операції проведено аналітичним методом, а для решти операцій - табличним методом.

Штучний час операції, що виконується на токарному верстаті з ЧПК [1]:

$$T_{\text{ш}} = (T_{\text{ц}} + T_{\text{до}}) \cdot \left(1 + \frac{\kappa}{100}\right), \quad (2.32)$$

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

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{o}} + T_{\text{д}}, \quad (2.33)$$

T_{o} – основний час роботи токарного верстата з ЧПК в автоматичному циклі;

$$T_{\text{o}} = \sum_{i=1}^n \frac{L_i \cdot i}{S_i}, \quad (2.34)$$

L_i – довжина ходу при обробленні i -тої поверхні, мм;

S_i – подача інструменту, мм/хв;

$T_{\text{д}}$ – час на виконання допоміжних автоматичних дій;

$$T_{\text{д}} = T_{\text{ді}} + T_{\text{дх}}, \quad (2.35)$$

де $T_{ді}$ – час зняття та встановлення інструмента в автоматичному циклі;

$$T_{ді} = (T_{п} + T_{ф}) \cdot k, \quad (2.36)$$

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

k – кількість різців;

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

$T_{дх}$ – час виконання переміщень без виконання процесу різання;

$$T_{дх} = \sum_{i=1}^n \frac{L_{xi}}{S_{п}}, \quad (2.37)$$

де L_{xi} – довжина переміщень без виконання процесу різання;

$S_{п}$ – подача холостого ходу; для токарного верстата з ЧПК $S_{п} = 5000$ мм/хв.

005 Токарна з ЧПК.

Основний час роботи токарного верстата з ЧПК в автоматичному циклі:

$$T_0 = 0,6 + 0,1 + 0,116 + 0,096 + 0,006 + 0,108 = 1,122 \text{ хв.}$$

Визначаємо час виконання переміщень без виконання процесу різання
(2.39):

$$\begin{aligned} T_{дх} &= \frac{118,23 + 118,16 + 95,96 + 115,63 + 110,4 + 114,71 + 105,48 + 113,79}{5000} = \\ &= \frac{892,36}{5000} = 0,178 \text{ хв.} \end{aligned}$$

Час зняття та встановлення інструмента в автоматичному циклі (2.38):

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

Час на виконання допоміжних автоматичних дій (2.37):

$$T_{д} = 0,128 + 0,178 = 0,306 \text{ хв.}$$

Час роботи токарного верстата з ЧПК в автоматичному циклі (2.33):

$$T_{\text{ц}} = 1,122 + 0,306 = 1,428 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час ручної роботи:

$$T_{\text{до}} = T_{\text{доу}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{дов}}, \quad (2.38)$$

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

$T_{\text{доп}}$ – час на виконання операції, хв;

$T_{\text{дов}}$ – час для контролю розмірів, хв.

Час на встановлення та знімання деталі $T_{\text{доу}} = 0,17 \text{ хв.}$ [1].

Час на виконання операції [1].

– встановлення деталі та інструмента по координатах, підналагодження:
 $t_1 = 0,32 \text{ хв};$

– перевірка переміщення інструментів: $t_2 = 0,165 \text{ хв};$

– встановлення і знімання щитка для захисту від емульсії: $t_3 = 0,03 \text{ хв.}$

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

4.3. Час для контролю розмірів:

– $78,5 \pm 0,1$ – штангенциркулем – $t_{1\text{в}} = 0,14 \text{ хв};$

– $0,9 \times 45^\circ$ – кутоміром універсальним – $t_{2\text{в}} = 0,23 \text{ хв.};$

– $\varnothing 23,58^{+0,16}; \varnothing 34^{+0,62}; \varnothing 37,4^{+0,16}$ – штангенциркулем – $t_{3\text{в}} = 0,21 \text{ хв.};$

– $20 \pm 0,1; 32,5 \pm 0,1$ – штангенглибиноміром – $t_{4\text{в}} = 0,16 \text{ хв};$

$$T_{\text{дов}} = \sum t_{i\text{в}} = 0,14 + 0,23 + 0,21 + 0,16 = 0,74 \text{ хв.}$$

При контролі 30%:

$$T_{\text{довд}} = T_{\text{дов}} \cdot 0,3 = 0,74 \cdot 0,3 = 0,222 \text{ хв.}$$

Загальний допоміжний час:

$$T_{\text{до}} = 0,17 + 0,5 + 0,222 = 0,892 \text{ хв.}$$

5. Оперативний час:

$$T_{\text{оп.}} = T_{\text{ц}} + T_{\text{до}}, \quad (2.39)$$

$$T_{\text{оп.}} = 1,428 + 0,892 = 2,32 \text{ хв.}$$

6. Штучний час (2.32):

$$T_{\text{шт}} = 2,32 \cdot \left(1 + \frac{16,24}{100}\right) = 2,7 \text{ хв.}$$

7. Штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{шк}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}, \quad (2.40)$$

де $n = 940$ шт, $T_{\text{пз}} = 29$ хв.

$$T_{\text{шт.к.}} = 2,7 + \frac{29}{940} = 2,73 \text{ хв.}$$

005 Фрезерно-відрізна

1. Основний час: $T_o = 1,05$ хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{\text{шт.к}} = \Psi_{\text{к}} \cdot T_o. \quad (2.41)$$

$$T_{\text{шт.к005}} = 1,84 \cdot 1,05 = 1,93 \text{ хв.}$$

015 Токарна з ЧПК

1. Основний час: $T_{o010} = 0,273$ хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{\text{шт.к015}} = 2,14 \cdot 0,273 = 0,58 \text{ хв.}$$

020 Токарна з ЧПК.

1. Основний час: $T_{o020} = 0,59$ хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{\text{шт.к020}} = 2,14 \cdot 0,59 = 1,26 \text{ хв.}$$

025 Токарна з ЧПК

1. Основний час: $T_{0025} = 0,385$ хв.

2. Штучно-калькуляційний час [1]:

$$T_{шт.к025} = 2,14 \cdot 0,385 = 0,82 \text{ хв.}$$

У таблиці 2.7 представлено результати розрахунку норм часу.

Таблиця 2.7 – Технічні норми часу виготовлення деталі “Корпус”
712487.025

Номер та назва операції	T_o , хв	Допоміжний час, T_d хв			$T_{оп}$ хв	Час обслуговування, $T_{об}$ хв			$T_{шт.}$ хв.	$T_{п.з.}$ хв.	n	$T_{шт.к.}$ хв
		T_y	$T_{пер}$	$T_{вим}$		$T_{тех.об.}$	$T_{орг.об.}$	$T_{відп.}$				
005 Фрезерно-відрізна	1,05	—	—	—	—	—	—	—	—	—	940	1,93
010 Токарна з ЧПК	1,122	0,17	0,5	0,222	2,32	0,1624			2,7	28,44		2,73
015 Токарна з ЧПК	0,273	—	—	—	—	—	—	—	—	—		0,58
020 Токарна з ЧПК	0,59											1,26
025 Токарна з ЧПК	0,385											0,82
030 Горизонтально-фрезерна	0,22											0,4
035 Вертикально-свердлильна	0,235											0,49
040 Вертикально-фрезерна	0,125											0,19
045 Вертикально-свердлильна	0,1											0,172
050 Різенарізна	0,1											0,18

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок точності пристосування для механічного оброблення деталі

Для фрезерування площин деталі “Корпус” 712487.025 на 030 горизонтально-фрезерній операції здійснено проектування спеціального поворотного пристрою, що встановлюється столі горизонтально-фрезерного верстата. Особливістю конструкції пристрою є можливість обертання заготовки в одній площині без її перевстановлення для можливості фрезерування двох сторін заготовки комплектом із двох циліндричних фрез.

Пристрій призначений для базування та закріплення деталі при одночасному фрезеруванні двох сторін зовнішньої квадратної поверхні 14 в розмір $48_{-0,620}$ мм на висоті $75 \pm 0,1$ мм з наступним поворотом пристрою на 180° .

Деталь базують по зовнішній циліндричній поверхні $\varnothing 48_{-0,62}$ мм у затискній цанзі в центрувальному отворі цанги та на торці диска 8. Деталь встановлюють торцем на диск 8 в цангу 20. Затиск заготовки виконується стиснутим повітрям, що переміщує діафрагму 4 із штоком 5 вверх. Останній через упорний підшипник передає зусилля на штовхачі 6, стакан 19, який конусним отвором затискає конус цанги 20, а разом із нею і деталь.

Поворот деталі разом із цангою на 90° виконується рукояткою 30. За рахунок повертання рукоятки 30 собачка 37 повертає ділильний диск 28 з диском 8 і закріпленою на ньому цангою 20 та заготовкою. Встановлення певного кута виконується фіксатором 17 та пазами ділильного диска 27.

Креслення пристрою представлено у графічній частині.

Похибку встановлення заготовки деталі “Корпус” 712487.025 у пристрої знаходимо за формулою [15]:

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

Необхідна точність встановлення заготовки у пристрої буде забезпечена, якщо похибка встановлення заготовки буде меншою за допуск розмірів деталі, які досягають під час фрезерування [15]:

$$\Delta \varepsilon_1 \leq \Delta \varepsilon_{10}. \quad (3.2)$$

Точність розміру ширини квадрата $48_{-0,62}$ витримується за рахунок двох фрез, відповідно похибка базування дорівнює нулю, тобто $\Delta \varepsilon_{y1} = 0$.

Похибка базування деталі у пристрої у вертикальному напрямку дорівнює допуску на торцеву поверхню $75 \pm 0,1$ мм : $\Delta \varepsilon_{62} = 0,2$ мм.

Похибка закріплення цангою по чисто обробленій поверхні отвору $\Delta_3 = 70$ мкм.

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

Розраховуємо похибку встановлення заготовки деталі “Корпус” 712487.025 у пристрої:

$$\Delta \varepsilon_{y2} = \sqrt{0^2 + 70^2 + 150^2} = 165 \text{ мкм} = 0,165 \text{ мм}.$$

Визначаємо допустиму похибку при фрезеруванні двох сторін зовнішньої квадратної поверхні 14 в розмір $48_{-0,620}$ мм:

$$\Delta \varepsilon_{10} = \delta, \quad (3.3)$$

де δ – допуск розміру, $\delta = 0,2$ мм.

Перевіряємо виконання умови (3.2):

$$0,165 \text{ мм} < 0,2 \text{ мм}.$$

Отже, необхідна точність встановлення заготовки у пристрої буде забезпечена.

Точність кутового розміщення квадрата визначається точністю елементів конструкції ділильного механізму пристрою і складає $\pm 30'$.

3.2. Розрахунок силових параметрів пристосування для механічного оброблення деталі

Розрахунок силових параметрів затиску заготовки деталі “Корпус” 712487.025 у спроектованому пристрої проведемо для фрезерування двох сторін зовнішньої квадратної поверхні в розмір $48_{-0,62}$ із виникненням найбільших значень сил різання.

На рис. 3.1 представлено розрахункову схему для визначення силових параметрів при затиску заготовки.

Для надійного затиску заготовки при фрезеруванні сторін квадрата необхідно, щоб момент різання $M_{\text{різ}}$ був меншим за момент тертя $M_{\text{тр}}$ між поверхнями заготовки та цанги:

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

де $K=3$ - коефіцієнт запасу.

Момент різання відносно осі заготовки при фрезеруванні:

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot R_z, \quad (3.5)$$

де P_z – сила різання;

$R_z=24\text{мм}$ – радіус заготовки, на якому відбувається фрезерування.

Момент тертя $M_{\text{тр}}$ між поверхнями заготовки та цанги:

$$\sum M_{\text{тр}} = Q \cdot R \cdot f_1, \quad (3.6)$$

де Q – сила затиску заготовки цангою;

$f_1=0,2$ – коефіцієнт тертя між поверхнями заготовки та цанги;

$R=24\text{мм}$ – радіус заготовки, на якому відбувається затиск цангою.

Із рівнянь (3.4), (3.5), (3.6) знаходимо:

$$Q = \frac{K \cdot P_z \cdot R_3}{f_1 \cdot R} \quad (3.7)$$

Сила різання при фрезеруванні [14]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мр}}, \quad (3.8)$$

де $C_p = 261$; $x = 0,9$; $y = 0,8$; $n = 1,1$; $q = 1,1$; $w = 0,1$ [14].

$t = 5$ мм;

$S_z = 0,1$ мм/зуб;

$B = 5$ мм;

$Z = 4$;

$D = 125$ мм;

$n = 480$ хв⁻¹.

Коефіцієнт матеріалу заготовки [14]:

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (3.9)$$

де $\sigma_B = 550$ МПа;

$n = 0,3$ [14];

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{550}{750} \right)^{0,3} = 0,9 \text{ [14].}$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 5^{0,9} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 5^{1,1} \cdot 4}{125^{1,1} \cdot 480^{0,1}} \cdot 0,9 = 110 \text{ Н.}$$

Підставляємо дані у формулу (3.7):

$$Q = \frac{3 \cdot 110 \cdot 24}{0,2 \cdot 24} = 1650 \text{ Н.}$$

Сила для переміщення конусної частини стакану, що контактує із цангою [16]:

$$N = (Q + Q_1) \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right) + 3F_p, \quad (3.10)$$

де Q_1 – сила згину пелюстка цанги на величину початкового зазору між цангою та поверхнею заготовки;

α – кут при вершині конуса стакану; $\alpha = 15^\circ$.

φ – кут тертя між конусним штоком та цангою; $\varphi = 8^\circ$.

F_p – сила стиснення пружини, $F_p = 50 \text{ Н}$.

Силу згину пелюстка цанги на величину початкового зазору між чотирьохпелюстковою цангою та поверхнею заготовки визначаємо за формулою [16]:

$$Q_1 = 200 \frac{t \cdot d^3 \cdot S_{\max}}{l^3}, \quad (3.11)$$

де l – довжина пелюстка цанги від основи до середини конуса, $l = 48 \text{ мм}$;

t – товщина пелюстка цанги, $t = 4 \text{ мм}$;

d – зовнішній діаметр цанги, $d = 60 \text{ мм}$;

$S_{\max}$ – початковий зазор між чотирьохпелюстковою цангою та отвором заготовки,

$S_{\max} = 0,1 \text{ мм}$.

$$Q_1 = 200 \frac{4 \cdot 60^3 \cdot 0,1}{48^3} = 156 \text{ Н}.$$

Сила для переміщення стакану із конусом, що контактує із цангою (3.10):

$$N = (1650 + 156) \operatorname{tg} \left(\frac{15}{2} + 8 \right) + 3 \cdot 50 = 650 \text{ Н}.$$

Перевіряємо умову затиску заготовки:

$$N \leq F_{\text{шт}}, \quad (3.12)$$

де $F_{\text{шт}}$ – сила на штоці пневмокамери.

Сила на штоці пневмокамери [15]:

$$F_{\text{шт}} = 0,785 \cdot D_1^2 \cdot p \cdot \eta, \quad (3.13)$$

де $D=0,1$ м діаметр пневмокамери.

Із формули (3.13) отримано:

$$F_{\text{шт}} = 0,785 \cdot 0,1^2 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,9 = 2826 \text{ Н.}$$

Перевіряємо виконання умови (3.12): $N = 650 \text{ Н} < F_{\text{шт}} = 2826 \text{ Н}$. Оскільки умова (3.12) виконується, відповідно затиск заготовки деталі “Корпус” 712487.025 буде забезпечено.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Інтеграція вимог охорони праці на етапах проєктування, будівництва (виготовлення) та реконструкції виробничих об'єктів і засобів виробництва

При розробці технічної документації, нових технологічних ліній, засобів виробництва, а також колективних і індивідуальних засобів захисту персоналу обов'язково враховуються вимоги з охорони праці, встановлені законодавством та державними стандартами. Нова частина 1 ст. 24 Закону України «Про охорону праці» обов'язково передбачає:

- інтеграцію оцінки ризиків (risk assessment) ще на стадії концептуального проєктування відповідно до ISO 12100:2010;
- впровадження технічних заходів (guarding, interlocks, emergency stop) у конструкцію машин і обладнання згідно з ДСТУ EN ISO 13857:2019 та ДСТУ EN ISO 14121-1:2008;
- ергономіку робочих місць для операторів та обслуговуючого персоналу відповідно до стандартів.

Будівельні і монтажні роботи, виготовлення конструкцій та устаткування не можуть розпочатися до отримання позитивного експертного висновку про відповідність проєктної документації нормативам з охорони праці. Порядок державної експертизи встановлено Постановою КМУ № 431 від 23.06.1994 (зі змінами), яка регламентує:

1. Державний санітарно-гігієнічний аудит (на підставі ст. 11 Закону «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення»).
2. Експертизу з питань пожежної безпеки згідно зі ст. 10 Закону «Про пожежну безпеку».
3. Радіаційно-ядерну безпеку на об'єктах, підконтрольних Мінприроди.

Технічні центри Держнаглядохоронпраці (10 регіональних експертних підрозділів) здійснюють повний цикл перевірки проєктів: аналіз креслень,

специфікацій, розрахунків небезпечних зон, протоколів випробувань безпеки. Власник об'єкта укладає договір з відповідним центром, де прописуються: обсяг робіт, строки виконання, вартість послуг (тарифи затверджені Держнаглядом праці спільно з Мінекономіки та Мінфіном). Отриманий експертний звіт може бути оскаржений у Держнаглядом праці згідно зі встановленою процедурою.

Паралельно з державною експертизою в обов'язковому порядку організовується авторський нагляд — контроль відповідності будівництва проєктно-кошторисній документації. Положення про авторський нагляд зобов'язує проєктні організації перевіряти будівельно-монтажні роботи на відповідність технічним рішенням, зокрема щодо захисного обладнання й інженерних мереж.

Ключові інженерно-організаційні заходи для забезпечення відповідності нормам охорони праці:

- Моніторинг ризиків на кожному етапі — від ескізного проєкту до здачі в експлуатацію.
- Забезпечення комплектації засобами індивідуального захисту, аварійними розмикачами, захисними огороженнями та системами аварійного живлення.
- Атестація робочих місць згідно з ДСН 3.3.6.042-99 (повітря робочої зони).
- Планування технічного обслуговування — розробка регламентів ТО, включаючи періодичну перевірку заземлення, випробування аварійних вимикачів, перевірку стану кожухів і запобіжних пристроїв.
- Навчання персоналу: проведення вступного й періодичного інструктажу, перевірка знань і посвідчення операторів та монтажників згідно з наказом МОП № 246.

Таким чином, забезпечення вимог охорони праці при проєктуванні, будівництві та реконструкції підприємств — це сукупність нормативних процедур (експертиза, авторський нагляд), технічних рішень (конструкційні

бар'єри, захисні системи), організаційних заходів (договори з експертами, регламенти ТО) та систематичного навчання персоналу, які разом гарантують безпечну та здорову експлуатацію виробничого обладнання.

4.2. Засоби інформативної та попереджувальної сигналізації на виробничих об'єктах

Контрольно-вимірювальні прилади (КВП) є критичними компонентами забезпечення безпеки та надійності функціонування промислового обладнання. Вони призначені для точного вимірювання ключових технологічних параметрів, таких як тиск робочих середовищ, температура робочих поверхонь і середовищ, статичні та динамічні навантаження, концентрації шкідливих парів, газів, пилу і токсичних речовин у виробничому повітрі. Ефективність використання КВП значно підвищується при інтеграції з автоматизованими системами сигналізації, які можуть видавати оперативні повідомлення у випадку перевищення встановлених контрольних меж, як це реалізовано в газоаналізаторах і пилофільтрах з функцією аварійного спрацювання.

Автоматизовані пристрої контролю і сигналізації класифікуються за кількома ознаками:

- За функціональним призначенням:
 - інформаційні (відображають поточний стан параметрів),
 - попереджувальні (інформують про наближення до граничних меж),
 - аварійні (спрацьовують при досягненні критичних станів і вимагають негайного реагування);
- За способом активації:
 - автоматичні (спрацьовують без втручання оператора),
 - напівавтоматичні (передбачають часткове втручання оператора);
- За видом сигналу:
 - звукові (сирени, гучномовці),
 - світлові (індикатори, маячки),

- кольорові (сигнальні лампи з різною колірною індикацією),
- знакові (пиктограми на табло),
- комбіновані (поєднання кількох видів сигналів);
- За характером подачі сигналу:
 - безперервні (постійні світлові чи звукові сигнали),
 - імпульсні (пульсуючі, миготливі сигнали).

Інформативна сигналізація виконує важливу роль у координації дій персоналу, наприклад, операторів кранів і стропальників, де в умовах високого рівня шуму або відсутності зв'язку використання вербальних команд неможливе. Вона включає застосування умовних сигналів, жестів, світлових табло, показників, написів, які розташовуються безпосередньо на обладнанні або у зоні його експлуатації. Написи на табло зазвичай виготовляються з урахуванням норм читабельності, контрастності і стійкості до зношування.

Пристрої попереджувальної сигналізації призначені для своєчасного інформування персоналу про потенційну небезпеку або про наближення до небезпечних режимів роботи обладнання. Найпоширенішими є світлові та звукові сигнали, які активуються різними датчиками, що контролюють технологічні параметри, у тому числі рівні токсичних і пожежонебезпечних речовин, перевищення допустимих вібрацій, температурних порогів тощо. Особливе значення має сигналізація, що передуює пуску обладнання або подачі напруги підвищеного рівня, що є критичною для запобігання травматизму персоналу.

Попереджувальні знаки і плакати (наприклад: "Не вмикати — працюють люди", "Вхід заборонено", "Висока напруга — небезпечно") застосовуються для візуального інформування та обмеження доступу до небезпечних зон. Рекомендується виготовляти показники у вигляді світлових табло з миготливим підсвічуванням для підвищення їх помітності.

Сигнальне фарбування є стандартним методом виділення травмонебезпечних елементів устаткування. Як правило, застосовується чергування смуг жовтого та чорного кольорів під кутом 45° до горизонталі для

позначення зон підвищеного ризику. На верстатах додатково фарбують у червоний колір зворотні сторони дверцят, ніш електроустаткування, а також поверхні для викиду стружки, що підвищує рівень візуальної безпеки.

Знаки безпеки регламентуються і поділяються на:

- Заборонні знаки — круглі, червоного кольору з білою облямівкою і відповідним чорним символом всередині (наприклад, заборона на куріння чи вхід без спецодягу);
- Попереджувальні знаки — трикутної форми з жовтим фоном і чорною окантовкою, всередині яких розташовані символи, що ідентифікують тип небезпеки (блискавка — електрична небезпека, падаюча людина — небезпека ковзання, знак оклику — загальна небезпека);
- Вказівні знаки — прямокутні, синього кольору, що інформують про дії або використання засобів безпеки;
- Знаки радіаційної небезпеки — мають символ радіації з червоною облямівкою, що однозначно ідентифікує зону підвищеного радіаційного ризику;
- Знаки пожежної безпеки — з червоними символами на білому фоні для позначення засобів пожежогасіння, та чорними символами для інших пожежних позначень.

Використання комплексної системи інформативної і попереджувальної сигналізації, у поєднанні з відповідним маркуванням і колірною кодуванням, є ключовим фактором у підвищенні рівня виробничої безпеки та запобіганні нещасним випадкам на виробництві.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра визначено, що деталь “Корпус” 712487.025 входить до складу редуктора транспортного ланцюгового конвеєра і призначена для взаємної орієнтації складових деталей, зокрема підшипників кочення, вала, манжети, маслянки. Деталь виготовляється із сталі 45.

Базовий технологічний процес виготовлення деталі відповідає дрібносерійному типу виробництва. Річна програма випуску, що вказана у завданні, відповідає середньосерійному типу виробництва.

Тому у проектному технологічному процесі запроваджено такі зміни: для виготовлення заготовки використано відносно меншої вартості метод - круглий прокат; токарна обробка поверхонь виконується на токарних верстатах з ЧПК замість токарно-гвинторізних верстатів з ручним управлінням; для оброблення двох точних отворів замінено круглошліфувальні операції на токарну з ЧПК із застосуванням малих подач та інструментів із твердосплавними пластинами; послідовне свердління чотирьох отворів замінено на одночасне свердління із застосуванням багатопшпіндельної свердлильної головки; застосовано інструменти та технологічне оснащення для верстатів з ЧПК, а також із механізованим приводом затиску.

Вдосконалення технологічного процесу дозволяють підвищити продуктивність та точність виготовлення деталі “Корпус” 712487.025.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Пилипець М.І., Комар Р.В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин. Тернопіль, 2019. 58 с.
3. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. 148 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є. Дослідження технологічних процесів за допомогою методів математичної статистики та теорії ймовірності. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2022. 33 с.
6. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
7. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
8. Розмірні ланцюги: навчально-методичний посібник / Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Капаціла Ю.Б, Ткаченко І.Г. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.
9. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з дисциплін “Теоретичні основи технології виробництва деталей та складання машин ” та “Технологія машинобудування” для студентів спеціальностей 131 “Прикладна механіка” і 133 “Галузеве машинобудування” на тему “Структура технологічного процесу. Принципи побудови технологічних операцій” /

Укладачі : Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. - Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 53 с.

11. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

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

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

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

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

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