

Заочний факультет
(назва факультету)

Кафедра технології машинобудування
(повна назва кафедри)

6.131.211212.ПЗ

	(підпис студента)	/ Михайло КІРИЧУК / (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Керівник:	(підпис)	/ доц. Сергій БОНДАРЕНКО / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Нормоконтролер:	(підпис)	/ ст. викл. Владлен КАРАБУТ/ (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Консультанти:		
Аналітична частина (назва розділу)	(підпис)	/доц. Сергій БОНДАРЕНКО / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Основна частина (назва розділу)	(підпис)	/доц. Сергій БОНДАРЕНКО / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Охорона праці та захист навколишнього середовища (назва розділу)	(підпис)	/доц. Ярослав РОМАНЬКО / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
(назва розділу)	(підпис)	/ (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Студент

(підпис)

Дніпро – 2026 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty of Distance Education

(faculty)

Department of Mechanical Engineering Technology

(department)

Explanatory Note
to Bachelor's qualification work
(higher education degree)

on the topic: Development of the technological process for manufacturing a half-coupling of a hydraulic booster in small-batch production

according to educational curriculum Mechanical Engineering Technology

in the Speciality: 131- applied mechanics

(speciality and its code)

Done by the student of the group: IM901-21

/ Mykhailo KIRYCHUK/
(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ doc. Serhii BONDARENKO /
(position, name, surname)

/ senior teacher

Normative controller :

Vladlen KARABUT/
(position, name, surname)

Supervisors

Analytic chapter

(Chapter title heading)

/ doc. Serhii BONDARENKO /
(position, name, surname)

Main chapter

(Chapter title heading)

/ doc. Serhii BONDARENKO /
(position, name, surname)

Occupational safety and
environmental protection

(Chapter title heading)

/ doc. Yaroslav ROMANKO /
(position, name, surname)

(Chapter title heading)

(position, name, surname)

1. Деталь та 3D модель – 1 лист А2; 2. Заготовка та 3D модель – 1 лист А2; 3. Технологічні наладки – 1 лист А1; 4. Верстатний пристрій -- 1 А1; 5. План ділянки – 1 лист А1.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Аналітична частина	Бондаренко С.В., доц	02.02.26	02.02.26
Основна частина	Бондаренко С.В., доц	02.02.26	02.02.26
Охорона праці та захист навколишнього середовища	Романько Я.В., доц.	02.03.26	02.03.26

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	до 29.04.2026	
2	Основна частина	до 25.05.2026	
3	Охорона праці та захист навколишнього середовища	до 05.06.2026	
4	Оформлення пояснювальної записки	до 16.06.2026	
5	Виконання презентаційної частини роботи	до 18.06.2026	
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	до 20.06.2026	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	23.06.2026	

Студент

(підпис)

Михайло КІРИЧУК

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Сергій БОНДАРЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

№ рядк а	Фор мат	Позначення			Назва	Кіл. листів	№ екз.	Пр им.
1					Документація загальна			
2								
3					Заново розроблена			
4								
5	A4	6.131.211212.ПЗ			Пояснювальна записка	94	1	
6	A4	6.131.211212.ТП			Технологічний процес	7	1	
7								
8					Графічна частина			
9								
10					Заново розроблено			
11								
12	A2	6.131.211212.01			Деталь та 3D модель	1	1	
13	A2	6.131.211212.02			Заготовка та 3D модель	1	1	
14	A1	6.131.211212.03			Технологічні наладки	1	1	
15	A1	6.131.211212.04СК			Верстатний пристрій	1	1	
16	A1	6.131.211212.05			План ділянки	1	1	
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
26								
27								
28								
29								
30								
31								
32								
33								
					6.131.211212.ВР			
Зм.	Лис	№ докум.	Підп	Дата	ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	Літера	Лист	Листів
Розроб.		Кіричук М.В.				Б	Т	І
Керівник		Бондаренко С.В.				МОНУ УДУНТ каф. ТМ гр. ІМ901-21		
Консульт								
Н.контр.		Карабут В.М.						
Затв.		Негруб С.Л..						

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра містить: 94 с., 11 рис., 21 табл., 4 додатки, 29 джерел.

Об'єкт розробки - технологічний процес виготовлення напівмуфти гідропідсилювача в дрібносерійному виробництві.

Мета розробки - комплексна розробка технологічного процесу виготовлення деталі «напівмуфта»

В роботі розроблено технологічний процес виготовлення напівмуфти гідропідсилювача в умовах дрібносерійного виробництва. З цією метою виконано вибір раціонального та оптимального методу виготовлення заготовки та розрахунок і визначення припусків на обробку, а також складено маршрут обробки. Виконано підбір виробничого обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту з врахуванням ідей по вдосконаленню базового технологічного процесу. Запропоновано і розраховане верстатне пристосування.

В розділі охорони праці та захисту навколишнього середовища наведена загальна характеристика умов праці на дільниці, а також розглянуто: питання техніки безпеки, пожежної профілактики та захисту навколишнього середовища.

Ключові слова: НАПІВМУФТА, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ОБРОБКА, РІЗАННЯ, УСТАТКУВАННЯ

					6.131.211212.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Кіричук М.В.			РЕФЕРАТ				Літ.	Арк.	Архув	
Перев.		Бондаренко С.В.							Б	Т	1	1
Реценз.									МОНУ УДУНТ кафедра ТМ гр. ІМ 901-21			
Н. контр.		Карабут В.М.										
Затв.		Неглуб С.Л.										

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних роботи.....	10
1.1.1 Службове призначення виробу і деталі	10
1.1.2 Аналіз технологічності деталі	11
1.1.3 Визначення розміру партії	14
1.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі..	16
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	19
2.1 Розробка технологічного процесу	19
2.1.1 Вибір та обґрунтування способу отримання заготовки	19
2.1.2 Вибір методів обробки	21
2.1.3 Вибір технологічних і вимірювальних баз.....	22
2.1.4 Формування маршруту обробки деталі.....	23
2.1.5 Вибір технологічного обладнання	24
2.1.6 Визначення припуску на обробку та розмірів заготовки ...	27
2.1.6.1 Розрахунково-аналітичний метод визначення припуску.....	27
2.1.6.2 Розмірний аналіз технологічного процесу.....	32
2.1.7 Вибір пристосувань	36
2.1.8 Вибір різального та допоміжного інструменту	36
2.1.9 Вибір засобів технічного контролю	37
2.1.10 Проектування технологічного процесу обробки деталі ...	38
2.1.11 Визначення режимів різання	38
2.1.12 Технічне нормування технологічного процесу	41

					6.131.211212.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ					
Розроб.		Кіричук М.В.								
Перев.		Бондаренко С.В.								
Реценз.										
Н. контр.		Карабут В.М.								
Затв.		Негруб С.Л.			Лит. Арк. Аркуші Б Т 1 2 МОНУ УДУНТ кафедра ТМ гр. ІМ901-21					

	8
2.1.13 Проектування технологічних наладок	44
2.2 Розрахунок і проектування верстатного пристосування	44
2.2.1 Аналіз вихідних даних.....	44
2.2.2 Вибір принципової схеми	45
2.2.3 Силовий розрахунок верстатного пристосування	46
2.2.4 Оцінка точності пристосування	51
2.2.5 Техніко-економічне обґрунтування доцільності використання пристосування.....	53
2.3 Розробка даних для проектування ділянки цеху.....	55
2.3.1 Аналіз вихідних даних для проектування ділянки цеху	55
2.3.2 Розрахунок кількості виробничого обладнання ділянки	56
2.3.3 Розрахунок кількості робочих ділянки цеху	58
2.3.4 Розрахунок виробничої площі ділянки цеху.....	60
2.3.5 Розрахунок технологічної собівартості продукції.....	61
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	67
3.1 Загальна характеристика умов праці	67
3.2 Техніка безпеки та пожежна профілактика.....	71
3.3 Захист навколишнього середовища.....	75
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	78
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	80
ДОДАТКИ	84

ВСТУП

Машинобудування – найважливіша галузь промисловості. Її продукція – машини різного призначення – постачається всім галузям народного господарства. Технічний процес у машинобудуванні характеризується не лише покращенням конструкцій машин, а й безперервним удосконаленням технології та їх виробництва.

На сьогодні важливо якісно, дешево та з мінімальними витратами виготовити машину, застосувавши сучасне високопродуктивне обладнання, інструмент, технологічне оснащення, засоби механізації та автоматизації виробництва. Від прийнятої технології виробництва значною мірою залежать довговічність і надійність роботи машин, що випускаються, а також економіка їх експлуатації. Покращуючи технологічність конструкції, можна збільшити випуск продукції за тих самих засобів виробництва та скоротити собівартість її виготовлення. Вельми актуальною є проблема підвищення та технологічного забезпечення точності в машинобудуванні. Точність має призначатися на основі аналізу умов роботи машини з урахуванням економіки її виготовлення та подальшої експлуатації.

Основна мета роботи – розробка економічно більш вигідного технологічного процесу виготовлення деталі та видача вихідних даних для проектування механічної ділянки з виробництва даних деталей.

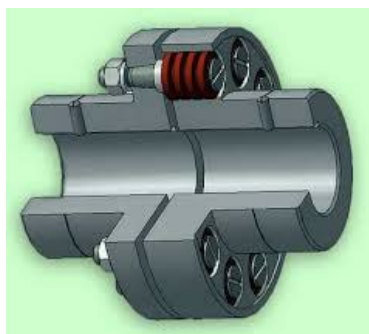
					6.131.211212.ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Кіричук М.В.			ВСТУП				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перев.		Бондаренко С.В.							Б	Т	1	1
Реценз.									МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр.ІМ901-21			
Н. контр.		Карабут В.М.										
Затв.		Негрук С.Л.										

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних роботи

1.1.1 Службове призначення виробу і деталі

Між двигуном і редуктором встановлена втулково-пальцева муфта (рисунок 1.1) , яка слугує для передачі крутного моменту від валу двигуна до вхідного валу редуктора та забезпечує надійне з'єднання цих агрегатів у приводі машини. Крім основної функції передачі обертання, така муфта частково компенсує незначні радіальні та кутові перекоси валів, а також зменшує динамічні навантаження, що виникають під час пуску та роботи механізму [1].



а)



б)

Рисунок 1.1 – Приклади тривимірної моделі втулково-пальцевої муфти (а) та її зовнішнього вигляду (б)

Муфта складається з двох основних елементів - передньої та задньої півмуфт, які жорстко закріплюються на відповідних валах. Передня півмуфта встановлюється на конічну частину колінчастого вала двигуна та фіксується гайкою з пружинною шайбою, що запобігає самовідгвинчуванню під час роботи механізму [1].

					6.131.211212.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА		
Розроб.		Кіричук М.В.					
Перев.		Бондаренко С.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Карабут В.М.					
Затв.		Незруб С.Л.			Б Т 1 9		
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр.ІМ901-21		

На передній півмуфті розміщені спеціальні пальці, на які надягаються еластичні гумові втулки.

Задня півмуфта встановлюється на хвостовик ведучої шестерні редуктора і жорстко закріплюється на ньому. У її корпусі виконані відповідні отвори, у які входять пальці передньої півмуфти разом із гумовими втулками. Під час обертання пальці передають зусилля через еластичні втулки на задню півмуфту, забезпечуючи передачу крутного моменту на редуктор.

Наявність гумових втулок у конструкції муфти виконує важливу роль: вони пом'якшують ударні навантаження, знижують рівень вібрацій і шуму, а також сприяють більш плавній роботі приводу. Крім того, еластичні елементи частково компенсують невеликі похибки монтажу та взаємного розташування валів двигуна і редуктора.

Завдяки простій конструкції, надійності та здатності гасити динамічні навантаження втулково-пальцеві муфти широко застосовуються у приводах різних машин і механізмів, зокрема в промисловому обладнанні, транспортних механізмах і верстатах. Тривимірна модель напівмуфти, що була побудована за кресленням деталі наведена на рисунку 1.2.

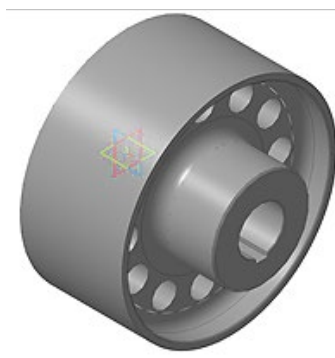


Рисунок 1.2 – Тривимірна модель розглядаємої в роботі напівмуфти

1.1.2 Аналіз технологічності деталі

Робочі креслення деталі містять усі необхідні дані для її виготовлення, зокрема геометричні розміри, допуски, шорсткість поверхонь, технічні вимоги

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

та матеріал виготовлення. Наявність повного комплексу конструкторської документації забезпечує правильне виготовлення деталі, її контроль та подальшу експлуатацію у складі вузла.

Спростити конструкцію півмуфти без шкоди її службовому призначенню неможливо, оскільки всі конструктивні елементи деталі виконують певні функції та забезпечують надійність роботи вузла. Конфігурація поверхонь, наявність отворів під пальці, посадочних поверхонь і допоміжних елементів обумовлені умовами передачі крутного моменту та вимогами до міцності і довговічності.

Деталь має поверхні, зручні для базування при встановленні на металорізальних верстатах. Для базування можуть використовуватись як внутрішні, так і зовнішні циліндричні поверхні, що забезпечує достатню точність взаємного розташування оброблюваних поверхонь. Така конструкція дозволяє застосовувати стандартні установчі бази та спрощує процес механічної обробки.

Жорсткість деталі є достатньою для забезпечення стабільності під час механічної обробки, що дає можливість використовувати швидкодіючі пристрої та оснащення. Це сприяє підвищенню продуктивності праці, скороченню допоміжного часу на встановлення і закріплення заготовки, а також забезпечує необхідну точність обробки.

Півмуфта виготовляється з матеріалу сталь 45Л (таблиця 1.1, таблиця 1.2) [2], яка належить до вуглецевих конструкційних ливарних сталей.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45Л

Елемент	Fe	C	Si	Mn	S	P
Вміст, %	97-98	0.42-0.50	0.20-0.52	0.50-0.80	≤0.045	≤0.040

Даний матеріал характеризується достатньою міцністю, хорошими ливарними властивостями, задовільною оброблюваністю різанням і здатністю витримувати значні механічні навантаження під час роботи вузла. Крім того,

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

сталь 45Л є відносно недорогим матеріалом, що робить її доцільною для використання у масовому та серійному виробництві деталей машин.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 45Л

Показник	Значення
Тимчасовий опір розриву σ_b , МПа	450 – 600
Межа текучості σ_t , МПа	≥ 240
Відносне подовження δ , %	≥ 12
Відносне звуження ψ , %	≥ 25
Твердість, НВ	170 – 207
Ударна в'язкість КСУ, кДж/м ²	≥ 39

Заготовку для виготовлення півмуфти отримують методом лиття. Використання литої заготовки дозволяє максимально наблизити форму заготовки до форми готової деталі, що зменшує припуски на механічну обробку, знижує витрати матеріалу та підвищує економічну ефективність виробництва. Конструкція деталі є відносно нескладною, тому її виготовлення методом лиття не викликає технологічних труднощів.

Усі поверхні деталі є доступними для механічної обробки стандартним різальним інструментом, а також для проведення контролю та вимірювань за допомогою універсальних вимірювальних засобів. Це позитивно впливає на технологічність конструкції та забезпечує можливість ефективного контролю якості виготовлення.

Проаналізувавши конструкцію деталі та технологічний процес виготовлення півмуфти, можна зробити висновок, що деталь є технологічною. Її конструкція відповідає вимогам механічної обробки, забезпечує можливість застосування стандартного обладнання, інструменту та оснащення. У зв'язку з цим конструкція півмуфти не потребує змін або доопрацювання з метою підвищення технологічності.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

1.1.3 Визначення розміру партії

Під час встановлення програми виготовлення деталей враховують кількість однойменних елементів у складі виробу, вузла чи механізму, запланований обсяг їх річного випуску, потребу в запасних частинах, а також можливі технологічні втрати, пов'язані з браком у процесі виробництва. Окрім цього, беруть до уваги перспективи розвитку підприємства та галузі в цілому, що є базою проходження виробничої практики [3].

Річний обсяг виготовлення деталей визначають за формулою:

$$N_p = N_v \cdot m \cdot (1 + a/100) \cdot (1 + b/100) \quad (1.1)$$

де N_v – річна програма випуску виробів (складальних одиниць, машин, механізмів) до складу яких входить деталь;

m – кількість деталей, що входять до складу одного виробу;

a – відсоток деталей, що необхідні в якості запасних частин ($a=1\% \dots 10\%$);

b – відсоток можливих технологічних втрат виробництва від браку ($b=2\% \dots 6\%$).

$$N_p = 500 \cdot 1 \cdot (1 + 2/100) \cdot (1 + 2/100) = 520,2 \text{ шт}$$

Приймаємо обсяг рівний 521 шт.

Перевіримо вірність обраного типу виробництва. Для визначення типу виробництва необхідно визначити такт випуску за формулою:

$$\tau_B = \frac{60 \times F_d}{N}, \quad (1.1)$$

де F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання (4060 годин)

N – річна програма випуску деталей в шт (500шт)

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість змін на добу - 2.

Такт випуску для деталі полумуфта:

$$\tau_B = \frac{60 \times 4060}{500} = 487,2 \text{ хв}$$

Коефіцієнт серійності визначаємо за формулою:

$$K_C = \frac{\tau_B}{T_{шт.ср.}}, \quad (1.2)$$

де $T_{шт.ср.}$ – середнє поштучна час операції, визначається за формулою [1]

$$T_{шт.ср.} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт.i}}{n}, \quad (1.3)$$

де $T_{шт.i}$ - штучний час і-тій операції, n - число основних операцій техпроцесу.

Попередньо $T_{шт.ср}$ визначається за заводською трудомісткістю.

$$T_{шт.ср.} = \frac{50,4}{4} = 12,6$$

Коефіцієнт серійності для деталі напівмуфта дорівнює:

$$K_c = 385 / 12,6 = 30,5$$

За визначенням, якщо коефіцієнт знаходиться в проміжку між 20 та 40 цей ти виробництва є дрібносерійним.

Розмір партії запуску деталей у виробництво розраховується за формулою:

$$n = \frac{N \cdot f}{\Phi} \quad (1.4)$$

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

де N - річна програма випуску виробів, в штуках;

f - число днів, на які необхідно мати запас деталей на складі (6 днів);

Ф - число робочих днів у році; (251 день)

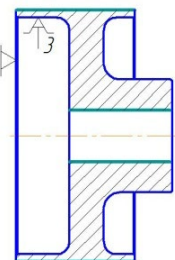
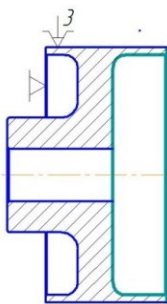
$$n = \frac{500 \cdot 6}{251} = 11,95 \text{ шт.}$$

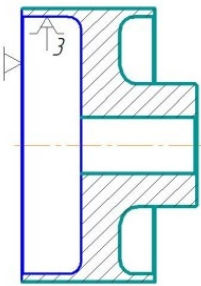
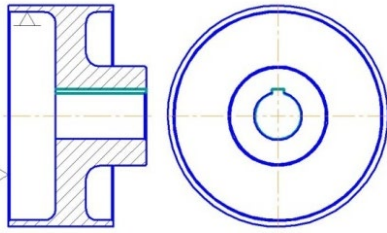
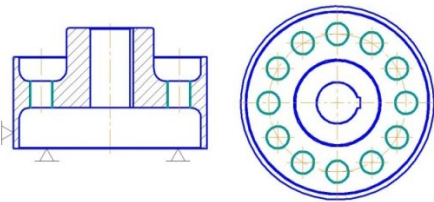
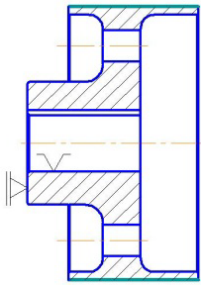
Приймаємо розмір партії рівний 12 шт.

1.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Для полегшення сприйняття роботи, базовий заводський технологічний процес наведено в табличному вигляді (таблиці 1.3).

Таблиця 1.3 – Базовий технологічний процес виготовлення гвинтів

№ Опе р.	Найменування операції	Схема установки	Найменування та модель обладнання
005	Заготівельна	відливка	
010	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
015	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20

020	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
025	Розміточна	Розмітити шпонковий паз	Розміточна плита
030	Довбальна		Довбальний 7402
035	Розточна		Координатно-розточний 2412
040	Термообробка		
045	Шліфувальна		Шліфувальний 3Б153
050	Контрольна		Контрольний стіл

Поверхні обробляються в такій послідовності: попередня токарна обробка зовнішніх поверхонь, остаточна токарна обробка, потім довбання шпонкового пазу, розточування отворів та шліфування зовнішньої поверхні.

На токарних операціях заготовка закріплюється в 3-кулачковому патроні, на довбальній операції як база використовуються попередньо оброблені начисто зовнішні поверхні, на шліфувальній операції – деталь закріплюється з використанням оправки.

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

6.131.211212.ПЗ

Застосовуються переважно універсальні верстати. Використовуються стандартний різальний інструмент та оснащення.

З операційного технологічного процесу виготовлення напівмуфти видно, що заготовку отримано литтям. Коефіцієнт використання матеріалу становить – 0,73.

Для вдосконалення технологічного процесу пропонується наступне:

1. Використати більш досконалі верстати (обробний центр Doosan DNM 500 та MAZAK MULTIPLEX 650). Застосування більш прогресивного обладнання дозволить скоротити кількість операцій, знизить трудомісткість виготовлення деталі, підвищить якість та експлуатаційну надійність деталі, знизить відсоток виготовлення бракованих деталей. Розподіл різних операцій за двома верстатами буде більш доцільним з точки зору продуктивності процесу.

2. Використовувати механізовані приводи до пристосувань. Це дозволить зменшити допоміжний час, що витрачається на закріплення деталей, які обробляються на режимних оправках і в патронах.

3. Забезпечити можливість виконання обробки деталі за одне встановлення, де це можливо.

4. Розглянути отримання заготовки литтям за формою, більш наближеною до деталі.

Запропоновані вдосконалення техпроцесу дозволять зменшити собівартість виготовлення деталі за рахунок зниження припусків, що призведе до зменшення машинного часу на обробку, а суміщення операцій дозволить скоротити підготовчо-завершальний час на встановлення та зняття заготовки. Максимальне використання сучасних верстатів дозволить наблизити параметри технологічного процесу виробництва до сучасних вимог.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка технологічного процесу

2.1.1 Вибір та обґрунтування способу отримання заготовки

Оптимальний метод отримання заготовки визначається на основі аналізу матеріалу деталі, її призначення та технічних вимог до виготовлення, а також техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості деталі. Застосування прогресивних методів отримання заготовок з малими припусками на механічну обробку знижує її трудомісткість і собівартість, однак додаткові витрати на оснащення заготівельного цеху окупаються лише при достатніх розмірах програмного завдання.

Вибір найбільш раціонального способу отримання заготовки визначаємо з урахуванням ефективності використання матеріалу та скорочення трудомісткості механічної обробки.

Відповідно до вимог креслення та в результаті аналізу конструкції деталі доходимо висновку, що заготовка може бути отримана литтям і мати дві форми:

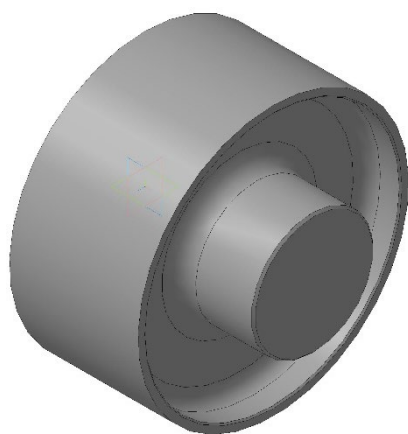
- виливок без отвору (рисунок 2.1а);
- виливок з отвором (рисунок 2.1б).

Маса деталі становить 70 кг

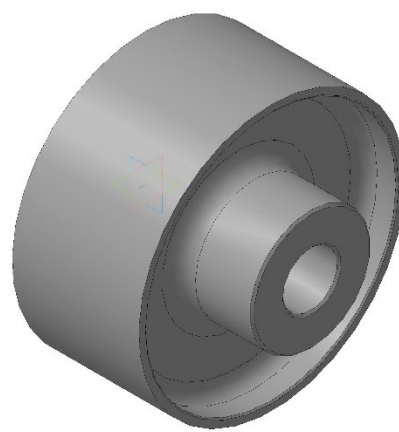
Для проведення порівняння коефіцієнтів використання матеріалу для обох методів, занесемо всі дані у таблицю 2.1.

З порівняння величин KIM_1 і KIM_2 випливає, що в умовах дрібносерійного виробництва доцільно використовувати виливок з отвором, оскільки заготовка наближена за формою до готової деталі та КВМ є вищим.

					6.131.211212.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кіричук М.В.			ОСНОВНА ЧАСТИНА		
Перев.		Бондаренко С.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Карабун В.М.					
Затв.		Незруб С.Л.					
					Лит.	Арк.	Аркушів
					Б	Т	1 48
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр.ІМ901-21		



а)



б)

Рисунок 2.1 - Варіанти заготовки напівмуфти: а) без отвору, б) з отвором

Таблиця 2.1 - Коротка порівняльна характеристика двох видів заготовок

Параметр	Відливка без отвору	Відливка з отвором
Маса заготовки, кг	95	85
Коефіцієнт використання металу (КВМ)	0,73	0,82

Для прийняття рішення про доцільність зміни методу виготовлення заготовки варто провести розрахунок вартості заготовок за обома методами.

Визначимо вартість заготовки для обох випадків за формулою [4]:

$$M = Q_3 S_k K_T - q S_{omx}, \text{ Грн,} \quad (2.1)$$

де Q_3 - маса заготовки, кг;

S_k - оптова ціна за 1 кг матеріалу за прейскурантом, грн .;

K_T - коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати;

q - маса реалізованих відходів, кг;

S_{omx} - ціна за 1 кг відходів, грн.

$$M_{\text{баз}} = 95 \cdot 70 \cdot 1,05 - 25 \cdot 2 = 6932,5 \text{ грн.}$$

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

$$M_{\text{альт}} = 85 \cdot 70 \cdot 1,05 - 15 \cdot 2 = 289,30 - 36 = 6217,5 \text{ грн.}$$

Як бачимо, зміна методу виготовлення заготовки дозволить знеизити вартість заготовки майже на 715 грн.

Також можемо розрахувати величину річної економії від заміни методу виготовлення заготовки:

$$\mathcal{E}_M = \frac{G_d(KBM_1 - KBM_2)}{KBM_1 KBM_2} N \quad (2.2)$$

де G_d - маса деталі, кг;

KBM_1 и KBM_2 - коефіцієнти використання матеріалу за двома методами;

N - річна програма випуску деталей, шт.

$$\mathcal{E}_M = \frac{70 \cdot (0.82 - 0.73)}{0.82 \cdot 0.73} \cdot 500 = 5262,28 \text{ кг}$$

Річна економія в гривневому еквіваленті визначається за формулою:

$$\mathcal{E}_{\text{с.з.}} = A \cdot N, \text{ грн.}, \quad (2.3)$$

де A - різниця між вартістю обраних заготовок, грн

N - річна програма випуску деталей, шт.

$$\mathcal{E}_{\text{с.з.}} = 700 \cdot 500 = 350000 \text{ грн.},$$

2.1.2 Вибір методів обробки

Методи обробки підбираємо для всіх поверхонь напівмуфти відповідно до вимог по точності та шорсткості. Результат вибору оформлюємо у вигляді таблиці 2.2. [3].

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Обрані методи обробки поверхонь напівмуфти

Поверхня деталі	Вимоги до поверхні		Параметри поверхні після обробки		
	точність	шорсткість, мкм	технологічні переходи (операції)	точність	шорсткість, мкм
1	2	3	4	5	6
Ø400d11	Ø400 ^{-0,21} _{-0,57}	R _a 1,25	Заготовка Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове Шліфування	h16 h14 h12 h11 d11	R _a 40 R _a 12,5 R _a 6,3 R _a 3,2 R _a 1,25
Ø376	Ø376 ₋₁	R _a 12,5	Заготовка Точіння чорнове	h16 h12	R _a 40 R _a 12,5
Ø85H7	Ø85 ^{+0,035}	R _a 2,5	Заготовка Розсвердлювання Розточування чорнове Розточування чистове	H16 H12 H10 H7	R _a 40 R _a 12,5 R _a 6,3 R _a 2,5
Ø180	Ø180 ₋₁	R _a 12,5	Заготовка Точіння чорнове	h16 h12	R _a 40 R _a 12,5
Ø46H9	Ø46 ^{+0,062}	R _a 2,5	Свердління Розсвердлювання Зенкерування Розвертання	H12 H11 H10 H9	R _a 40 R _a 12,5 R _a 6,3 R _a 2,5
шпонковий паз		R _a 5	Довбання чорнове Довбання чистове	H12 H9	R _a 12,5 R _a 5

2.1.3 Вибір технологічних і вимірювальних баз

Для підвищення точності обробки слід прагнути до виконання принципу сталості баз, що полягає у збереженні базових поверхонь протягом усієї

обробки деталі, та принципу суміщення баз конструкторських, технологічних і вимірювальних.

Як технологічна база для деталі напівмуфти на першій токарній операції як бази використовуємо необроблені поверхні Ø376 та торець. Потім, на наступних операціях - довбальній, токарній та багатоцільовій - як бази використовуємо поверхню Ø400 та торець. В якості технологічної бази на шліфувальній операції використовуємо поверхню внутрішнього отвору.

В усіх випадках реалізуємо: подвійну напрямну базу, що позбавить деталь чотирьох ступенів свободи, а також опорна, що позбавляє деталь одного ступеня свободи.

2.1.4 Формування маршруту обробки деталі

Розроблений маршрут обробки деталі наведено у таблиці 2.3, а також в маршрутній карті технологічного процесу, що наведено в додатках даної роботи.

Таблиця 2.3 - Маршрут обробки деталі напівмуфта

№ п/п	Найменування операції	Зміст операції	Спосіб встановлення на верстаті	Технологічні бази
005	Заготівельна			
010	Токарна	З перевстановленням точити зовнішні поверхні, канавки, фаски, підрізати торці, розсвердли, розточити внутрішні отвори	3-х кулачковий патрон	поверхня ø376 і торець поверхня ø180 і торець
015	Розміточна	Розмітити шпонковий паз		
020	Довбальна	Довбання шпонкового пазу	спец. пристосування	поверхня ø376 і торець

Продовження таблиці 2.3

№ п/п	Найменування операції	Зміст операції	Спосіб встановлення на верстаті	Технологічні бази
025	Багатоцільова з ПК	Свердління, розсвердлювання, зенкерування й розгортання 12 отворів Ø46H9	спец. пристосування	поверхня ø400 і торець
030	Термообробка			
035	Шліфування	Шліфувати поверхню Ø400	оправка, центрові отвори	поверхня ø85, шпонковий паз
040	Контрольна			

2.1.5 Вибір технологічного обладнання

Для дрібносерійного виробництва характерне застосування універсального обладнання, а також можливе використання верстатів з програмним керуванням. При підборі обладнання орієнтуємося на відповідність основних розмірів робочих органів верстата габаритам оброблюваної заготовки та досягнення необхідної точності, а також на застосування мінімальної кількості різних моделей верстатів.

Токарна обробка здійснюється на верстаті моделі MAZAK MULTIPLEX 650, розробленому для серійного виробництва, який був схвально прийнятий металообробною промисловістю в усьому світі. Всі верстати даної серії мають нижню револьверну головку, яка дає можливість здійснювати одночасну обробку по 4 осях. Технічні характеристики даного верстату наведені у таблиці 2.4, а його зовнішній вигляд на рисунку 2.2. [5]

Для обробки 12 отворів застосовується вертикальний обробний з автоматичною зміною інструменту та програмним керуванням моделі Doosan DNM 500 [6].

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Таблиця 2.4 - Технічні характеристики верстату MAZAK MULTIPLEX 650

Параметр	Значення
Макс. діаметр заготовки, над станиною	620 мм
Максимальна довжина обробки	280 мм
Подача по осі	365/-/755 мм
Токарний шпиндель	3000 об/хв,
Потужність	37кВт (50 л.с.)
Кількість інструментів на револьверній головці	10x2
Потребуєма площа	5720x3145 мм



Рисунок 2.2 - Зовнішній вигляд верстату MAZAK MULTIPLEX 650

Який дозволяє виконувати операції: свердління, розсвердлювання, розгортання, нарізання різьби та виконання розточувальних робіт, тобто операцій що потребують послідовної обробки кількома інструментами з установкою деталі відносно осі шпинделя в автоматичному циклі. Альтернативою є застарілий верстат KC12-500. Порівняння характеристик цих верстатів наведено у таблиці 2.5, а їх зовнішній вигляд на рисунку 2.3 [7].

Для довбання паза використовуємо верстат 7402, призначений для зовнішнього та внутрішнього довбання плоских і фасонних поверхонь, пазів, канавок, а також довбання з підрізанням до 5 градусів.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Шліфування поверхонь здійснюється на верстаті моделі 3Б153, який призначений для зовнішнього шліфування циліндричних і пологих конічних поверхонь в умовах серійного виробництва.

Таблиця 2.5 - Порівняння характеристик верстатів Doosan DNM 500 та KC12-500

Параметр	KC12-500	Doosan DNM 500
Тип обладнання	багатоцільовий обробний центр старого покоління	сучасний вертикальний обробний центр
Система ЧПК	застарілі системи ЧПК	сучасна ЧПК (Fanuc / Siemens)
Максимальна швидкість шпинделя	≈ 2000-4000 об/хв	до 12000 об/хв
Кількість інструментів у магазині	8-12	30
Точність позиціонування	нижча	вища
Автоматизація	обмежена	автоматична зміна інструменту, контроль позиції
Продуктивність	середня	значно вища



а)



б)

Рисунок 2.3 - Зовнішній вигляді верстатів: а) Doosan DNM 500, б) KC12-500

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

2.1.6 Визначення припуску на обробку

2.1.6.1 Розрахунково-аналітичний метод визначення припуску

Розрахунково-аналітичним методом визначаємо припуски на найточнішу поверхню заглушки - Ø400d11. Дана поверхня має мати шорсткість $R_a 1.25$, яка буде оброблятися на токарному та шліфувальному верстаті.

Номінальний розмір розглядаємої поверхні становить $\varnothing 400_{-0,57}^{-0,21}$.

Допуск даної поверхні становить $T = -0,21 - (-0,57) = 0,36 \text{ мм} = 360 \text{ мкм}$.

Для отримання поверхні на токарному верстаті із зазначеним допуском $T = 0,36 \text{ мм}$ та шорсткістю $R_a 1,25$ приймаємо наступний план обробки заданої поверхні [8-10]:

- 1 перехід - чорнове точіння $T_1 = 1,4 \text{ мм}$ і шорсткістю $R_a = 12,5$;
- 2 перехід - напівчистове точіння $T_2 = 0,89 \text{ мм}$ і шорсткістю $R_a = 6,3$;
- 3 перехід - чистове точіння $T_3 = 0,57 \text{ мм}$ і шорсткістю $R_a = 3,2$;
- 4 перехід - шліфування $T_4 = 0,36 \text{ мм}$ і шорсткістю $R_a = 1,25$.

На токарній операції виконується точіння, а потім шліфування.

Граничні відхилення проміжних розмірів на перших трьох переходах приймаємо в тіло деталі, як для валу, тобто $es_1 = es_2 = es_3 = 0$; $ei_1 = -1,4 \text{ мм}$, $ei_2 = -0,89 \text{ мм}$, $ei_3 = -0,57 \text{ мм}$.

Приймаємо метод отримання заготовки - лиття.

Граничні відхилення заготовки: $es_{\text{заг.}} = +2 \text{ мм}$, $ei_{\text{заг.}} = -2 \text{ мм}$.

Розрахунок мінімальних припусків виконуємо за формулою [8-9]:

$$2Z_{\text{imin}} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma(i-1)}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (2.4)$$

де $R_{z(i-1)}$ - висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta_{\Sigma(i-1)}$ - сумарне відхилення розташування і форми поверхні на попередньому переході;

ε_i - похибка встановлення заготовки на виконуємому переході.

1) Для першої токарної операції. Для заготовки $R_{z \text{ заг.}} - h_{\text{заг.}} = 400$ мкм.

Сумарні відхилення розташування і форми поверхні визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг.}} = \sqrt{\Delta k^2 + \Delta c^2} \quad (2.5)$$

де Δk - відхилення кривизни;

Δc - відхилення співвісності.

Для визначення $\Delta_{2 \text{ заг.}}$ знаходимо за таблицею довідника [4] сумарні відхилення розташування і форми. В нашому випадку: $\Delta_k = 0,8$ мкм на 1 мм довжини заготовки. При довжині відливки 265 мм:

$$\Delta_k = 0,8 \cdot 265 = 212 \text{ мкм.}$$

Відхилення від співвісності (Δc) елементів півмуфти нормальної точності при литті [8, 9] приймаємо:

$$\Delta_{3 \text{ м.}} = 2,0 \text{ мм} = 2000 \text{ мкм.}$$

Сумарні відхилення розташування і форми поверхні:

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг.}} = \sqrt{212^2 + 2000^2} = 2011 \text{ мкм}$$

Передбачаємо встановлення одиничної заготовки в патроні, відповідно $\epsilon_{\text{чорн.обр.}} = 250$.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Мінімальний припуск при чорновому точінні за формулою:

$$2Z_{\min} = 2[400 + \sqrt{2011^2 + 250^2} = 2 * 2425 = 4850 \text{ мкм}$$

2) Для другого переходу: $R_{z1}=250 \text{ мкм}$. $h_1=240 \text{ мкм}$.

Відхилення розташування і форми поверхні після першої операції визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma 1} = \Delta_{\Sigma \text{заг}} \cdot K_y \quad (2.6)$$

де $K_y = 0,06$;

$$\Delta_{\Sigma 1} = 2011 * 0,06 = 120 \text{ мкм}.$$

Передбачаємо встановлення одиничної заготовки в патроні, відповідно $\epsilon_{\text{напівчистове..}} = 65$.

Мінімальний припуск при напівчорновому точінні визначаємо за формулою:

$$2Z_{\min} = 2[(250 + 240) + \sqrt{120^2 + 65^2} = 2 * 625 = 1250 \text{ мкм}$$

3) Для третього переходу $R_{z2}=100 \text{ мкм}$. $H_2=100 \text{ мкм}$.

Відхилення розташування і форми поверхні після другої операції визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma 1} = \Delta_{\Sigma \text{заг}} \cdot K_y \quad (2.7)$$

де $K_y = 0,05$;

$$\Delta_{\Sigma 1} = 2011 * 0,05 = 100 \text{ мкм}.$$

Передбачаємо встановлення одиничної заготовки в патроні, відповідно $\epsilon_{\text{чист..}} = 62,5$.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мінімальний припуск при напівчорновому точінні визначаємо за формулою:

$$2Z_{\min} = 2[(100 + 100) + \sqrt{100^2 + 62,5^2}] = 2 * 320 = 640 \text{ мкм}$$

4) Для шліфувальної операції $R_{z3}=25\text{мкм}$. $h_3=25 \text{ мкм}$

Відхилення розташування і форми поверхні після токарної операції визначаємо аналогічно:

Приймаємо $K_y = 0,05$.

$$\Delta_{\Sigma 1} = 2011 * 0,05 = 60 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск при шліфуванні:

$$2Z_{4\min} = 2[(25+25) + \sqrt{60^2 + 0^2}] = 2 * 110 = 220 \text{ мкм.}$$

Розрахунок номінальних припусків виконується за формулою:

$$2Z_{i\text{ном}} = 2Z_{i\min} + |ei_{d(i-1)}| - |ei_{di}| \quad (2.8)$$

$$2Z_{1\text{ном}} = 4850 + 2000 - 1400 = 5450 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\text{ном}} = 1250 + 1400 - 890 = 1760 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3\text{ном}} = 640 + 890 - 570 = 960 \text{ мкм}$$

$$2Z_{4\text{ном}} = 220 + 570 - 570 = 220 \text{ мкм}$$

Розрахунок максимальних припусків виконується за формулою:

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$2Z_{imax} = 2Z_{imin} + T_{d(i-1)} - T_{di} \quad (2.9)$$

$$2Z_{1max}=4850+ 4000-1400=7450 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2max}=1250+1400-890=1760 \text{ мкм}$$

$$2Z_{3max}=640+ 890-570=960 \text{ мкм}$$

$$2Z_{4max}=220+ 570-360=430 \text{ мкм}$$

Усі отримані в результаті розрахунків наведені у таблиці 2.6

Таблиця 2.6 - Припуски й граничні розміри по операціях (переходах) на поверхню $\varnothing 400^{+0,21}_{-0,57}$.

Технологічні операції (переходи) обробки	До-пуск Т, мкм	Елементи припуски, мкм				Значення припусків, мкм			Розрахунок (номін.) розмір, мм	Граничні розміри, мм	
		Rz	h	Δ_{Σ}	E_y	$2Z_{i \min}$	$2Z_{i \text{ ном}}$	$2Z_{i \max}$		max	min
Заготовка	4000	200	200	2011	-	-	-	-	408,39	410,39	406,38
Точіння чорнове	1400	250	240	120	250	4850	5450	7450	402,94	402,94	401,53
Точіння напівчистове	890	100	100	100	65	1250	1760	1760	401,18	401,18	400,28
Точіння чистове	570	25	25	60	62,5	640	960	960	400,22	400,22	399,64
Шліфування	360	-	-	-	0	220	220	430	400	399,79	399,43
Загальні припуски						6960	8390	10600			

Загальний номінальний припуск, отриманий розрахунково-аналітичним методом, становить 8,4мм. Табличний припуск для литих заготовок становить $2Z_{\text{ном.}} = 15\text{мм}$, тобто на 6,6 мм більше розрахованого.

Для зручності користування технологічною документацією при виготовленні деталі приймаємо наступні значення номінальних розмірів зі збереженням встановлених допусків на всіх операціях (переходах):

Для заготовки	- $\varnothing 410^{+2}_{-2}$
Після чорнового точіння	- $\varnothing 405_{-1,4}$
Після напівчистового точіння	- $\varnothing 402_{-0,89}$
Після чистового точіння	- $\varnothing 400,5_{-0,57}$
Після шліфування	- $\varnothing 400^{+0,21}_{-0,57}$ (з креслення деталі).

2.1.6.2 Розмірний аналіз технологічного процесу

Головне завдання розмірного аналізу технологічного процесу - правильне та обґрунтоване визначення проміжних і остаточних технологічних розмірів та допусків на них для оброблюваної деталі. Розмірний аналіз виконується в наступній послідовності [10]:

- викреслювання деталі або її складових частин;
- індексація поверхонь, що беруть участь у розмірному аналізі;
- простановка і нумерація конструкторських розмірів;
- оформлення плану обробки деталі;
- виявлення, простановка і нумерація технологічних розмірів;
- викреслювання графа і виявлення технологічних розмірних ланцюгів;
- викреслювання і розрахунок розмірних ланцюгів;
- розрахунок технологічних розмірів та їх граничних відхилень.

Проводимо розмірний аналіз відповідно до вищезазначеної послідовності. Розрахунок ведемо для лінійних розмірів поверхонь, отриманих токарною обробкою (рисунк 2.4).

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

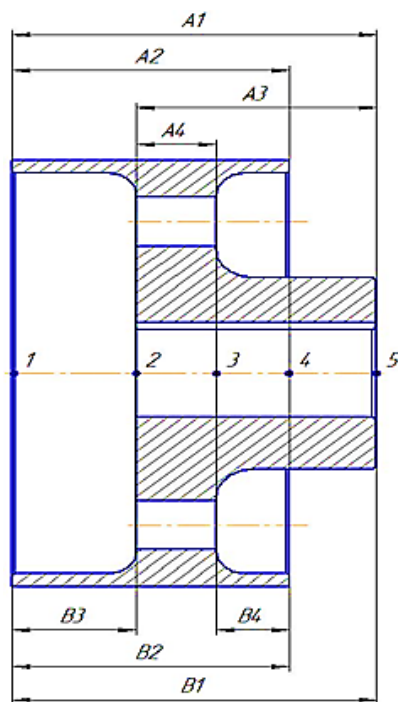


Рисунок 2.4 - Ескіз деталі з розмірами

Виявлення технологічних розмірних ланцюгів виконуємо з використанням теорії графів. Граф - це фігура, що складається з точок і ліній, які з'єднують ці точки. Точки називаються вершинами, а лінії, що їх з'єднують, - дугами або ребрами графа. Якщо прийняти поверхні заготовки і деталі за вершини, зв'язки між ними за ребра, то креслення деталі з конструкторськими і технологічними розмірами можна представити у вигляді двох дерев. Якщо обидва дерева сумістити, то такий суміщений граф дозволяє в закодованій формі представити геометричну структуру технологічного процесу обробки деталі [10]. Граф комплексу розмірів для даної деталі представлений на рисунку 2.5.

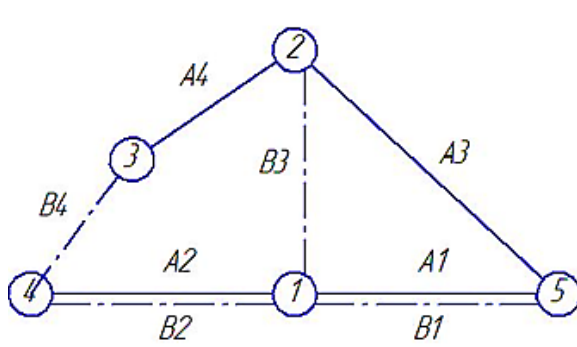


Рисунок 2.5 - Граф комплексу розмірів

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Кожен найкоротший замкнений контур графа розмірів являє собою технологічний розмірний ланцюг. Будуємо відповідні розмірні ланцюги, зображені на рисунку 2.6.

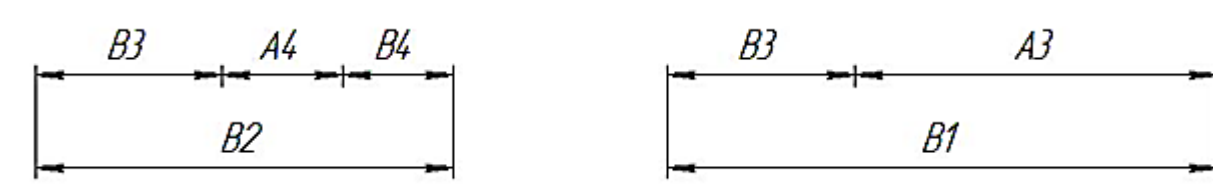


Рисунок 2.6 - Технологічні розмірні ланцюги

У першому розмірному ланцюгу визначенню підлягають допуск і граничні відхилення технологічного розміру $B3$.

У цьому розмірному ланцюгу замикаюча ланка - $A3 = 165^{+0,5}_{-0,5}$, збільшувальна - $B1$, зменшувальна - $B3$. Оскільки розмір $B1$ за всіма параметрами ідентичний розміру $A1$ відповідно, $T_{cp}=0,5\text{мкм}$, то $B1 = 250-0,5$.

Невідомим залишається допуск розміру $B3$ та його граничні відхилення. Граничні відхилення визначаємо за формулами [10]:

$$ESA\Delta = \sum ES^{y\theta} - \sum EI^{y\theta} \quad (2.10)$$

$$EIA\Delta = \sum EI^{y\theta} - \sum ES^{y\theta} \quad (2.11)$$

Знаходимо граничні відхилення розміру $B3$:

$$ESB3=0\text{мм};$$

$$EIB3= -0,5\text{мм};$$

$$B3 = 85_{-0,5}.$$

У другому розмірному ланцюгу визначенню підлягають допуск і граничні відхилення технологічного розміру $B4$.

У цьому розмірному ланцюгу замикальна ланка - $A4 = 54_{-0,74}$, збільшувальна - $B2$, зменшувальна - $B3$ і $B4$. Оскільки розмір $B3=85_{-0,25}$ відповідно, $T_{cp}=0,25\text{мкм}$,

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Невідомим залишається допуск розміру B4 та його граничні відхилення.

Знаходимо граничні відхилення розміру B4:

$$ESB4 = +0,49 \text{ мм};$$

$$EIB4 = +0,25 \text{ мм};$$

$$B4 = 51^{+0,49}_{+0,25}.$$

Операційні допуски визначаються виходячи з економічної точності методу обробки за довідником або за результатами розрахунку розмірних ланцюгів. Допуски та їх відхилення на заготовки слід приймати за відповідними ГОСТами на їх виготовлення [8, 9].

Операційні розміри з допусками визначаються нарощуванням допусків і припусків, починаючи з останньої операції і закінчуючи.

Мінімальні припуски визначаються розрахунково-аналітичним методом або приймаються за літературними джерелами [8, 9].

Результати розмірного аналізу технологічного процесу виготовлення напівмуфти наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 - Міжопераційні припуски і допуски

Поверхня деталі	Технологічні переходи	Допуск	Мінімальний припуск	Операційний розмір
Ø400d11	Заготовка	4	-	Ø 410±2
	Точіння чорнове	1,4	2x2,5	Ø 405 _{-1,4}
	Точіння напівчистове	0,89	2x1,5	Ø 402 _{-0,89}
	Точіння чистове	0,57	2x0,75	Ø 400,5 _{-0,57}
	Шліфування	0,36	2x0,25	Ø 400 _{-0,21} _{-0,57}
Ø85H7	Заготовка	2	-	Ø60±1
	Розсвердлювання	0,3	2x10	Ø 80 ^{+0,3}
	Розточування чорнове	0,12	2x1,5	Ø 83 ^{+0,12}
	Розточування чистове	0,21	2x1	Ø85 ^{+0,035}

Продовження таблиці 2.7

Поверхня деталі	Технологічні переходи	Допуск	Мінімальний припуск	Операційний розмір
Ø376	Заготовка	2,0	-	370±1
	Точіння чорнове	1,0	2x1,5	Ø376 ₋₁
Ø180	Заготовка	4,0	-	190±2
	Точіння чорнове	1,0	2x5	Ø180 ₋₁

2.1.7 Вибір пристосувань

Для дрібносерійного виробництва застосовують універсальні пристосування, що забезпечують необхідну точність обробки деталі, дозволяють досягати найбільшої продуктивності та економічності, безпечності в роботі. Вибрані пристосування для кожної операції зазначені в технологічному процесі, що додається до даної пояснювальної записки.

Заготовку деталі «напівмуфта» зі співвідношенням $l/d < 12$ і таку, що підлягає обробці на кількох верстатах із необхідною концентричністю поверхонь, закріплюють у трьохкулачковому патроні за ГОСТ 24351-80.

На довбальній і розточувальній операціях деталь установлюють у спеціальному пристосуванні.

На шліфувальній операції деталь установлюють на оправці, яка потім закріплюється в центрах (обертвий - за ГОСТ 8742-75, упорний - за ГОСТ 13214-79).

2.1.8 Вибір різального та вимірювального інструменту

Вибір ріжучого та допоміжного інструментів здійснювався з урахуванням характеру виробництва, методу обробки, типу верстата, розмірів, конфігурації

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

та матеріалу оброблюваної заготовки, а також необхідної якості поверхні та точності обробки.

Токарна обробка:

- різець прохідний, упорний зі змінними пластинами: тригранними, матеріал пластин Т15К10 за ГОСТ 18868-73;
- різець прохідний, з кутом у плані 45° зі змінними пластинами: тригранними, матеріал пластин Т15К6 за ГОСТ 18868-73;
- різець відрізний зі змінними пластинами: тригранними, матеріал пластин Т15К6 за ГОСТ 18884-73;
- різець розточувальний зі змінними пластинами: тригранними, матеріал пластин Т15К6 за ГОСТ 18882-73.

Для обробки отворів застосовується наступний інструмент:

- свердло за ГОСТ 10903-77;
- зенкер Ø45 за ГОСТ 12489-71;
- розгортка Ø46 за ГОСТ 10083-81.

Шліфувальна обробка: шліфувальний круг за ГОСТ 2424-83.

Довбальна обробка: різець довбальний за ГОСТ 10046-72.

Прийняті ріжучі та допоміжні інструменти для деталі на кожну операцію зазначені в доданому технологічному процесі.

2.1.9 Вибір засобів технічного контролю

Під час проектування даного технологічного процесу щодо засобів технологічного контролю враховуються такі правила. Оскільки основна частина операцій виконується на верстатах із програмним керуванням, то точність розмірів забезпечується технологічно, без застосування засобів контролю, особливо це стосується довжин. Для вимірювання внутрішніх і зовнішніх діаметрів застосовуються універсальні інструменти та прилади: штангенциркулі за ГОСТ 166-89, мікрометри, нутроміри, рулетки, а також спеціальні інструменти: калібри-скоби та калібри-пробки.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Прийняті засоби контролю, залежно від точності контрольованих параметрів для кожної операції, записані в технологічних картах технологічного процесу, що наведено в додатках даної роботи, із зазначенням їх найменування, вимірюваного розміру, ГОСТу або нормалі на виготовлення цих інструментів [10].

2.1.10 Проектування технологічного процесу обробки деталі

На основі прийнятого маршруту обробки деталі розроблено технологічний процес виготовлення деталі, який наведено у додатках даної роботи.

2.1.11 Визначення режимів різання

Розрахунки режимів різання при точінні виконуються за наступними формулами:

1. Швидкість різання (м/хв) визначається за формулою [8]:

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

де T - стійкість різця, хв. ($T=60$ хв);

t - глибина різання, мм;

S - подача, мм / об.

2. Частота обертання шпинделя верстату визначається за формулою:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \text{ об/хв.}, \quad (2.13)$$

де d - діаметр поверхні, що обробляється, мм.

3. Силу різання визначається за формулою:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P \quad (2.14)$$

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де C_p ; x ; y ; n - коефіцієнти й показники степені, що приймаються за довідниками.

Ефективна потужність при шліфуванні визначається за формулою:

$$N_e = C_n V_z^t S_p^y d^y b^z \quad (2.15)$$

де d - діаметр шліфування ($d=400$ мм);

b - ширина шліфування ($b=200$ мм).

Розрахунок режимів різання на обробку поверхні $\varnothing 400_{-0,57}^{-0,21}$ мм:

Технологічний процес обробки поверхні включає: чорнове та напівчистове точіння, чистове точіння та шліфування.

1) При чорновому точінні глибину різання приймаємо рівною припуску на чорнову обробку, тобто $t = 2,5$ мм. Величину подачі $S = 0,5$ мм/об.

Значення емпіричних коефіцієнтів приймаємо за довідником : $C_v = 340$, $x = 0,15$, $y = 0,35$, $m = 0,2$.

Коефіцієнт K_v є добутком коефіцієнтів, що враховують вплив матеріалу заготовки $K_{mv} = 0,83$, стан поверхні $K_{nv} = 0,8$, матеріалу інструменту $K_{uv} = 0,65$.

Таким чином:

$$K_v = 0,83 * 0,8 * 0,65 = 0,433.$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{340}{60^{0,2} * 2,5^{0,15} * 0,5^{0,35}} * 0,433 = 72,111 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя верстату:

$$n_p = \frac{1000 * 72}{3,14 * 410} = 55,927 \text{ об/хв.},$$

Тангенціальна складова сили різання:

- Значення емпіричних коефіцієнтів приймаємо: $C_p = 300$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = -0,15$.

- $K_p = K_{mp} * K_{fp} * K_{yp} * K_{lp} * K_{rp}$ — поправочний коефіцієнт.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Числові значення складових визначаємо за довідником [9]:

$$K_{mp} = 1, K_{fp} = 1, K_{yp} = 1, K_{\lambda p} = 1, K_{rp} = 1.$$

Таким чином:

$$K_p = 1 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1.$$

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 2,5^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 72,1^{-0,15} \cdot 1 = 2347,462 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{2347 \cdot 72,1}{1020 \cdot 60} = 2,765 \text{ кВт}$$

Висновок: потужність приводу верстата достатня для роботи з вибраними режимами різання.

2) При напівчистовому точінні глибину різання приймаємо рівною припуску на чистову обробку, тобто $t = 1,5 \text{ мм}$. Величину подачі $S = 0,4 \text{ мм/об}$.

Значення емпіричних коефіцієнтів приймаємо за довідником :

$$C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15, \text{ Коефіцієнт } K_p = 1.$$

Швидкість різання:

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,35}} \cdot 0,433 = 84,178 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя верстату:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 84,1}{3,14 \cdot 405} = 66,132 \text{ об/хв.}$$

Тангенціальна складова сили різання:

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 84,1^{-0,15} \cdot 1 = 1164,228 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{1164,23 \cdot 84,1}{1020 \cdot 60} = 21,5995 \text{ кВт}$$

Висновок: потужність приводу верстата достатня для роботи з вибраними режимами різання.

3) При чистовому точінні глибину різання приймаємо рівною припуску на чистову обробку, тобто $t = 0,75 \text{ мм}$. Величину подачі $S = 0,2 \text{ мм/об}$.

Значення емпіричних коефіцієнтів приймаємо за довідником :

$$- C_v = 420, x = 0,15, y = 0,2, m = 0,2. \text{ Коефіцієнт } K_v = 0,433.$$

$$- C_p = 300, x = 1, y = 0,75, n = -0,15. \text{ Коефіцієнт } K_p = 1.$$

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість різання:

$$V = \frac{340}{60^{0.2} * 0,75^{0.15} * 0.2^{0.2}} * 0.433 = 115,51 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя верстату:

$$n_p = \frac{1000 * 115,51}{3.14 * 402} = 91,5010 \text{ об/хв.},$$

Тангенціальна складова сили різання:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,75^1 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 115,5^{-0,15} \cdot 1 = 330,0408 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{115,51 * 330,04}{1020 * 60} = 0,6228 \text{ кВт}$$

Висновок: потужність приводу верстата достатня для роботи з вибраними режимами різання.

Основними параметрами різання при шліфуванні є:

- швидкість обертання заготовки $V_z = 25 \text{ м/хв}$;
- глибина шліфування $t = 0,25 \text{ мм}$;
- радіальна подача $S_p = 0,01 \text{ мм/об}$;
- швидкість кола $V_k = 30 \text{ м/хв.}$

Ефективна потужність при шліфуванні (емпіричні коефіцієнти: $C_n = 0,14$, $r = 0,8$, $z = 1$, $g = 0,2$, $y = 0,8$).

$$N_e = 0,14 * 0,25^{0,8} * 0,01^{0,8} * 400^{0,2} * 200^1 = 30,6141 \text{ кВт}$$

Даний режим різання може бути реалізований, оскільки $N_e < N \cdot \eta$.

2.1.12 Технічне нормування технологічного процесу

Для дрібносерійної форми організації роботи нормування технологічного процесу здійснюють по кожній верстатній операції методом технічного розрахунку за нормативами. Технічна норма часу незалежно від типу верстата та методу обробки [3]:

$$T_{ш.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \text{ хв.} \quad (2.16)$$

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

де $T_{ш.-к.}$ - норма штучно-калькуляційного часу, хв;

$T_{шт.}$ - норма штучного часу, хв;

$T_{п.з.}$ - норма підготовчо-заключного часу на партію деталей, хв;

n - розмір партії деталей, шт.

Норма штучного часу визначається за формулою :

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{tex} + T_{торг} + T_{нп}, \quad (2.17)$$

де T_o - основний технологічний час, хв;

T_v - допоміжний час, хв;

T_{tex} - час технічного обслуговування робочого місця, хв;

$T_{торг}$ - час організаційного обслуговування робочого місця, хв;

$T_{нп}$ - час перерв, хв.

Розрахуємо норму часу для токарної операції, що виконується на токарному верстаті з ПК. Основний час визначається розрахунком залежно від режиму різання [3]:

$$T_o = \sum \frac{l + l_{вр} + l_{пер}}{S \cdot n} \cdot i \quad (2.18)$$

де l - довжина поверхні, що обробляється;

$l_{вр}$ - величина врізання;

$l_{пер}$ - величина перебігу;

i - кількість проходів;

S - величина подачі;

n - кількість обертів шпинделя.

$$T_o = \frac{193}{500} * 1 = 0,37$$

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допоміжний час встановлюється для кожного технологічного переходу за нормативами і розраховується за формулою:

$$T_B = T_{B.y.} + T_{B.пер.} + T_{B.изм.}, \quad (2.19)$$

де $T_{B.y.}$ - час установалення і зняття заготовки, хв;

$T_{B.пер.}$ - час, пов'язаний із переходом, хв;

$T_{B.изм.}$ - час на вимірювання, хв.

$$T_B = 1,5 + 1,5 + 0,5 = 3,5 \text{ хв.}$$

Оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_B, \text{ хв} \quad (2.20)$$

де T_o - основний час,

T_B - допоміжний час.

Приймаємо час технічного обслуговування приймаємо 3%, організаційного обслуговування - 4%, перерв - 3% від оперативного часу згідно з нормативами.

Штучний час: $T_{шт} = 3,87 + 0,1 + 0,15 + 0,1 = 4,22 \text{ хв}$

Технічна норма часу: $= 5,5 \text{ хв.}$

Норми часу на виконання операцій представлені у зведеній відомості норм часу за операціями в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Зведена відомість норм часу за операціями

№ оп.	Найменування операції	T_o	T_B	$T_{оп}$	$T_{тех}$	$T_{орг}$	$T_{отд}$	$T_{пз}$	$T_{шт.к}$
005	Заготівельна	-	-	-	-	-	-		-
010	Токарна	5,25	2,10	7,35	0,22	0,29	0,22	0,22	8,31
015	Розміточна	0,17	0,07	0,24	0,01	0,01	0,01	0,01	0,27
020	Довбальна	5,20	2,08	7,28	0,22	0,29	0,22	0,22	8,23
025	Розточна з ПК	6,17	2,47	8,64	0,26	0,35	0,26	0,26	9,76
									Арк.
		6.131.211212.ПЗ							25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Продовження таблиці 2.8

№ оп.	Найменування операції	T _о	T _в	T _{оп}	T _{тех}	T _{орг}	T _{отд}	T _{пз}	T _{шт.к}
030	Термообробка	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
035	Шліфувальна	4,00	1,60	5,60	0,17	0,22	0,17	0,17	6,33
040	Консервація	4,80	1,92	6,72	0,20	0,27	0,20	0,20	7,59

2.1.13 Проектування технологічних наладок

При проектуванні розробляємо технологічні налагодження на технологічні переходи багатоцільової операції. Оформлення схем налагоджень на верстатах наступне. Заготовка, що обробляється, зображується у довільному масштабі. На заготовці вказуються розміри, що витримуються, з граничними відхиленнями та шорсткістю. Поверхні, що обробляються, прив'язуються до технологічних баз відповідними розмірами. На налагодженні вказуємо напрямок робочих рухів різальних інструментів і заготовки, різальний інструмент у кінці робочого ходу та спосіб кріплення інструменту на верстаті. На вільному полі креслення вказуємо: назву операції, найменування та модель верстата, пристосування, різальний інструмент та режими обробки.

2.2 Розрахунок і проектування верстатного пристосування

2.2.1 Аналіз вихідних даних

Розточування поверхні виконується на токарному верстаті з ЧПУ MAZAK MULTIPLEX 650. Як різальний інструмент застосовано токарний розточний різець, розмір державки 12×12, L = 45 мм, з кутом у плані $\phi = 45^\circ$, матеріал різальної частини - твердий сплав T5K10 (ГОСТ 18882-73).

Схема базування - подвійна напрямна та опорна, бази оброблені. Режими різання ($t = 1,5$ мм, $S = 0,4$ мм/об, $n = 500$ об/хв, $T_o = 1,7$ хв.) Розмір, який

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

необхідно отримати - поверхня Ø376-1, матеріал деталі, що обробляється - сталь 45Л. Маса деталі 70 кг, річна програма 500 шт. (рисунок 2.7).

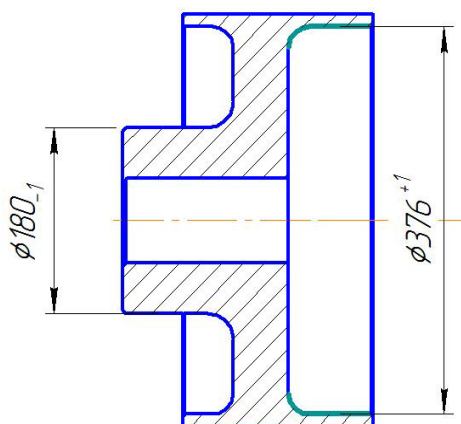


Рисунок 2.7 - Ескіз деталі для проектування пристосування

2.2.2 Вибір принципової схеми

Вибір принципової схеми включає оцінку можливості виконання програми та реалізацію схеми базування.

Задана виробнича програма може бути виконана із застосуванням одномісного пристосування в тому випадку, якщо витрати часу на даному етапі обробки не перевищують фонду часу на виготовлення однієї деталі, тобто штучний час у цьому випадку має бути меншим (або рівним) такту випуску деталей [11]:

$$T_{шт} \leq \frac{F_d \cdot n \cdot 60}{N} \quad (2.18)$$

де F_d - дійсний річний фонд часу при однозмінній роботі, годин;

n - кількість робочих змін;

N - виробнича програма, шт.

$T_{шт}$ - штучний час

$$8,31 \leq \frac{2020 \cdot 2 \cdot 60}{500},$$

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$8,31 \leq 484,4.$$

Таким чином, програма буде виконана з використанням одномісного пристосування.

Базування деталі може бути здійснено за схемою базування циліндричних деталей класу «втулка» (рисунок 2.8). У цьому випадку реалізується подвійна напрямна база, що позбавляє заготовку чотирьох ступенів свободи (R_z , R_y , S_y , S_z), та опорна, що позбавляє одного ступеня свободи (S_x). Як пристосування для закріплення заготовки при обробці на даному верстаті використовуватиметься 3-кулачковий патрон з пневмоприводом.

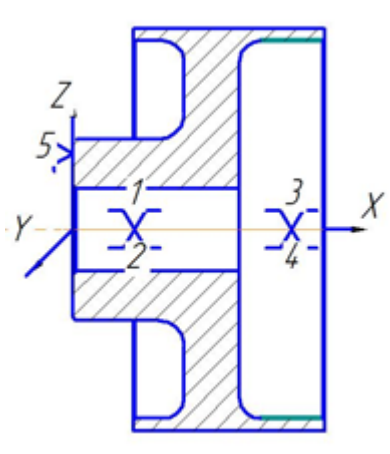


Рисунок 2.8 - Схема базування деталі напівмуфта

2.2.3 Силовий розрахунок верстатного пристосування

а) Технологічні навантаження. До таких відносяться сила різання та вага тіла. У даному випадку вага тіла враховується, оскільки вона становить 700 Н.

Сила різання при точінні складається з трьох складових: дотична, радіальна та осьова сили, які розраховуються за наступною формулою [11]:

$$P = 10C_p t^x S^y v^n K_p$$

Підставивши знайдені за довідником [11] значення складових формули 1.28, отримаємо значення сили різання:

$$P_z = 10 * 300 * 1.5^1 * 0.4^{0.75} * 84^{-0.15} * 1 = 1164.436 \text{ Н}$$

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_y = 10 * 243 * 1.5^{0.9} * 0.4^{0.6} * 84^{-0.3} * 1 = 534.614 \text{ Н}$$

$$P_x = 10 * 339 * 1.5^1 * 0.4^{0.5} * 84^{-0.4} * 1 = 546.524 \text{ Н}$$

б) Аналіз дії сил та визначення коефіцієнта запасу. Для компенсації можливих випадкових відхилень силових факторів від розрахованих значень у силовий розрахунок вводиться коефіцієнт запасу [11].

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.24)$$

де $K_0 = 1,5$ гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,1$ враховує стан базових поверхонь;

$K_2 = 1,1$ враховує знос інструменту;

$K_3 = 1$ враховує ударне навантаження на інструмент;

$K_4 = 1$ враховує стабільність сил, що розвиваються приводом;

$K_5 = 1$ враховує зручність управління затискними механізмами;

$K_6 = 1$ враховує визначеність розташування опорних точок при зміщенні заготовки моментом сил;

$$K = 1,5 * 1,1 * 1,1 * 1 * 1 * 1 * 1 = 1,8$$

в) Вибір найбільш несприятливої ситуації. Для аналізу та вибору необхідно вказати силові фактори та визначити, в якому випадку деталь втратить свою нерухомість (рисунок 2.9).

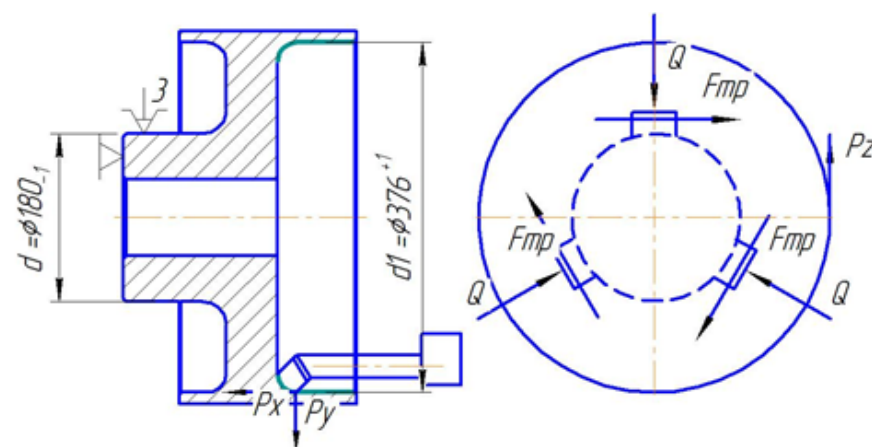


Рисунок 2.9 - Схема закріплення

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

У процесі обробки заданої поверхні з боку різального інструменту на деталь діятиме сила різання (колова сила $P_z = 1164,4 \text{ Н}$) і, відповідно, момент різання, що прагне повернути деталь навколо її осі. З метою забезпечення нерухомості деталі відносно патрона в процесі обробки необхідно визначити силу закріплення Q , яка розраховується за наступною формулою [11]:

$$Q = \frac{k \cdot P_z \cdot D_1}{n \cdot f \cdot D} + \frac{1}{3} \cdot G \cdot f \cdot D \quad (2.25)$$

де K - коефіцієнт запасу;

P_z - сила різання;

D - діаметр базової поверхні;

D_1 - діаметр поверхні, що обробляється;

n - кількість кулачків;

f - коефіцієнт тертя ($f = 0,25$);

G - вага деталі.

$$Q = \frac{1,8 \cdot 1164,4 \cdot 0,37}{3 \cdot 0,25 \cdot 0,18} + \frac{1}{3} \cdot 700 \cdot 0,25 \cdot 0,18 = 5754,87$$

г) Розрахунок затискного пристрою. Мета розрахунку затискного пристрою — визначення сили тяги, яку слід прикласти до затискного механізму, щоб створити відому силу закріплення.

Оскільки для закріплення деталі використовується 3-кулачковий патрон клинового типу, то сила тяги у цьому випадку визначається за формулою [11]:

$$W = k_1 \cdot n \left(1 + \frac{3 \cdot l_3}{l_4} f_1 \right) \cdot Q \cdot \tan(\beta + \phi) \quad (2.26)$$

де k_1 - коефіцієнт запасу патрона ($k_1 = 1,05$);

n - кількість кулачків;

Q - сила закріплення;

f_1 - коефіцієнт тертя ($f_1 = 0,1$);

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

β - кут клина;

ϕ - кут тертя на похилій поверхні клина;

l_3 - виліт кулачка в мм ($l_3 = 60$ мм);

l_4 - довжина напрямних кулачка в мм ($l_4 = 175$ мм).

Підставивши отримані значення, отримаємо величину сили тяги в Н:

$$W = 1,05 * 3 * \left(1 + \frac{3 * 60}{175} * 0,1\right) * 5754 * \tan\left(\frac{\pi}{15} + \frac{\pi}{25}\right) = 6961,044 \text{ Н}$$

Розрахунок силового приводу пристосування, який забезпечує необхідні закони зміни сили тяги та переміщення вихідної ланки приводу. Розрахунок силового приводу пристосування передбачає визначення структурних і конструктивних особливостей приводу та розрахунок параметрів виконавчого механізму приводу.

Для визначення величини переміщення притискного елемента та ходу приводу виходимо з умови забезпечення вільного встановлення заготовки з урахуванням можливих відхилень її розмірів. При цьому слід врахувати вплив величини сили закріплення та жорсткості затискного механізму і передбачити необхідний запас ходу, що компенсує знос його елементів і похибки виготовлення.

Величина ходу притискного елемента визначається за формулою [11]:

$$S_q = \Delta_{\text{гар}} + \Delta + \frac{Q}{I} + \Delta S_q \quad (2.27)$$

де $\Delta_{\text{гар}}$ - гарантований зазор для вільного встановлення заготовки;

Δ - відхилення розміру заготовки, мм;

Q - сила закріплення заготовки, Н;

I - жорсткість затискного механізму;

ΔS - запас ходу плунжера, що враховує знос і похибку виготовлення механізму, мм.

$$S_{(Q)} = 1 + 1 + \frac{5754,4}{1000} + 0,25 = 8 \text{ мм}$$

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підсумкове переміщення вхідної ланки затискного механізму є переміщенням вихідної ланки виконавчого механізму силового приводу. Величина ходу приводу визначається величиною переміщення притискного елемента та передавальним відношенням переміщення механізму.

$$S_q = 8.0 * \frac{1}{\tan\left(\frac{\pi}{15} + \frac{\pi}{25}\right)} = 22.973 \quad (2.28)$$

У даному випадку доцільно використовувати пневматичний привід. Як виконавчий механізм у приводі використовується циліндр. Діаметр поршня одноштокового циліндра двосторонньої дії визначається виразом [11]:

$$d_{\pi} = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (2.29)$$

де p - тиск робочого середовища ($p = 0,63$ МПа);

η - коефіцієнт корисної дії ($\eta = 0,85$);

W - сила тяги.

Підставивши отримані значення, отримаємо величину діаметра поршня в м:

$$d_{\pi} = \sqrt{\frac{4 * 6961}{3.14 * 10^6 * 0.63 * 0.85}} = 0.12868$$

Таким чином, сила затиску деталі у приводі верстата, що створюється за допомогою одноштокового пневмоциліндра двосторонньої дії за ГОСТ 21307-75 з діаметром поршня рівним 160 мм, діаметром штока 32 мм та довжиною робочого ходу $L = 25$ мм, є достатньою для забезпечення нерухомості деталі при обробці [11].

Технічні вимоги:

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Циліндри повинні працювати на стисненому повітрі при тиску до 0,63 МПа та температурі навколишнього середовища від +5 до +50°C зі швидкістю переміщення штока не більше 0,5 м/с.

2. Падіння тиску у відсіченому об'ємі, що викликається витоками при тиску 1 МПа, не повинно бути більше 0,05 МПа за 1 хв.

3. Радіальне биття циліндра по зовнішньому діаметру та дисбаланс при мінімальному вильоті штока не повинні перевищувати наступних значень (наведених нижче в таблиці).

4. Зусилля на штоку при тиску 0,63 МПа: штовхаюче - 11,6 кН, тягнуче - 11,2 кН.

2.2.4 Оцінка точності пристосування

При точінні поверхні із застосуванням пристосування для закріплення деталі повинна забезпечуватися задана точність розміру $\varnothing 376_{(-1)}$ мм. Пристосування, що проєктується, повинно забезпечувати необхідний рівень точності обробки, що відповідає виконанню наступної умови [11]:

$$\varepsilon \leq [\varepsilon] \quad (2.30)$$

де ε - дійсна величина похибки пристосування

$[\varepsilon]$ - допустима величина похибки пристрою

$$[\varepsilon] = T - k_y w \quad (2.31)$$

де T - допуск на виконуваний розмір, $T = 0,025$ мм;

w - середня економічна точність даного виду обробки;

k_y - коефіцієнт посилення, (0,6)

$$[\varepsilon] = T - k_y \cdot \omega = 1000 - 0,8 \cdot 500 = 600 \text{ мкм};$$

Дійсна похибка пристрою включає три складові:

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{II}^2} \quad (2.32)$$

де ε_6 - похибка базування, мкм

ε_3 - похибка закріплення, мкм

ε_{II} - похибка положення, мкм

Похибка базування $\varepsilon_6 = 0$, оскільки настановна та вимірювальна бази збігаються.

Похибка закріплення ε_3 не дорівнює 0, оскільки кут між лінією дії сили закріплення та напрямком розміру, що виконується, дорівнює 0° і розраховується за наступною формулою [11]:

$$\varepsilon_3 = y_{\max} - y_{\min} \quad (2.33)$$

де $y_{\max} = f(R_{z\max}, HB_{\min}, Q_{\max})$;

$y_{\min} = f(R_{z\min}, HB_{\max}, Q_{\min})$.

Визначивши складові $y_{\max}$ та $y_{\min}$ за емпіричними формулами, наведеними у довіднику, розраховуємо похибку закріплення. Встановлено, що $\varepsilon_3 = 100$ мкм

Похибка положення розраховується за наступною формулою [11]:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_y^2 + \varepsilon_c^2 + \varepsilon_{II}^2} \quad (2.34)$$

де ε_y - похибка, зумовлена неточністю виготовлення деталей пристосування;

ε_c - похибка, зумовлена неточністю встановлення пристосування на столі верстата;

ε_{II} - похибка, зумовлена лінійним зносом робочих поверхонь настановних елементів.

Оскільки при закріпленні деталі використовується одномісне пристосування, можна вважати, що $\varepsilon_y = \varepsilon_c = 0$.

Похибка, зумовлена лінійним зносом робочих поверхонь настановних елементів, визначається за наступною формулою [11]:

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_{\text{и}} = \beta * \sqrt{N} \quad (2.35)$$

де β - емпіричний коефіцієнт, що визначає вплив умов обробки на величину зносу ($\beta = 0,2$);

N - річна програма.

$$\varepsilon_{\text{и}} = 0.2 * \sqrt{500} = 4.472$$

Визначивши за представленою формулою (2.35) похибку, зумовлену лінійним зносом робочих поверхонь настановних елементів, похибка положення буде дорівнювати: $\varepsilon_{\text{п}} = 4,5$ мкм.

Підставивши знайдені складові дійсної похибки, розраховуємо її величину похибки пристосування:

$$\varepsilon = \sqrt{0^2 + 100^2 + 4.5^2} = 100.101 \text{ мкм}$$

$$100 < 600$$

Оскільки отримана дійсна похибка менша за допустиму, то пристосування, що проєктується, забезпечуватиме необхідну точність.

2.2.5 Техніко-економічне обґрунтування доцільності використання пристосування

Доцільність використання пристосування, що проєктується, оцінюється по відношенню до варіанта аналогічного пристосування, що використовувалося раніше для тих самих цілей, або іншого конкуруючого варіанта пристосування. Якщо прийняти, що витрати на різальний інструмент, амортизацію верстата та електроенергію однакові, то елементи собівартості обробки, що залежать від конструкції пристосування, для варіантів, що порівнюються, визначаються за формулою [11]:

$$C = L * \left(1 + \frac{Z}{100}\right) + \frac{S}{N} * \left(\frac{1}{i} + \frac{q}{100}\right) \quad (2.36)$$

де L - штучна заробітна плата при використанні пристосування в грн.;

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Z - відсоток цехових накладних витрат на заробітну плату ($Z = 200\%$);

S - собівартість виготовлення даного пристосування в грн.;

N - річна програма випуску деталей ($N = 500$ шт.);

i - термін амортизації пристосування ($i = 2$);

q - відсоток витрат, пов'язаних із застосуванням пристосування ($q = 20\%$).

Штучна заробітна плата при використанні даного варіанта пристосування розраховується за наступною формулою:

$$L = T_{\text{шт}} * l \quad (2.37)$$

де $T_{\text{шт}}$ - штучний час на дану операцію;

l - заробітна плата робітника даної кваліфікації.

Собівартість виготовлення даного пристосування визначається за формулою:

$$S = C * K \quad (2.38)$$

де C - стала, що залежить від складності пристосування;

K - кількість деталей у пристосуванні.

Визначивши всі складові собівартостей, розраховуємо загальну величину:

$$C_1 = 2.07 * \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{6000}{500} \left(\frac{1}{5} + \frac{20}{100}\right) = 11.01$$

$$C_2 = 2.07 * \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{8500}{500} \left(\frac{1}{5} + \frac{20}{100}\right) = 13.01$$

$$C_1 < C_2$$

$$11,01 < 13,01$$

Оскільки собівартість розглядаємого пристосування менша за собівартість пристосування-аналога, то застосування даного пристосування є доцільним.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

2.3 Розробка даних для проектування ділянки цеху

2.3.1 Аналіз вихідних даних для проектування ділянки цеху

Початковими даними для проектування дільниці є:

1. Виробнича програма випуску деталі на дільниці, $N = 500$ шт.;
2. Тип виробництва - дрібносерійний;
3. Верстатомісткість дільниці становить 115000 верстато-годин на рік;
4. Режим роботи - приймаємо 2-змінний режим роботи;
5. Фонд часу роботи обладнання за техпроцесом - $\Phi_d = 4015$ вст.год.;
6. Фонд часу роботи робітників - приймаємо 1820 год.
7. Технологічний процес виготовлення деталі
8. Трудомісткість виготовлення деталі $T_{шт} = 40,5$.

На основі даних визначимо трудомісткість, яка припадає для виготовлення річної програми деталі, що розглядається в роботі [3]:

$$T_{дет} = \sum N_{дет} \cdot T_{шт}^{дет} \quad (2,39)$$

де N - виробнича програма випуску деталей на дільниці, шт.;

$T_{шт.}$ - штучно-калькуляційний час деталі.

$$T_{дет} = 500 \times 0,68 = 337,50 \text{ н.год.}$$

Верстатомісткість $T_{ст}$ у верстато-годинах визначається за формулою [3]:

$$T_{ст\,дет.} = T_{дет} \cdot K_{м.о.} \quad (2,40)$$

де $K_{м.о.}$ - середній коефіцієнт багатостанкового обслуговування за типом виробництва ($K_{м.о} = 1,1$).

$$T_{вст.дет.} = 337,5 \cdot 1,1 = 371,3 \text{ вст.год.}$$

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.2 Розрахунок кількості виробничого обладнання ділянки

Загальна кількість верстатів ділянки розраховується за формулою:

$$C_{p.общ.} = \frac{T}{\Phi_d \cdot K_{зсп}}, \quad (2.30)$$

де T - верстатомісткість річного випуску в станко-годинах всіх виробів, які становлять виробничу програму ділянки;

$K_{зсп}$ - середній коефіцієнт завантаження по ділянці, для дрібносерійного виробництва приймаємо 0,85;

Φ_d - фонд часу роботи обладнання.

$$C_{p.общ.} = \frac{115000}{4015 \cdot 0,85} = 33,7 \text{ шт.}$$

Приймаємо загальну кількість верстатів рівну 34шт.

Кількість верстатів, що задіяна у виробництві деталі, яка розглядається в роботі, визначимо за формулою [3]:

$$C_{пр.ТП} = \frac{T_{дет}}{\Phi_d \cdot K_{зсп}}, \text{ шт.} \quad (2.31)$$

де $T_{дет}$ - верстатомісткість річного випуску у верстато-годинах деталей за кожним типорозміром, що розглядаються в роботі;

$$C_{токаp} = \frac{76,2}{3890 \cdot 0,85} = 0,02 \text{ шт.}$$

$$C_{pаст} = \frac{89,5}{3890 \cdot 0,85} = 0,03 \text{ шт.}$$

$$C_{долб} = \frac{75,4}{4015 \cdot 0,85} = 0,02 \text{ шт.}$$

$$C_{токаp-каp} = \frac{58}{4015 \cdot 0,85} = 0,02 \text{ шт.}$$

Таким чином, за розробленим техпроцесом прийняте обладнання:

- токарний MAZAK MULTIPLEX 650 - 1 шт.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вертикальний обробний центр Doosan DNM 500 - 1 шт.
- довбальний 7402 - 1 шт.,
- шліфувальний 3Б153 - 1 шт.

Склад і кількість верстатів дільниці приймаємо згідно з їх розстановкою за групами та у відсотковому відношенні, прийнятому на базовому підприємстві.

Для виконання виробничої програми дільниці необхідно – 34 верстати.

Моделі з цього числа призначимо укрупненим методом. Коефіцієнт завантаження за типами верстатів визначається за формулою [3]:

$$K_z = \frac{C_{\text{р.за_типом_верстата}}}{C_{\text{пр.}}} \quad (2,32)$$

Прийняті основні види виробничого обладнання і коефіцієнти завантаження представлено у табличному вигляді у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Прийняті види обладнання

Тип обладнання	Відсоткове співвідношення, %	C _р	C _{пр}	K _з
Універсальні токарні	25%	8,5	9	0,94
Токарні з ЧПК	10%	3,4	3	1,13
Токарно - револьверні	17 %	5,8	6	0,96
Фрезерні	13%	4,4	4	1,11
Фрезерні з ЧПКУ	2%	0,7	1	0,68
Розточні	5%	1,7	2	0,85
Свердлильні	13 %	4,4	4	1,11
Свердлильні з ЧПК	2%	0,7	1	0,68
Шлифувальні	10%	3,4	3	1,13
Різьбонарізні	1 %	0,3	1	0,34
Зубообробні	2%	0,7	1	0,68
Всього	100%.	34	35	0,87

Зведена відомість обладнання механічної дільниці представлена у додатку роботи.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.3 Розрахунок кількості робочих ділянки цеху

Всі працівники дільниці цеху поділяються на такі категорії:

1. Виробничі робітники, зайняті виготовленням виробів, які становлять виробничу програму.
2. Допоміжні робітники, які безпосередньо не беруть участь у виготовленні продукції, але які забезпечують нормальну роботу виробничих робітників.
3. Службовці - інженерно-технічні працівники (ІТП).
4. Лічильно-контрський персонал (СКП), до якого відносяться бухгалтери, рахівники, діловоди, табельщики, обліковці та ін.
5. Молодший обслуговуючий персонал (МОП) до якого відносяться прибиральники, гардеробники, кур'єри.

Кількість виробничих робітників (верстатників) ділянки за професіями визначається за формулою [3]:

$$P = \frac{\Phi_D \cdot C_{\text{ЦЕХА}}^{\text{ОБ.}} \cdot K_{\text{З.СР.}} \cdot K_P}{\Phi_P \cdot K_M}, \quad (2.31)$$

де K_M - коефіцієнт багатOVERCLOCKINGного обслуговування за типом обладнання, для універсальних верстатів $K_M = 1$, напівавтомати, автомати та верстати з ЧПУ $K_M = 2...3$, зубооброблювальні верстати $K_M = 4...5$;

$C_{\text{пр}}$ - прийнята кількість верстатів даного типу;

K_P - коефіцієнт, що враховує складність ручних робіт;

Φ_P - дійсний річний фонд часу роботи робітника ($\Phi_P = 1820$ год);

Φ_D - дійсний річний фонд часу роботи верстатів даного виду.

Кількість виробничих робітників (слюсарів) приймається у відсотковому співвідношенні – 5% від кількості верстатників. Кількість допоміжних робітників становить 20% від основної кількості виробничих робітників. Чисельність ІТП становить 7% від кількості всіх робітників дільниці цеху. Оскільки в технологічних процесах використовуються верстати з ЧПУ, то

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кількість ІТП для їх обслуговування приймається з розрахунку 25% від загальної кількості верстатів з ЧПУ, які входять до складу всіх ІТП.

$$P_{\text{ітп}} = 0,25 * C_{\text{чпк}} = 0,25 * 5 = 1,25$$

$$P_{\text{пр ітп}} = 1 \text{ чел.}$$

Кількість контролерів БТК приймаємо 10% від кількості ІТП, які входять до числа додаткових робітників.

$$P_{\text{кон}} = 0,1 * 6 = 0,6 \quad P_{\text{пр}} = 1 \text{ чол.}$$

Чисельність СКП становить 5% від загальної кількості робітників дільниці.

Чисельність МОП становить 3% від загальної кількості робітників дільниці [14]. Усі отримані дані зводимо в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Зведена відомість робітників ділянки

Вид професії	Кількість прийнятого обладнання	Дійсний річний фонд обладнання, вст.ч	Коефіцієнт багатостатності обслуговування, К _м	Розрахункова кількість працівників Р _{рас} , шт.	Прийнята кількість робітників, Р _{пр} , шт.	В 1-у зміну	В 2-у зміну
Токар універсал	9	4060	1,00	18,96	19	13	6
Наладчик токарних з ЧПК	3	3890	3,00	2,42	2	1	1
Револьверщик	6	4015	2,00	6,38	6	4	2
Фрезерувальник	4	4015	1,00	9,75	10	7	3
Наладчик фрезерних з ЧПК	1	3890	2,00	0,73	1	1	0
Розточник	2	4015	1,00	3,75	4	3	1
Свердлувальник	4	4015	1,00	9,75	10	7	3
Наладчик свердлильних з ЧПК	1	3890	2,00	0,73	1	1	0
Шліфувальник	3	4015	1,00	7,50	8	6	2
Нарізчик різьби	1	4015	1,50	0,50	1	1	0
Зубофрезерувальник	1	4015	4,00	0,38	1	1	0
Всього				60,84	63	44	19
Слюсарі				3,15	3	2	1
Загальна кількість робітників					66	46	20

Продовження таблиці 2.10

Вид професії	Кількість прийнятого обладнання	Дійсний річний фонд часу обладнання, $F_{дв}$	Коефіцієнт багатостатності	Розрахункова кількість працівників $R_{рас}$	Прийнята кількість робітників $R_{пр}$	В 1-у зміну	В 2-у зміну
Кількість допоміжного перс.				13,2	13	9	4
Загальна кількість основних та допоміжних робітників					79	55	24
ІТП				5,53	6	4	2
СКП				3,95	4	3	1
МОП				2,37	2	1	1
Загальна кількість робітників ділянки					91	64	27

2.3.4 Розрахунок виробничої площі ділянки цеху

Площа ділянки цеху за своїм призначенням є виробничою площею цеху. При визначенні виробничої площі ділянки цеху використовуємо укрупнений метод. Виробнича площа ділянки дорівнює:

$$S_{пр.дільн} = C_{пр.общ} * s \quad (2,32)$$

де s – питома виробнича площа на один верстат, m^2 .

Величина s становить – 12 m^2 як для малих верстатів.

$$S_{пр.уч} = 35 * 30 = 1050 m^2$$

Площа з урахуванням проходів і прольотів становить 1188 m^2 . Приймаємо для компоновки цеху сітку колон. Ширину проходів приймаємо рівною 2,5 м. Крок зовнішніх рядів колон приймаємо – 6 м, крок внутрішніх колон приймаємо рівним 18 м. Довжина ділянки при ширині 18 м та наявності

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

проходу шириною 2,5 м становить 66 м, що складає 11 кроків колон по стіні цеху. У будівлі повинен бути виконаний температурний шов через кожні 72 м довжини.

2.3.5 Розрахунок технологічної собівартості продукції

Технологічна собівартість визначається по формулі [3]:

$$C = M + Z + Z_n + Q_a + Q_p + \Pi + U_p + U_M + \Xi_{об} + A_{пл} + M_{всп}, \quad (2.33)$$

де M - вартість заготовки з урахуванням реалізованих відходів;

Z - заробітна плата виробничих робітників з урахуванням витрат по соціальному страхуванню і на додаткову заробітну плату;

Z_n - заробітна плата наладчика в серійному виробництві;

Q_a - витрати на амортизацію обладнання;

Q_p - витрати на ремонт устаткування;

Π - витрати на експлуатацію та амортизацію спец. пристосувань;

U_p - витрати на амортизацію і ремонт ріжучого інструменту;

U_M - витрати на експлуатацію і амортизацію вимірювального інструменту;

Ξ - витрати на силову електроенергію, повітря і технічну воду;

$A_{пл}$ - витрати на утримання виробничих приміщень;

$M_{всп}$ - витрати на допоміжні матеріали.

Витрати на основні матеріали. Витрати на основні матеріали розраховуються за формулою:

$$M = Q_3 S_k K_T - q S_{отх}, \text{ грн.}, \quad (2.34)$$

де S_k - оптова ціна за 1 кг заготовки за прейскурантом, грн;

K_T - коефіцієнт, який враховує транспортно-заготівельні витрати;

q - маса відходів, які реалізуються, кг;

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$S_{отх}$ - ціна за 1кг відходів, грн.

Витрати на оплату праці. Основна заробітна плата включає витрати на оплату праці виробничого персоналу, який безпосередньо задіяний у процесі виготовлення продукції. Її величина визначається на підставі встановлених норм часу на виконання окремих технологічних операцій та діючих тарифних ставок відповідних розрядів робіт.

Розрахунок основної заробітної плати верстатника-оператора здійснюється за наступною методикою [3]:

$$З_0 = O_0 \cdot T_{шк}, \text{ грн}, \quad (2.35)$$

де O_0 - основна заробітна плата верстатника за 1 хв., грн.

$T_{шк}$ - трудомісткість виготовлення, хв.

Розрахунок основної заробітної плати зведено у таблицях 2.11 та таблиці 2.12

Таблиця 2.11 - Розрахунок основної зарплати для 2-го варіанту

№ оп.	Найменування операції	$T_{шт.-к},$ хв	$T_{шт.-}$ к., Г	Розряд	Тариф, грн./Г	Розцінка, грн.
005	Заготівельна	-	-	-	-	-
010	Токарна	8,31	0,1	4	15,0	2,1
015	Розміточна	0,27	0,0	3	13,8	0,1
020	Довбальна	8,23	0,1	3	13,8	1,9
025	Розточна з ПК	9,76	0,2	3	13,8	2,2
030	Термообробка	-	-	-	-	-
035	Шліфувальна	6,33	0,1	4	15,0	1,6
040	Консервація	7,59	0,1	3	13,8	1,7
	Загальна	40,5	0,7			9,6

Таблиця 2.12 - Розрахунок основної зарплати для 1-го варіанту

№ оп.	Найменування операції	T _{шт.-к, хв}	T _{шт.- к., Г}	Розряд	Тариф,грн./г	Розцінка,грн.
005	Заготівельна	-	-	-	-	-
010	Токарна	4,4	0,073	4	15	1,1
015	Токарна	4,4	0,073	4	15	1,1
020	Токарна	4,4	0,073	4	15	1,1
025	Токарна	4,4	0,073	4	15	1,1
030	Розміточна	0,27	0,005	3	13,8	0,06
035	Довбальна	8,23	0,137	3	13,8	1,89
040	Розточна з ПК	19,25	0,321	3	13,8	4,43
045	Термообробка	-	-	-	-	-
050	Шліфувальна	6,33	0,106	4	15	1,58
055	Консервація	7,59	0,127	3	13,8	1,75
	Загальна	58,28	0,971			13,86

До додаткової заробітної плати виробничих робітників відносяться виплати, передбачені договорами та контрактами, які становлять 8%–12% від основної заробітної плати.

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{ос}} * 0,1 \quad (2.36)$$

Відрахування від заробітної плати виробничих робітників визначаємо відповідно до встановленої норми 38,75% до витрат на заробітну плату виробничих робітників (основну та додаткову). Вони включають відрахування до пенсійного фонду, на соціальне страхування, на соціальне страхування від нещасного випадку та до фонду зайнятості.

$$Н_3 = (З_{\text{ос}} + З_{\text{доп}}) * 0,3875 \quad (2.37)$$

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основна заробітна плата наладчика з розрахунку обслуговування 4 верстатів:

$$З_{\text{н}} = 0,25 * O_{\text{н}} * T_{\text{шк}}, \text{ грн} \quad (2.38)$$

де $O_{\text{н}}$ – основна заробітна плата наладчика за 1 хв.

Розрахунок загальної заробітної плати зведено в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 - Розрахунок заробітної плати

Показник	1-ий варіант, грн.	2-ий варіант, грн.
Основна зарплатня	13,86	9,60
Додаткова зарплатня	1,39	0,96
Обов'язкові відрахування	5,91	4,09
Зарплата з відрахуваннями (З)	21,15	14,65
Зарплатня наладчика ($З_{\text{н}}$)	3,35	2,33

Витрати на амортизацію обладнання:

$$Q_a = \frac{Q_{\text{ст}}}{60 F_{\text{д}} \eta_3} T_{\text{шт-к}}, \quad (2.36)$$

де $Q_{\text{ст}}$ - річні амортизаційні відрахування, грн.;

$F_{\text{д}}$ - річний фонд роботи обладнання;

η_3 - коефіцієнт завантаження обладнання у часі.

$$Q_{\text{ст}} = K_{\text{об}} / n \quad (2.37)$$

де n - норма амортизації основних засобів

$K_{\text{об}}$ - вартість обладнання з урахуванням налагоджувальних робіт

$$K_{\text{об}} = 1,32 * C_{\text{об}} \quad (2.38)$$

де $C_{\text{об}}$ - вартість обладнання)

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на ремонт і експлуатацію устаткування визначаються з розрахунку 10 % від вартості обладнання.

Витрати на експлуатацію та амортизацію ріжучих інструментів при повному використанні визначають за формулою:

$$\Pi = \frac{(a_1 + a_2) \cdot S_{\text{пр}}}{100 \cdot N_{\text{год}}} \quad (2.39)$$

де a_1 – річні відрахування на амортизацію пристосування ($a_1=25\%$);

a_2 – витрати на ремонт ($a_2=10\%$);

$S_{\text{пр}}$ – вартість пристосування;

$N_{\text{год}}$ – кількість деталей, що обробляються на рік.

Витрати на електроенергію розраховуються за формулою:

$$\mathcal{E} = N_{\mathcal{E}} \cdot K_n \cdot \eta_N \cdot \eta_{to} \cdot t_n (1/\eta_{\partial\partial}) \cdot C_{\mathcal{E}} \quad (2.38)$$

де $N_{\mathcal{E}}$ - потужність встановлених електродвигунів, кВт;

K_n - коефіцієнт втрат в мережі ($K_n \sim 1.1$);

η_N - коефіцієнт завантаження силової установки по потужності (0,5);

η_{to} - коефіцієнт використання силової установки по часу ($\eta_{to} \approx 0,7$);

t_n - норма часу, що витрачається на виконання даної операції, год;

$\eta_{\partial\partial}$ - к. п. д. електродвигунів ($\eta_{\partial\partial} \approx 0,88$);

$C_{\mathcal{E}}$ - собівартість 1 кВт-год електроенергії, грн;

У даній роботі при розрахунках собівартості варіантів технологічних процесів витрати на амортизацію та ремонт різального інструменту, на утримання виробничих приміщень, на допоміжні матеріали змінюються незначно, тому при розрахунках ці показники можна не враховувати.

На підставі розрахунків складаємо таблицю 2.14 собівартості продукції, в якій представляємо розрахунок собівартості одиниці продукції.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.14 - Собівартість одиниці продукції

№	Стаття калькуляції	I-ий	II-ий
1	Вартість заготовки з урахуванням реалізованих відходів	6932,5	6217,5
2	Заробітна плата виробничих працівників з врахуванням відрахувань	21,2	14,7
3	Заробітна плата наладчика	3,4	2,3
4	Витрати на амортизацію обладнання	37,2	62,7
5	Витрати на ремонт обладнання	18,6	31,3
6	Витрати на експлуатацію та амортизацію спец. Пристосувань	1,1	3,2
7	Витрати на амортизацію й ремонт ріжучого інструменту	0,0	0,0
8	Витрати на експлуатацію й амортизацію вимірюючого інструменту	0,0	0,0
9	Витрати на силову електроенергію	3,7	3,5
10	Витрати на допоміжні матеріали	0,0	0,0
11	Загальна собівартість деталі	7017,1	6335,2

Порівнявши техніко-економічні показники цих двох методів виготовлення деталі можна зробити висновок, що впровадження прогресивних технологій виготовлення деталі «напівмуфта» скоротить час виготовлення деталі на 30%, що знизить собівартість виготовлення продукції на 10%; дозволить скоротити чисельність обладнання та працівників при проектуванні нової механічної дільниці. Все це дозволить отримати річну економію та полегшить подальше розширення номенклатури виробництва.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

У даній роботі виконані дослідження присвячені Розробці технологічного процесу виготовлення напівмуфти гідропідсилювача в дрібносерійному виробництві, тому в даному розділі проаналізовані умови праці та пожежної безпеки на механообробній ділянці. Розглянуто питання техніки безпеки, що діють на даній ділянці.

Розглянуті питання впливу виробництва на навколишнє середовище та методи його захисту.

3.1 Загальна характеристика умов праці

Об'єктом аналізу умов праці є механічна дільниця механообробного цеху машинобудівного підприємства, на якій здійснюється виготовлення деталі типу «півмуфта». Дільниця розташована у виробничому корпусі підприємства на першому поверсі одноповерхової будівлі промислового призначення. У приміщенні розміщено декілька робочих місць операторів металорізальних верстатів. Основним обладнанням дільниці є токарні верстати, вертикальний обробний центр з числовим програмним керуванням, розточувальні, довбальні та шліфувальні верстати. Також на дільниці використовується допоміжне обладнання: інструментальні шафи, верстаки, пристрої для закріплення заготовок, транспортні візки для переміщення деталей, контрольно-вимірювальний інструмент. Виробниче приміщення має площу близько 1050 м² і висоту 4,5 м, що забезпечує достатній об'єм повітря для нормальної організації праці. Робочі місця організовані таким чином, щоб забезпечити вільний доступ до обладнання, безпечне переміщення працівників та можливість обслуговування верстатів.

					6.131.211212.ПЗ		
Змн.	Арж.	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА		
Розроб.		Кіричук М.В.					
Перев.		Романько Я.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Карабут В.М.					
Затв.		Негроб С.Л.					
					Лит.	Арж.	Аркуші
					Б	Т	11
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр.ІМ901-21		

Відповідно до вимог ДСП 173-96 [13] машинобудівне виробництво належить до підприємств із помірним рівнем шкідливості та відповідає IV класу небезпеки. Для таких підприємств встановлюється санітарно-захисна зона орієнтовно 100 м від житлової забудови, що забезпечує зменшення впливу виробничих факторів на населення.

Система опалення виробничого приміщення – централізована водяна, що відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013 [14]. Для підтримання необхідного мікроклімату також передбачена система вентиляції, яка забезпечує видалення забрудненого повітря та подачу свіжого. У теплий та холодний період року для підтримання оптимальної температури використовується припливно-витяжна вентиляція з можливістю підігріву надходячого повітря.

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [15] роботи, що виконуються на дільниці механічної обробки, належать до категорії робіт середньої важкості (категорія Пб), оскільки працівники виконують операції керування верстатами, контролю параметрів обробки та періодичного переміщення заготовок і деталей. Для цієї категорії робіт встановлюються нормативні параметри мікроклімату, наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середня (П б)	17 - 19	60 - 40	0,2
Теплий		20 - 22	60 - 40	0,3

Основними джерелами теплового випромінювання у виробничому приміщенні є електродвигуни металорізальних верстатів, системи охолодження та освітлювальні прилади. Інтенсивність теплового опромінювання для розробленого технологічного процесу, в межах робочої зони, відповідає

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

джерелами якої є обертові частини обладнання, шпинделі верстатів та процес різання металу. Вібрація може передаватися на робочі місця через конструкції обладнання або через підлогу. Тривалий вплив вібрації може призводити до порушень функціонування опорно-рухового апарату та нервової системи людини. Діючий ДСН 3.3.6.039-99 [17] встановлює граничні допустимі рівні локальної вібрації. (таблиця 3.3).

Таблиця 3.3 - Гранично допустимі рівні локальної вібрації

Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц	Допустимі значення по осях X_L , Y_L , Z_L			
	Віброшвидкість		Віброприскорення	
	м/с·10 ⁻²	дБ	м/с ²	дБ
8	2,8	115	1,4	73
16	1,4	109	1,4	73
31,5	1,4	109	2,7	79
63	1,4	109	5,4	85
125	1,4	109	10,7	91
250	1,4	109	21,3	97
500	1,4	109	42,5	103
Корегований, еквівалентний коректований рівень	2,0	112	2,0	76

Освітлення виробничого приміщення є комбінованим і включає природне та штучне освітлення. Природне освітлення забезпечується через віконні прорізи у зовнішніх стінах будівлі, а штучне – за допомогою люмінесцентних або світлодіодних світильників загального освітлення. Нормативні значення освітленості робочих поверхонь встановлюються відповідно до вимог ДБН В.2.5-28:2018 [18] і повинні забезпечувати безпечне виконання робіт та достатню видимість під час контролю розмірів і якості оброблених поверхонь. Дані роботи відносяться до IV-го розряду зорової роботи з мінімальною величиною нормованої освітленості 200 лк.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

У процесі роботи на металорізальних верстатах існує ряд потенційно небезпечних виробничих факторів. До них належать рухомі та обертові частини машин і механізмів, різальний інструмент, транспортні пристрої, а також можливість утворення гострих кромek та задирок на поверхні заготовок. Це створює ризик отримання механічних травм, таких як порізи, удари або затягування частин одягу у рухомі механізми. Додаткову небезпеку становлять гарячі поверхні обладнання, іскри та нагріті металеві частинки, що можуть утворюватися під час різання або шліфування металу.

Умови праці також можуть супроводжуватися певними психофізіологічними навантаженнями. Робота оператора металорізального верстата потребує постійного контролю за ходом технологічного процесу, спостереження за показниками обладнання та контролю якості оброблених поверхонь. Це створює інтелектуальні та сенсорні навантаження, пов'язані з необхідністю тривалого зосередження уваги, контролю параметрів роботи верстата та використання вимірювального інструменту.

Крім того, певну роль відіграє монотонність виконуваних операцій, оскільки обробка деталей часто має повторюваний характер. Для зменшення впливу монотонності важливим є правильна організація режиму праці та відпочинку, а також раціональне розміщення обладнання і засобів контролю на робочому місці.

3.2 Техніка безпеки та пожежна профілактика

На виробничій ділянці механообробного цеху, де виконується механічна обробка деталей на токарних і фрезерних верстатах, у тому числі на верстатах з числовим програмним керуванням, важливе значення має дотримання вимог техніки безпеки та пожежної профілактики. Безпечні умови праці забезпечуються проведенням інструктажів з охорони праці, правильним використанням електрообладнання, дотриманням правил експлуатації устаткування та застосуванням засобів пожежогасіння.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до вимог НПАОП 0.00-4.12-05 [19] на підприємстві проводяться такі види інструктажів з охорони праці:

Вступний інструктаж;

Первинний інструктаж на робочому місці;

Повторний інструктаж;

Позаплановий інструктаж;

Цільовий інструктаж.

Вступний інструктаж проводиться з усіма працівниками, які приймаються на роботу, а також зі студентами, що проходять виробничу практику. Його проводить спеціаліст служби охорони праці або особа, призначена наказом по підприємству. Під час інструктажу працівників ознайомлюють із загальними положеннями законодавства з охорони праці, правилами поведінки на території підприємства, основними небезпечними та шкідливими виробничими чинниками, правилами користування засобами індивідуального захисту, а також діями у разі аварій чи пожеж.

Первинний інструктаж на робочому місці проводиться безпосередньо керівником робіт (майстром або начальником дільниці) перед початком самостійної роботи працівника. Під час інструктажу працівника ознайомлюють з конструкцією та правилами експлуатації обладнання, безпечними прийомами роботи, вимогами безпеки під час використання інструменту, а також із порядком дій у разі виникнення небезпечних ситуацій. Факт проведення інструктажу фіксується у журналі реєстрації інструктажів з охорони праці.

Електропостачання механообробної дільниці здійснюється від трифазної мережі змінного струму напругою 380/220 В частотою 50 Гц, що відповідає вимогам Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) [20]. Основними електроспоживачами є металорізальні верстати, електродвигуни приводу подачі та шпинделя, насоси системи охолодження, освітлювальні установки та допоміжне обладнання.

Обладнання, що використовується на дільниці, належить до електроустановок напругою до 1000 В.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробниче приміщення механообробного цеху відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом, оскільки тут можливе підвищення вологості, наявність металевих конструкцій, струмопровідного пилю та контакт працівника з заземленими частинами обладнання. Для таких приміщень умовно безпечною вважається напруга до 42 В.

Основними причинами електротравм можуть бути:

1. Пошкодження ізоляції струмопровідних частин;
2. Дотик до неізольованих елементів електрообладнання;
3. Несправність заземлення;
4. Порушення правил експлуатації електроустановок.

Електротравми можуть проявлятися у вигляді електричного удару, електричних опіків, електричних знаків на шкірі та металізації шкіри. Для запобігання таким випадкам застосовуються захисне заземлення, занулення, автоматичні вимикачі, а також періодичний контроль технічного стану електрообладнання. Опір заземлювальних пристроїв для електроустановок до 1000 В, як правило, не повинен перевищувати 4 Ом.

На механообробній дільниці повинні дотримуватися такі вимоги техніки безпеки:

1. Робота на верстатах дозволяється тільки після проходження інструктажу та перевірки знань з охорони праці;
2. Перед початком роботи необхідно перевірити справність верстата, огорожень, системи мастила та охолодження;
3. Забороняється працювати на обладнанні зі знятими або несправними захисними кожухами;
4. Під час роботи необхідно використовувати засоби індивідуального захисту (захисні окуляри, спецодяг, спецвзуття);
5. Забороняється видаляти стружку руками – для цього використовують спеціальні гачки або щітки;

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. При налагодженні або ремонті обладнання верстат повинен бути відключений від електромережі;
7. Проходи між верстатами повинні бути вільними від сторонніх предметів.

Під час використання мастильно-охолоджувальних рідин необхідно дотримуватися правил їх безпечного зберігання та застосування, уникати контакту рідин зі шкірою та використовувати спеціальні ємності для збору відпрацьованих матеріалів.

Виробничий процес на механообробній дільниці за вибуховою, вибухопожежною та пожежною небезпекою відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [21] відноситься до категорії Г, оскільки обробці піддаються переважно негорючі матеріали (метали та сплави) у холодному стані, а горючі речовини використовуються лише у вигляді мастильно-охолоджувальних матеріалів.

Будівля механообробного цеху виконана з негорючих матеріалів (залізобетон, металеві конструкції, цегла) і відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 [22] має ступінь вогнестійкості Г1 за вітчизняною класифікацією..

Можливі причини виникнення пожеж на дільниці:

1. Коротке замикання або перевантаження електрообладнання (клас пожежі Е);
2. Займання промасленого ганчір'я або пакувальних матеріалів (клас пожежі А);
3. Іскроутворення під час обробки металів (клас пожежі А) ;
4. Порухення правил експлуатації електроустановок (клас пожежі Е).

Для ліквідації можливих пожеж на дільниці передбачені первинні засоби пожежогасіння. Відповідно до НАПБ А.01.001-2014 [23] та НАПБ Б.01.008-2018 [24] (таблиця 3.4) застосовуються:

1. порошкові вогнегасники (ВП);
2. вуглекислотні вогнегасники (ВВК) для гасіння електрообладнання.

Крім того, у приміщенні цеху встановлені пожежні крани з рукавами, які підключені до внутрішнього пожежного водопроводу. Зовні будівлі розміщені

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

пожежні гідранти, що забезпечують подачу води для гасіння пожежі. Для евакуації людей передбачені евакуаційні виходи, а для доступу пожежних підрозділів на покрівлю будівлі встановлені зовнішні пожежні драбини.

Таблиця 3.4 - Норми вогнегасників для цеху

Гранична захищена площа, м ²	Клас можливої пожежі	Мінімальна кількість порошкових вогнегасників									
		Переносний вогнегасник із зарядом вогнегасного речовини, кг					Переносний вогнегасник із зарядом вогнегасного речовини, кг				
		5	6	8	9	12	20	50	100	150	
більше 500 до 1000 включно	А, Е	6	6	4	4	3	2	1	-	-	
до 50 включно		2	2	1	1	1	-	-	-	-	

3.3 Захист навколишнього середовища

Відповідно до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» під час проєктування та експлуатації виробничих об'єктів необхідно враховувати можливі джерела забруднення довкілля та впроваджувати заходи щодо їх мінімізації [25].

У межах технологічного процесу виготовлення деталі передбачені операції токарної обробки, свердління отворів та нарізання різьби на металорізальних верстатах. У процесі виконання цих операцій утворюються різні види виробничих відходів, які можуть негативно впливати на атмосферне повітря, водні ресурси та ґрунти. Основними видами відходів механообробного виробництва є:

1. Металева стружка;
2. Аерозолі мастильно-охолоджувальних рідин;

					6.131.211212.ПЗ						Арк.
											9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

3. Відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини;
4. Промаслене ганчір'я та фільтрувальні матеріали;
5. Дрібнодисперсний металевий пил.

Під час токарної обробки та свердління отворів у зоні різання утворюється металева стружка та дрібнодисперсний пил, які можуть потрапляти у повітря робочої зони. Додатковим джерелом забруднення атмосферного повітря є аерозолі мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), що утворюються внаслідок їх розпилення у зоні різання. До складу таких аерозолів можуть входити мінеральні масла, емульгатори та поверхнево-активні речовини, які при потраплянні в атмосферу можуть негативно впливати на стан повітря та здоров'я людини [26].

Для зменшення забруднення атмосферного повітря у виробничих приміщеннях застосовують системи місцевої витяжної вентиляції, що забезпечують відведення забрудненого повітря безпосередньо від джерела його утворення. Крім того, на сучасних металорізальних верстатах використовуються локальні фільтрувальні системи та маслоуловлювачі, які дозволяють очищати повітря від аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин перед його викидом у атмосферу. Перспективним напрямком зменшення викидів є застосування технологій мінімального змащування (MQL) або використання сучасних екологічно безпечних мастильно-охолоджувальних матеріалів.

У процесі експлуатації металорізального обладнання утворюються також стічні води, що містять залишки мастильно-охолоджувальних рідин, мийних засобів та механічних домішок. Джерелами утворення таких стоків є очищення обладнання, заміна мастильно-охолоджувальних рідин, а також миття деталей після механічної обробки. Потрапляння цих речовин у природні водойми без очищення може призводити до забруднення водного середовища та погіршення його екологічного стану [27].

Для запобігання забрудненню водних ресурсів на підприємствах застосовуються локальні системи очищення стічних вод, що включають

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

відстійники, механічні фільтри та маслоуловлювачі. Після очищення частина води може повторно використовуватися у виробничому процесі, що дозволяє зменшити витрати води та обсяги її скидання у каналізацію.

Значну частину відходів механообробного виробництва становлять тверді відходи, серед яких основне місце займає металева стружка. Стружка, що утворюється під час токарної обробки та свердління може використовуватися як вторинна сировина після її збору та сортування. Відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини та мастильні матеріали підлягають збору у спеціальні герметичні ємності з подальшою передачею на утилізацію спеціалізованим підприємствам [28].

З метою зменшення негативного впливу виробництва на навколишнє середовище доцільно впроваджувати маловідходні технологічні процеси, що передбачають зниження витрат матеріалів, повторне використання мастильно-охолоджувальних рідин після очищення, а також максимальне використання вторинної сировини. До того ж збільшення коефіцієнту використання матеріалу дозволяє значно скоротити кількість шкідливих викидів під час обробки, за рахунок скорочення її тривалості. Застосування таких заходів дозволяє зменшити техногенне навантаження на довкілля та підвищити екологічну ефективність виробництва [29].

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У результаті виконання даної дипломної роботи було проведено вдосконалення базового технологічного процесу виготовлення деталі та розроблено низку технічних і організаційних рішень, спрямованих на підвищення ефективності виробництва. Зокрема, запропоновано змінити форму заготовки, що отримується методом лиття, таким чином, щоб вона була більш наближена до геометрії готової деталі. Це дозволяє зменшити припуски на механічну обробку, скоротити витрати матеріалу та знизити трудомісткість подальших технологічних операцій.

З урахуванням дрібносерійного типу виробництва було виконано модернізацію технологічного процесу виготовлення деталі шляхом заміни універсальних токарних верстатів на верстати з числовим програмним керуванням. Використання такого обладнання забезпечує підвищення точності та якості оброблюваних поверхонь, а також дає змогу скоротити час обробки деталей приблизно на 30 %. Для обґрунтування параметрів механічної обробки проведено розмірний аналіз деталі типу «напівмуфта», що дозволило визначити раціональні припуски на обробку та забезпечити необхідну точність виготовлення.

Крім того, виконано розрахунок універсального верстатного пристосування з пневматичним приводом для токарної операції, застосування якого сприяє зменшенню допоміжного часу приблизно на 15 % та підвищує продуктивність праці. Відповідно до заданої виробничої програми визначено вихідні дані для проектування виробничої ділянки, зокрема розраховано необхідну кількість технологічного обладнання, робочих місць і засобів внутрішньоцехового транспорту, а також розроблено раціональне планування ділянки.

					<i>6.131.211212.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ		
<i>Розроб.</i>		<i>Кіричук М.В.</i>					
<i>Перев.</i>		<i>Бондаренко С.В.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Карабут В.М.</i>					
<i>Затв.</i>		<i>Неглуб С.Л.</i>			МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр.ІМ901-21		

На основі виконаних розрахунків визначено економічну ефективність впровадження запропонованих технічних рішень та встановлено собівартість виготовлення продукції.

У розділі з охорони праці проаналізовано основні шкідливі та небезпечні виробничі фактори, характерні для роботи виробничої ділянки, та запропоновано комплекс заходів, спрямованих на підвищення рівня безпеки праці та покращення умов роботи персоналу.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Муфти упругі втулочно-пальцеві. НТЦ Редуктор URL: https://reduktorntc-k.com.ua/produkt/mufti/mufta_uprugaya.shtm#:~:text=%D0%9C%D1%83%D1%84%D1%82%D1%8B%20%D1%83%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B8%D0%B5%20%D0%B2%D1%82%D1%83%D0%BB%D0%BE%D1%87%D0%BD%D0%BE%2D%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D1%86%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D0%BE%D0%B1%D1%89%D0%B5%D0%B3%D0%BE,%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BA%D0%BE%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D0%B4%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B5%D1%86%20%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D0%B0

(дата звернення: 16.03.2026).

2. 45Л. Сталь для відливок. Марочник сталі та сплавов URL: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=220 (дата звернення: 16.03.2026).

3. Методичні вказівки до виконання випускних кваліфікаційних робіт освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» для студентів спеціальності 131-прикладна механіка (бакалаврський рівень)/ Гришин В.С., канд. техн. наук, доцент; Негруб С.Л., канд. техн. наук, доцент; Бондаренко С.В., старший викладач. Дніпро: НМетАУ, 2019. 50с.

4. Методичні вказівки до виконання курсового проекту по дисципліні Технологія обробки типових деталей» для студентів спеціальності 131-прикладна механіка (бакалаврський рівень)/ І Гришин В.С., канд. техн. наук, доцент; Негруб С.Л., канд. техн. наук, доцент; Ласкін В.М., старший викладач; Лапшин С.П., старший викладач; Бондаренко С.В., старший викладач. Дніпро: НМетАУ, 2019. 42с.

					6.131.211212.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Разроб.		Кіричук М.В.			ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ			Лит.	Арк.	Аркушів	
Перев.		Бондаренко С.В.						Б	Т	1	4
Реценз.								МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ зр.ІМ901-21			
Н. контр.		Карабут В.М.									
Затв.		Негруб С.Л.									

5. MAZAK MULTIPLEX 650. MachineTools URL: <https://www.machinetools.com/ru/for-sale/664086-mazak-multipex-650-tokarnyie-stanki-s-chpu> (дата звернення: 26.03.2026).

6 Вертикальні обробні центр DOOSAN DNM 500. Machineseecker URL: https://www.machineseecker.com.ua/doosan-dnm+500/i-20703395?srsId=AfmBOoqSCm4lcCZUhJHkm9E_uj5vkDXt9681yaoIGMaRCxen sHYvFwRf (дата звернення: 26.03.2026).

7. KC12-500M2 Верстат координатно-свердильний з ЧПУ та АСІ Metalinstryment. URL: https://metalinstryment.com/sprav_ks12_500m2.htm (дата звернення: 26.03.2026).

8. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. М. Машиностроение, 1985. т.1.656 с.

9. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985. т.2. 496с.

10. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія машинобудування» (спеціальні розділи) для студентів спеціальності. Укл.: В.С. Гришин, О.М. Молоккіна, С.П. Лапшин. Дніпропетровськ: 2004. 42 с.

11. Методичні вказівки до проектування пристроїв для студентів спеціальності 7.090202 – технологія машинобудування/ Укл.: О.Г. Ясєв, В.О. Маковцев, Р.В. Пась. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2005.

12. Навчально-методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці та захист навколишнього середовища» у випускних кваліфікаційних роботах для студентів усіх спеціальностей (бакалаврський та магістерський рівень). Упоряд.: Єрємін О.О., Суліменко С.Є., Сухарева М.В., Мешкова А.Г., Баранова Т.Є. Укр. держ. ун-т науки і технологій. Електрон. вид. Дніпро: УДУНТ, 2024. 26 с.

13. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів. К.: МОЗ України, 1996, с. 64.

					6.131.211212.ПЗ	Арх.
Змн.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата		2

14. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. Чинний від 01.01.2014. Київ : Мінрегіонбуд, 2013. 149 с.

15. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99: Постанова від 01.12.1999, №42: поточна редакція. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (дата звернення: 11.04.2026).

16. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99: Постанова від 01.12.1999, №37: поточна редакція. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text> (дата звернення: 11.04.2026).

17. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. К.: МОЗ України, 1999. 39 с.

18. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. К.: Мінрегіон України, 2018. 133 с.

19. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та переліку робіт з підвищеною небезпекою НПАОП 0.00-4.12-05: Наказ від 26.01.2005, №15: редакція від 25.10.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text> (дата звернення: 11.04.2026).

20. Правила улаштування електроустановок. Київ:Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

21. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Київ: Мінрегіон України, 2016. 34 с.

22. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 47с.

23. Про затвердження правил пожежної безпеки в Україні НАПБ А.01.001-2014: наказ від 30.12.2014, №1417: станом на 14.08.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text> (дата звернення: 18.04.2026)

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

24. Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників НАПБ Б.01.008-2018: наказ від 15.01.2018, №25: станом на 15.07.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення: 18.04.2026)

25. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення: 18.04.2026).

26. Бойченко С. В., Іванченко О. В. Екологія промислових виробництв : навч. посіб. Київ : НАУ, 2017. 312 с.

27. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.

28. Про відходи: Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-вр> (дата звернення: 18.04.2026).

29. Клименко М. О., Прищепа А. М., Вознюк Н. М. Екологія міських систем : підручник. Херсон : Олді-Плюс, 2012. 294 с.

					6.131.211212.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Б

Відомість обладнання ділянки

Тип та модель верстата	Габаритні розміри	Кіль- сть	Потужність		Маса обладнання, кг
			Одиниця обладнан ня	Загальн а	
Токарно-гвинторізний 16K20	2505x1198x1810	5	6	30	3035
Токарно-гвинторізний 1M63	4950x1780x1550	4	5,2	20,8	5600
Токарний верстат з ЧПУ 16B16 T1C1	3270x1370x1600	1	12,8	12,8	2800
Обробний центр MAZAK MULTIPLEX 650	5720x3145x4600	2	37	74	8890
Токарно-револьверний 1365	5360x1500x1530	3	13	39	4500
Токарно-револьверний 1E165	2160x1200x1700	3	8,5	25,5	2855
Вертикально-фрезерний 6Г13	1050x1075x1130	2	12,8	25,6	8010
Горизонтально-фрезерний 6P81	1480x1990x1890	2	5,5	11	2280
Фрезерний з ЧПУ 6ДМ83ШФ2	3500x2700x2015	1	7,5	7,5	3800
Вертикально-свердлильний 2Н118	870x590x2080	2	1,5	3	450
Радіально- свердлильний 2М55	2665x1020x3430	2	1,1	2,2	4700
Координатно- свердлильний КС12- 500М2	1950x1980x1826	1	10,5	10,5	3500
Розточний 2421	1790x900x2020	2	4,5	9	1985
Круглошліфувальний 3Б153	2650x1600x1650	1	5,5	5,5	3000
Внутрішньошліфувальний 3К225А	2225x1775x1500	1	4	4	2800
Плоскошліфувальний 3Д740В	2350x1970x2300	1	11	11	5800
Різьбонарізний 5993Г	1600x1350x1600	1	3,2	3,2	2000
Довбальний 7402	1900x1270x2175	1	4,7	4,7	2000
Разом металообробних верстатів		35			
Верстак	1200x500x850	1			
Верстак	1400x600x800	1			
Стелаж	2000x1500x1200	1			
Контрольний стіл		2			2
Випробувальне обладнання		1			
Миєчне обладнання		1			

ДОДАТОК В

Керуюча програма

%

O0150 (SVERDLINNYA 12 OTVORIV NA KOLO Ø285)

G21 G17 G40 G49 G80 G90

G54

(-----)

(T1 SVERDLO Ø25)

(-----)

T1 M06

S300 M03

G00 X142.5 Y0

G43 H01 Z50

G81 Z-30 R5 F120

X142.5 Y0

X123.4 Y71.25

X71.25 Y123.4

X0 Y142.5

X-71.25 Y123.4

X-123.4 Y71.25

X-142.5 Y0

X-123.4 Y-71.25

X-71.25 Y-123.4

X0 Y-142.5

X71.25 Y-123.4

X123.4 Y-71.25

G80

G00 Z100

(T2 SVERDLO Ø43)

T2 M06

S220 M03

G00 X142.5 Y0

G43 H02 Z50

G81 Z-30 R5 F100

X142.5 Y0

X123.4 Y71.25

X71.25 Y123.4

X0 Y142.5

X-71.25 Y123.4

X-123.4 Y71.25

X-142.5 Y0

X-123.4 Y-71.25

X-71.25 Y-123.4

X0 Y-142.5

X71.25 Y-123.4

```

X123.4 Y-71.25
G80
G00 Z100
(-----)
(T3 ZENKER Ø45)
(-----)
T3 M06
S180 M03
G00 X142.5 Y0
G43 H03 Z50
G85 Z-30 R5 F80
X142.5 Y0
X123.4 Y71.25
X71.25 Y123.4
X0 Y142.5
X-71.25 Y123.4
X-123.4 Y71.25
X-142.5 Y0
X-123.4 Y-71.25
X-71.25 Y-123.4
X0 Y-142.5
X71.25 Y-123.4
X123.4 Y-71.25
G80
G00 Z100
(T4 ROZVERTKA Ø46H9)
T4 M06
S120 M03
G00 X142.5 Y0
G43 H04 Z50
G85 Z-30 R5 F40
X142.5 Y0
X123.4 Y71.25
X71.25 Y123.4
X0 Y142.5
X-71.25 Y123.4
X-123.4 Y71.25
X-142.5 Y0
X-123.4 Y-71.25
X-71.25 Y-123.4
X0 Y-142.5
X71.25 Y-123.4
X123.4 Y-71.25
G80
G00 Z100
M30 %

```

										ГОСТ 3.1105-84		Форма 7		
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
												Листов	Лист	
Разраб.				УДУНТ		6.131.211212.ПЗ								
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.														
Н. Контр.														
«ЗАТВЕРДЖУЮ» Зав. каф. технології машинобудування _____(Світлана НЕГРУБ) «_____»_____2026 г ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС Виготовлення деталі: <u>НАПІВМУФТА</u> ПОГОДЖЕНО: Керівник _____(Сергій БОНДАРЕНКО) Розробник _____(Михайло КІРИЧУК) Н.контроль _____(Владлен КАРАБУТ)														
ТП		ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС												

ГОСТ 3.1118-82															Форма 1								
Дубл.																							
Взам.																							
Подл.										Изм		Лист		№ докум.									
												Листов 12		Лист 2									
Разраб.					УДУНТ				6.131.211212.ПЗ														
Проверил																							
Согласов.																							
Т. контр.					Напівмуфта																		
Н. контр																							
M01																							
M02	Код		ЕВ		МД		ЕН		Н. расх.		КИМ		Код загот.					Профиль и размеры		КД		МЗ	
					70						0,82		відливка					Ø415x265				85	
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції							Обозначение документа											
Б	Код , найменування обладнання							СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт	Т п.з.	Т шт.					
01				005	Заготівельна																		
02				010	Токарна																8,31		
03					Обробний центр MAZAK MULTIPLEX 650																		
04				015	Розміточна																0,27		
05					Розміточна плита																		
06				020	Довбальна																8,23		
07					Довбальний 7402																		
08				025	Багатоцільова з ЧПУ																9,76		
10					Doosan DNM 500																		
11				030	Термообробка																		
12				035	Шліфувальна																6,33		
13					Круглошліфувальний ЗБ153																		
14				040	Контрольна																7,59		
15																							
16																							
17																							
МК	МАРШРУТНА КАРТА																						

										ГОСТ 3.1404-86		Форма 2									
Дубл.																					
Взам.																					
Подл.																					
										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
												Листов 12	Лист 5								
Разраб.										УДУНТ		6.131.211212.ПЗ									
Проверил																					
Согласов.																					
Т. контр.										Напівмуфта								010			
Н. контр																					
Наименование операции										Материал		Твёрдость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД		
Токарна										сталь 45Л					70	відливка Ø415x265		85			
Оборудование, устройство ЧПУ										Обозначение программы		Т о		Т в		Т пз		Т шт.		СОЖ	
MAZAK MULTIPLEX 650												5,25		2,1		0,22		8,31			
Р										ПИ	Д или В		L		t		i	S	n	V	
O01	А. Встановити і закріпити деталь																				
T02	Патрон 3-х кулачковий ГОСТ 24351-80																				
O03	1. Підрізати торець ступіці																				
T04	Різець підрізний Т5К10 ГОСТ 18880-73									ШЦ-II-250-0,05 штангенцикуль 166-89ГОСТ 577-68											
P05														2		1		0,5		1500	115
O06	2. Точити начорно й начисто поверхню Ø180 ₋₁ витримуючи розмір 190 _{-1,15}																				
T07	Різець прохідний Т5К10 ГОСТ 18869-73 Різець упорний Т15К6 ГОСТ 18869-73									ШЦ-II-250-0,05 штангенцикуль 166-89ГОСТ 577-68											
P08														2		1		0,5		1500	115
O09	3. Розточити виточку Ø376 ⁽⁺¹⁴⁾ , з подрізкою дна, Точити фаску 3x45° й розточити фаску 2x45°.																				
T10	Свердло Ø60 ГОСТ 10903-77. Різець розточний Т5К10 ГОСТ 18882-									ШЦ-II-250-0,05 штангенцикуль 166-89ГОСТ 577-68											
P11														2		1		0,5		1500	115
O12	4. Розсвердли, розточити на прохід отвір Ø85Н7 начорно, начисто, зняти фаску 2x45°																				
T13	Свердло Ø60 ГОСТ 10903-77. Різець розточний Т5К10 ГОСТ 18882-73									Калібр пробка Ø85Н7 ГОСТ 14815-69, Кутомір ГОСТ 5378-88,											
P14														2		1		0,5		1500	115
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА																				

										ГОСТ 3.1404-86				Форма 2			
Дубл.																	
Взам.																	
Подл.										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
													Листов 12		Лист 6		
Разраб.				УДУНТ	6.131.211212.ПЗ				Напівмуфта								010
Проверил																	
Согласов.																	
Т. контр.																	
Н. контр																	
Наименование операции				Материал			Твёрдость		ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
Токарна				сталь 45Л						70	відливка Ø415x265			85			
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы			Т о		Т в		Т пз		Т шт.		СОЖ		
MAZAK MULTIPLEX 650							5,25		2,1		0,22		8,31				
Р							ПИ	Д или В		L	t	i	S	n	V		
O01	5. Точити Ø400d11 начорно й начисто з припуском 0,5мм під шліфування.																
T02	Різець прохідний прямий T5K10 ГОСТ 18869-73 Різець прохідний прямий T15K6 ГОСТ 18869-73 ШЦ-III-630-0,1 штангенцикуль 166-89.																
P03											2	1	0,5	1500	115		
O04	Б. Перевстановити і закріпити деталь																
05																	
O06	6. Підрізати торець в розмію 215 _{-1,15}																
T07	Різець підрізний T15K6 ГОСТ 18880-73 ШЦ-III-630-0,1 штангенцикуль 166-89.																
P08											2	1	0,5	1500	115		
O09	7. Розточити виточку Ø376 ^(+1₄) з підрізкою дна, зняти фаску 2x45°																
T10	Різець розточний T15K6 ГОСТ 18882-73,						Кутомір ГОСТ 5378-88, ШЦ-III-630-0,1 штангенцикуль 166-89.										
P11											2	1	0,5	1500	115		
12																	
13																	
14																	
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА																

ГОСТ 3.1404-86										Форма 2				
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
									Листов 12	Лист 8				
Разраб.				УДУНТ	6.131.211212.ПЗ									
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.				Напівмуфта								020		
Н. контр														
Наименование операции				Материал		Твёрдость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Довбальна				сталь 45Л					70	відливка Ø415x265		85		
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о		Т в		Т пз		Т шт.		СОЖ
Довбальний 7402						5,2		2,08		0,22		8,23		
Р						ПИ	Д или В		L	t	i	S	n	V
O01	А. Встановити й закріпити деталь													
T02	Спеціальне пристосування													
P03														
O04	1. Довбати начорно й начисто шпонковий паз В = 22Js9, витримавши розмір 90,4 ^{+0,2}													
T05	Різець довбальний Р6М5 (а=14) ГОСТ 10046-72 ШЦ-I-125-0,1					Штангенциркуль 166-89 Калібр для шпонкового пазу								
P06									0,5	6	0,2	300	50	
07														
08														
09														
10														
11														
12														
13														
14														
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА													

ГОСТ 3.1404-86										Форма 2				
Дубл.														
Взам.														
Подл.								Изм	Лист	№ докум.	Подпись			
								Листов 12		Лист 10				
Разраб.				УДУНТ	6.131.211212.ПЗ									
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.				Напівмуфта								025		
Н. контр														
Наименование операции				Материал		Твёрдость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Багатоцільова				сталь 45Л					70	відливка Ø415x265		85		
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о		Т в		Т пз		Т шт.		
Doosan DNM 500						6,17		2,47		0,26		9,76		
Р						ПИ	Д или В		L	t	i	S	n	V
O01	А. Встановити й закріпити деталь													
T02	Оправка по ГОСТ 6213-70, кутник П-19506													
O03	1. Свердли 12 отворів Ø46Н9, витримуючи розміри Ø285													
T04	Свердло Ø25 по ГОСТ 10903-77					ШЦ-Ш-400-0,1-2 штангенциркуль 166-89								
P05									12,5	3	0,5	300	50	
O06	2. Розсвердли 12 отворів Ø46Н9, витримуючи розміри Ø285													
T07	Свердло Ø43 по ГОСТ 10903-77					ШЦ-Ш-400-0,1-2 штангенциркуль 166-89								
P08									9	2	0,3	500	60	
O09	3. Зенкерувати 12 отворів Ø46Н9, витримуючи розміри Ø285													
T10	Зенкер Ø43 по ГОСТ 12489-71													
P11									1	2	0,2	500	60	
O12	4. Розгорнути 12 отворів Ø46Н9, витримуючи розміри Ø285													
T13	Розгортка Ø46Н9 по ГОСТ 10083-81													
P14									0,5	3	0,05	800	80	
OK														

										ГОСТ 3.1404-86			Форма 2				
Дубл.																	
Взам.																	
Подл.									Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
												Листов 12	Лист 12				
Разраб.				УДУНТ		6.131.211212.ПЗ											
Проверил																	
Согласов.																	
Т. контр.				Напівмуфта										035			
Н. контр																	
Наименование операции				Материал			Твёрдость		ЕВ	МД	Профиль и размеры			МЗ	КОИД		
Шлифовальна				сталь 45Л						70	відливка Ø415x265			85			
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы			Т о		Т в		Т пз		Т шт.		СОЖ		
Круглошліфовальний 3Б153							4,0		1,6		0,17		6,33				
Р							ПИ	Д или В		L		t		i	S	n	V
O01	А. Встановити і закріпити деталь																
T02	Оправка, центра																
O03	1. Шліфувати поверхню Ø400d11																
T04	Шліфовальне коло ГОСТ 2424-83																
P05	Микрометр МК-400-2 ГОСТ 6507-90, Индикатор ИЧ-10 кл.1 ГОСТ 577-68																
	0,25 1 0,01 150 30																
06																	
07																	
08																	
09																	
10																	
11																	
12																	
13																	
14																	
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА																