

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ

імені адмірала Макарова

Машинобудівний навчально-науковий інститут

Кафедра інженерної механіки та технології машинобудування

«Допущений до захисту»

Завідувач кафедри ІМ та ТМ

д-р техн. наук, професор

М.Р. Ткач

 «12» 12 2024 р.

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему: «Удосконалення технології виготовлення

муфти зубчастої ГТД ($m = 5$ мм, $z = 56$)»

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

Студент групи 6261м



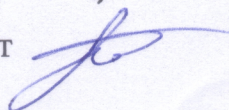
Богатко Д.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник



Новошицький А.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент



Ніколаєв О.Л.
(прізвище та ініціали)

Миколаїв 2024

Національний університет кораблебудування

імені адмірала Макарова

Інститут _____ Машинобудівний навчально-науковий _____
Кафедра _____ Інженерної механіки та технології машинобудування _____
Освітній рівень _____ Магістр _____
Спеціальність _____ 131 «Прикладна механіка» _____
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма _____ «Технології машинобудування» _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІМ та ТМ

д.т.н., професор М.Р.ТКАЧ

“ 12 ” 10 2024 р.

З А В Д А Н Н Я **НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Богатко Дмитра Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи „Удосконалення технології виготовлення муфти зубчастої ГТД ($m = 5$ мм, $z = 56$)”

керівник роботи к.т.н., доцент Новошицький А.В.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 1 ” 10.2024 р. № 1032-уч

2. Строк подання студентом роботи 2.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення деталі; нормативна література; держстандарт; довідники

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Загальний розділ: Призначення та аналіз технологічності деталі.

2) Науковий розділ – Аналіз та дослідження з наукової теми роботи.

3) Технологічний розділ: Аналіз заводського техпроцесу. Вибір заготовки. Розробка маршрутної та операційної технології. Розрахунок припусків та режимів різання на одну з поверхонь деталі. Технічне нормування. Вибір обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту.

4) Конструкторський розділ: Розрахунок і проектування спеціальних конструкцій пристроїв для верстатів та спеціального металорізального інструменту.

5) Проектування ділянки цеху – згідно методичних вказівок кафедри.

6) Організаційно-економічна частина – згідно методичних вказівок кафедри.

7,8) Охорона праці та навколишнього середовища – Розробка заходів з охорони праці та навколишнього середовища на

дільниці.

9) Цивільний захист – згідно методичних вказівок кафедри.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки, спеціального пристрою до металорізального верстату, спеціального металорізального або вимірювального інструменту, налагодження до однієї з технологічних операцій, планування дільниці цеху, плакати до наукової частини

6. Консультанти розділів проекту

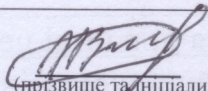
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
7,8			
Нормоконт роль	ст.викл. Боду С.Ж.		

7. Дата видачі завдання 11.10.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примі.
1	Оформлення та затвердження технологічного процесу. Оформлення креслення деталі (роздруковка у форматі А3)	25.10.2024	
2	Оформлення загального та технологічного розділів (1, 3)	6.11.2024	
3	Оформлення конструкторського розділу (4)	11.11.2024	
4	Оформлення наукового розділу (2)	22.11.2024	
5	Оформлення розділу з охорони праці та навколишнього середовища (7,8)	25.11.2024	
6	Оформлення розділу з цивільного захисту (9)	29.11.2024	
7	Оформлення креслень	до 2.12.2024	
8	Нормоконтроль (креслення у форматі А3)	2-9.12.2024	
9	Затвердження МР на кафедральному перегляді (ПЗ, креслення у форматі А1)	6-14.12.2024	
10	Оформлення та передача електронного варіанту роботи(текстові та графічні матеріали у форматі PDF)	11-16.12.2024	
11	Затвердження МР зав.кафедрою (подання, анотація)	11-16.12.2024	
12	Рецензування	16-21.12.2024	

Студент
(підпис)


(прізвище та ініціали)

Богатко Д.О.

Керівник роботи
(підпис)


(прізвище та ініціали)

Новошицький А.В.

« 11 » 10

2024р.

АНОТАЦІЯ

В магістерській роботі на тему «Удосконалення технології виготовлення муфти зубчастої ($m = 5$ мм; $z = 56$)» надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обґрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення, а також розглянуті питання вибору методів обробки отворів для змащування зубчастих коліс.

В магістерській роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів, спроектована дільниця з виготовлення деталі, розраховані техніко-економічні показники дільниці і доцільність її проектування, розроблені заходи з охорони праці та навколишнього середовища на дільниці. Наведена оцінка стійкості обладнання дільниці механічного цеху від ударної хвилі.

Ключові слова: муфта зубчата, заготовка, припуски, пристосування для перевірки плями контакту, фреза черв'ячна, скоба, стінкомір, пристосування гідравлічне.

ABSTRACT

In the master's thesis on the topic «Improvement of the gear clutch manufacturing technology ($m = 5$ mm; $z = 56$)» a description of the purpose of the part and the characteristics of the material from which it is made, an analysis of its manufacturability, the choice and justification of the type of production, a technological manufacturing process were developed, .

In the master's work, the calculations of special devices and cutting and measuring tools are given, the section for the manufacture of the part is designed, the technical and economic indicators of the section are calculated and the feasibility of its design, the measures for labor and environmental protection at the section are developed. An assessment of the shock wave resistance of the equipment of the machine shop section is given.

Key words: toothed clutch, workpiece, allowances, device for checking the contact spot, worm cutter, bracket, wall gauge, hydraulic device.

Зміст

Вступ	6
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	8
1.1. Призначення та конструкція деталі	9
1.2. Характеристика властивостей матеріалу деталі	9
1.3. Аналіз технологічності зубчастої муфти	10
1.4. Визначення типу виробництва	11
2. НАУКОВА ЧАСТИНА	13
3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	24
3.1. Аналіз заводського технологічного процесу виготовлення деталі	25
3.2. Вибір та обґрунтування вибору методу отримання заготовки	26
3.3. Проектування заготовки	26
3.4. Розрахунок вартості основних матеріалів	29
3.5.. Розрахунок припусків на механічну обробку	30
3.6. Вибір устаткування	35
3.7. Вибір ріжучого інструменту	43
3.8. Вибір вимірювального інструменту	44
3.9. Розрахунок режимів різання	46
3.10. Технічне нормування	50
3.11. Розробка керуючої програми для верстата 16K20Ф3С32 на чистову токарну обробку муфти	53
4. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	56
4.1. Опис і розрахунок затискного гідравлічного пристрою	57
4.2. Конструкція та принцип дії пристосування для перевірки плями контакту	59
4.3. Розрахунок і конструювання свердла-зенкер	59
4.4. Розрахунок та конструювання черв'ячної модульної фрези	63

						Арк.
						3
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ ЦЕХУ	70
5.1. Визначення розміру партії деталей запуску деталей	71
5.2. Розрахунок штучно-калькуляційного часу по операціям	72
5.3. Визначення фонду часу роботи обладнання	73
5.4. Розрахунок потрібної кількості обладнання та його завантаження	74
5.5. Складання графіка завантаження обладнання	78
5.6. Складання кошторису витрат на основне обладнання	79
5.7. Організація виробництва на дільниці	82
5.8. Розрахунок основних та допоміжних площ дільниці за питомими нормативами	82
5.9. Розрахунок висоти цеху	85
5.10. Розрахунок чисельності основних, допоміжних робітників, ІТП, СКП та МОП	85
5.11. Зведена відомість працюючих на дільниці	89
5.12. Визначення вартості капітальних вкладень дільниці	89
6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	91
6.1. Склад і методика розрахунку річного фонду заробітної плати працівників дільниці	92
6.2. Визначення фонду заробітної платні основних робітників	93
6.3. Визначення фонду заробітної платні допоміжних робітників	94
6.4. Визначення фонду заробітної платні службовців, спеціалістів і молодшого обслуговуючого персоналу	95
6.5. Визначення середньорічної і середньомісячної заробітної плати працюючих на дільниці	97
6.6. Розрахунок витрат на утримання й експлуатацію устаткування	98
6.7. Визначення фактичної собівартості та фінансових результатів виготовлення деталі	105
6.8. Розрахунок обсягів капітальних вкладень і строків окупності проекту	108
6.9. Техніко-економічні показники дільниці	111

7. ОХОРОНА ПРАЦІ	114
Вступ	115
7.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів на ділянці	115
7.2. Розрахунок штучного освітлення ділянки	121
8. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	125
Вступ	126
8.1. Заходи з охорони навколишнього середовища	127
9. ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА	131
Вступ	132
9.1. Оцінка стійкості обладнання ділянки механічного цеху від ударної хвилі	133
9.2. Висновки	139
ВИСНОВКИ	141
ЛІТЕРАТУРА	142

						Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Вступ

В теперішній час надається велике значення розвитку машинобудівній промисловості в Україні. Особливе значення надається створенню високоефективних автоматизованих механоскладальних виробництв на базі технічного переозброєння, а також реконструкції діючих виробництв при використанні сучасного устаткування та засобів керування всіма етапами виробничого процесу.

Проектовані виробничі процеси повинні забезпечити випуск продукції необхідної якості, без якої витрачена на неї праця і вихідні матеріали будуть витрачені некорисно. Окрім того, необхідно намагатися виробництва потрібної кількості виробів в одиницю часу та при мінімальних приведених витратах.

В теперішній час підвищуються вимоги до якості продукції машинобудування, її різноманітності. Інтенсивний розвиток технічних засобів викликав необхідність удосконалення методики проектування та створення на її основі високоефективних підприємств.

В процесі створення підприємства основою є проектування дільниці, передумовою служить детально відпрацьована технологічна частина, що визначає головну роль інженера-технолога в процесі проектування механоскладального виробництва. Вирішення питань всіх інших частин роботи підлягає вимогам технологічного процесу, який і визначає склад завдання для розробки цих частин можливе в результаті створення більш продуктивних засобів праці, розробці принципово нових технологій, широкого використання обчислювальної техніки, застосування верстатів з ЧПК. Все це складає базу, на якій створюються автоматизовані системи керування, стають можливими оптимізація технологічних процесів і режимів обробки, створення гнучких автоматизованих комплексів.

Розвиток технології машинобудування буде йти в напрямку подальшої уніфікації і стандартизації технологічних процесів виготовлення виробів; скорочення верстатоемності і працемісткості обробки за рахунок концентрації операції, застосування верстатів з ЧПК.

						Арк.
						6
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Механізація і автоматизація виробничих процесів є основою підвищення продуктивності праці і збільшення випуску продукції.

Одним з генеральних напрямків переоснащення верстатного парку є застосування верстатів з ЧПК (особливо в умовах серійного і дрібносерійного виробництва). Програмне керування універсальними металорізальними верстатами дозволяє автоматизувати цикл їхньої роботи, значно скорочує час на переналагодження і тим самим розширює можливості застосування верстатів з ЧПК, ПК й уніфікованих процесів є достатнім комплексом для створення спеціалізованих ділень.

У даній роботі розглянуті питання технологічного забезпечення якості виготовлення деталі, питання продуктивності праці й економічності технологічного процесу, а також розроблений технологічний процес обробки різанням деталі із застосуванням спеціального пристрою та ріжучого інструменту.

						Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. Загальна частина

1.1. Призначення та конструкція деталі

Зубчаста муфта входить до конструкції реверсивного редуктора. Вона являє собою передавальну ланку у ланцюзі передачі значних крутних моментів на трансмісію валопроводу гребного гвинта корабля.

Зубчаста муфта – відповідальна деталь. Вона має ряд таких елементів: наявність різьби, шліцевого вінця, ряду співвісних посадочних поверхней під підшипники кочення, а оригінальні шліци на конічній цапфі виконані в тороїдально-сферичній формі профілю для компенсування наявних радіальних та осьових перекосів, наявність яких не вдається ліквідувати механічною обробкою корпусу редуктора.

В процесі проектування муфти необхідно вирішити дві задачі: забезпечення службових характеристик муфти, які пов'язані з умовами експлуатації та задоволення вимог технології виробництва.

Конфігурація муфти вміщує більшість поверхонь, які мають форму тіл обертання, що дозволяє вести її обробку на верстатах токарної групи. Жорсткість конструкції дозволяє вести обробку без використання люнетів.

1.2. Характеристика властивостей матеріалу деталі

Муфта редуктора виготовляється зі сталі 18X2H4MA. Ця сталь відноситься до групи теплостійких сталей, які допускають експлуатацію до температури 500 °С. Оброблюваність сталей цієї групи цілком задовільна, вона близька до оброблюваності вуглецевих низьколегованих конструкційних сталей відповідної міцності.

Хімічний склад сталі 18X2H4MA

Таблиця 1.1

Марка	C	Mo	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
18X2H4MA	0,14-0,2	0,8-1,20	0,17-0,37	0,25-0,55	1,35-1,65	4,0-4,4	≤0,035	≤0,035

					6261м. 03.MP.09.01.ПЗ				Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					9

Механічні властивості сталі 18Х2Н4МА

Таблиця 1.2

Марка	Температура, °С		σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %	α_n , Н·м	НВ
	Закалювання в маслі	Відпуск						
18Х2Н4МА	860±10	500±20	900	750	12	40	60	269-331

1.3.Аналіз технологічності зубчастої муфти

Технологічність – сукупність властивостей конструкцій виробу, виявлених у можливості оптимальних витрат праці, засобів, матеріалів і часу при технологічній підготовці виробництва, виготовлення, експлуатації і ремонт в порівнянні з відповідними показниками якості і прийнятих умов виготовлення, експлуатації і ремонту.

Основними критеріями технологічності деталей, що піддаються механічній обробці є працемісткість, точність і стабільність одержання геометричних розмірів і шорсткості поверхні, можливості обробки тим вище, чим складніше ці поверхні.

За своїми геометричними формами, чим більша їх довжина і чим вище вимоги до точності і шорсткості оброблюваних деталей, тим гірша технологічність. Поліпшення технологічності конструкції дозволяє знизити собівартість її виготовлення без збитку для службового призначення.

Заготовка для виготовлення муфти приймається близькою за формою та розмірами до готової продукції.

Простановка розмірів на робочому кресленні муфти виконується комбінованим засобом. Його використання дозволяє виключити помилки в найбільш точних розмірах. Простановка розмірів від кожного торця муфти забезпечує постійність баз, тому що вимірювання довжини окремих ступенів виконується від однієї і той же поверхні. Ланцюжний спосіб простановки розмірів забезпечує точність розташування наступної шійки відносно попередньої.

					6261м. 03.МР.09.01.ПЗ	Арк.
						10
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конфігурація муфти дозволяє використовувати сучасні найбільш продуктивні технологічні процеси обробки та виключає застосування спеціальних верстатів, що сприяє скороченню строків підготовки виробництва та освоєння виготовлення муфт у необхідній кількості.

Конструкція муфти дозволяє для нарізання шліців застосовувати більш сучасну технологію нарізання шліц за допомогою черв'ячної модульної фрези, що дозволяє нарізати шліци з високою точністю.

Муфта, яка передає значні зусилля, в деталі (крутний момент), спряжувані поверхні - азотовані на глибину 0,2-0,4 мм та мають твердість 50-55 HRC, що сприяє високій стійкості проти спрацювання, міцністю на екстремальних режимах.

Аналіз технологічних вимог креслення дозволяє зробити висновок, що розміри на поверхні деталі мають відповідно оптимальні точність та шорсткість, конструктивно та технологічно обгрунтовані та відповідають вимогам технологічності та функціональному призначенню деталі в вузлі.

1.4.Визначення типу виробництва

Тип виробництва – це кваліфікаційна категорія, виділення за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску продукції.

У машинобудуванні розрізняють умовно три основних типи виробництва: масове, серійне та одиничне. Орієнтовно тип виробництва може бути обраний відповідно до таблиці 1.3.

Визначення типу виробництва

Таблиця 1.3

Тип виробництва	Річна кількість деталей, шт.
	Масою до 20 кг
Масове	500000
Крупносерійне	50000...500000
Середньосерійне	5000...50000
Дрібносерійне	1000...5000
Одиничне	1000

					6261м. 03.МР.09.01.ПЗ	Арк.
						11
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На проектованій ділянці виготовляється муфта зубчаста, режим роботи – двозмінний. Деталь виготовляється зі сталі 18Х2Н4МА. Заготівка – штампована поковка масою 39 кг.

Маса деталі – 22 кг, річна кількість деталей – 2000 шт., це відповідає серійному типу виробництва.

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються періодично повторюваними партіями і порівняно великим обсягом виробництва.

Залежності від широти номенклатури величини партії деталей розрізняють наступні типи:

дрібносерійне виробництво $20 \leq k_{з.о.} \leq 40$

середньосерійне виробництво $10 \leq k_{з.о.} \leq 20$

крупносерійне виробництво $1 \leq k_{з.о.} \leq 10$.

Для серійного виробництва характерне застосування як універсального, так і спеціалізованого устаткування, яке розташовується по ходу технологічного процесу.

Виконання на робочих місцях декількох повторюваних операцій – характерна ознака серійного виробництва.

Обробка муфт на ділянці здійснюється партіями. За кожним робітничим місцем закріплюється декілька періодично повторюваних операцій. Для скорочення працемісткості на ділянці широко використовується спеціальна оснастка та затискні пристосування, впроваджено цикл обробки муфт на верстатах з ЧПК.

					6261м. 03.МР.09.01.ПЗ	Арк.
						12
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Вибір методів обробки отворів для змащування зубчастих коліс

Вирішення багатьох проблем розвитку сучасного виробництва було знайдено на шляху створення, розробки та вдосконалення електрофізичних і електрохімічних методів обробки матеріалів. В основі цих методів лежить використання різних фізико-хімічних процесів енергетичного діяння на заготовку для формоутворення деталі при обробці. Найбільш широко застосовуються ті методи, які вимагають ліквідування непотрібного матеріалу при виготовленні деталей.

До основних різновидів електроерозійної обробки належать:

- **електроіскрова обробка** ґрунтується на явищі руйнування металу в колі постійного струму під дією іскрового розряду. При наближенні металевих електродів у рідкому діелектричному середовищі (гасі, маслі) до відстані пробійного зазора виникає потужний короткочасний іскровий розряд, температура якого становить 6000... 11 000 °С. Це призводить до миттєвого розплавлення, випаровування, вибухів і викидання частинок, які, направляючись до катода, охолоджуються і осідають. Обробка йде без стикання заготовки з інструментом, що дає змогу обробляти струмопровідний матеріал будь-якої твердості інструментом з м'якого металу (латуні, графіту).

Електроіскрова обробка використовується для виготовлення штампів, прес-форм, кокілів, фільєрів з інструментальних сталей і твердих сплавів.

- **електроімпульсний метод обробки** значно продуктивніший за електроіскровий. На відміну від електроіскрового методу при цій обробці заготовка є катодом, а інструмент - анодом, між якими досягається послідовне збудження розрядів під дією імпульсів напруги, які виробляються спеціальним генератором. Температура в робочій зоні значно нижча (4000...5000 °С), ніж при електроіскровій обробці, отже, і спрацювання інструмента менше.

- **електроконтактна обробка** ґрунтується на електромеханічному руйнуванні металу під впливом електродугових розрядів інструментом, що переміщується. Зняття металу з заготовки здійснюють у повітряному середовищі обертовим диском-електродом. Диск і заготовку сполучено із джерелом живлення - знижувальним трансформатором. При обертанні зі

					6261м. 03.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						14
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидкістю до 30 м/с диска, до якого заготовка притискується тиском 20...50 кПа, відбувається періодичний розрив контактів, виникають дугові розряди, під дією яких і руйнується метал заготовки. Інтенсивність процесу досить висока і в ряді випадків може перевищувати продуктивність обробки різанням. Проте він не дає високої точності, тому цю обробку використовують в основному для грубих операцій, наприклад зачищення виливків і штамповок з важкооброблюваних сплавів.

Електрохімічна обробка ґрунтується на явищі анодного розчинення металів, яке полягає в тому, що при проходженні електричного струму крізь електроліт метал анода (заготовки) розчиняється і виноситься електролітом із робочої зони.

Великого поширення набуло **електролітичне полірування** для ретельної обробки деталей складної форми з високолегованих сталей (лопатки турбін, клапани двигунів, інструменти та ін.). На поверхні деталі-анода при проходженні струму в електроліті утворюється плівка, що захищає западини мікрошорсткостей від впливу струму. Однак вона не перешкоджає розчиненню мікровиступів, на які діє струм більшої густини, і поверхня деталі згладжується.

У практиці використовують також інші методи електрохімічної обробки металів. На рис. 2.1 показано **електрохімічне прошивання отворів**. До заготовки 1, що є анодом, подається електроліт крізь трубку-катод 2. Сталий зазор між торцем трубки й оброблюваної поверхні утворюється протидією пружини 3 і тиску електроліту. Продукти розчинення виносяться електролітом крізь отвір у ванночці 4.

Різновидом електрохімічної обробки є **електроабразивне шліфування**, яке виконують електроабразивним кругом. Крім абразивних зерен, до його складу входить електропровідний наповнювач. Круг сполучають з негативним полюсом джерела струму, заготовку - з позитивним, а в робочу зону струменем подається електроліт. Плівка, що утворюється внаслідок анодного розчинення, знімається абразивними зернами круга. Порівняно зі звичайним шліфуванням

					6261м. 03.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						15
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

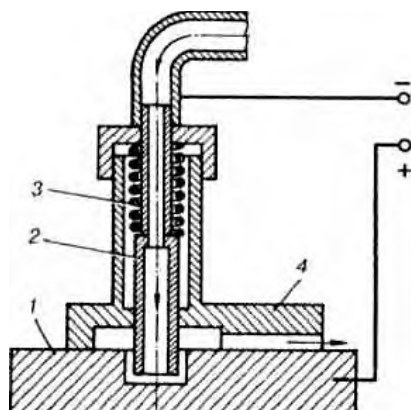


Рис. 2.1. Схема електрохімічного прошивання отворів

цей процес більш продуктивний при меншому спрацюванні круга, не призводить до появи мікро щілин.

Електрохімічна обробка матеріалів основана на застосуванні процесів електролізу, тобто хімічних перетворень, які спостерігаються на поверхні електродів, розміщених в середі електроліту. При цій обробці заготовка підключається до аноду, а інструмент – до катоду.

В залежності від механізму процесу руйнування металу та способу вилучення з робочої зони продуктів реакції умовно виділяють два напрямки, за якими розвивається електрохімічна обробка. Перше – електрохіміко-гідравлічна обробка (іноді її називають анодногідравлічною обробкою, анодним різанням, чи просто електрохімічною обробкою); друге – електрохімікомеханічна обробка.

В даній роботі для обробки отворів $\varnothing 1,5$ мм, для змащування зубчастих коліс, як один з методів, запропонована електрохімічна обробка.

Електрохімічна обробка - високопродуктивний технологічний процес, який успішно застосовується в різних галузях промисловості.

Можливості електрохімічної обробки визначаються наступними технологічними характеристиками: продуктивністю, точністю, якістю обробленої поверхні.

Під продуктивністю електрохімічної обробки розуміють кількість матеріалу, який вилучається з оброблюваної поверхні в одиницю часу. Згідно з першим законом Фарадея, кількість розчиненої на електроді речовини

					6261м. 03.МР.09.02.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

пропорційна електрохімічному еквіваленту речовини, силі струму та часу його пропускання.

На продуктивність процесу впливає густина струму, тип електроліту, який застосовується, вихідна структура матеріалу заготовки.

Точність обробки залежить від умов електролізу, гідродинамічних характеристик потоку електроліту, конструкції інструмента – катода, конструкції інструмента – катода, способу подачі електроліту в робочу зону та ряду інших факторів. Окрім того, на точність обробки можуть помітно впливати стан та структура матеріалу заготовки, шорсткість робочій поверхні інструменту. На точність обробки також впливає густина електричного струму та непостійність між електродних зазорів. При густині току 30 а/см^2 точність дорівнює $\pm 0,15 \text{ мм}$, а при густині току $120-130 \text{ а/см}^2$ – підвищується до $\pm 0,08 \text{ мм}$.

Якість обробленої поверхні визначається її мікрогеометрією, структурними та фізико-хімічними змінами, які виникли в результаті обробки. Як правило, шорсткість поверхні після обробки за цим методом лежить у межах $0,63\text{Ra}-0,32\text{Ra}$.

На шорсткість поверхні впливають фізико-хімічні властивості вихідної поверхні заготовки, склад, властивості та стан електроліту, швидкість руху електроліту в міжелектродному зазорі, склад і стан продуктів анодного розчинення. Шорсткість поверхні в значній мірі залежить від густини технологічного струму та швидкості електроліту. Чим вище густина току, тим менше висота мікронерівностей та вище клас чистоти обробленої поверхні. При збільшенні швидкості електроліту шорсткість знижується. Величина припуску на обробку також впливає на шорсткість обробленої поверхні при збільшенні шпаруватості імпульсів струму q до 2 та вище.

Електрохімічна обробка покращує мікрогеометрію поверхні оброблюваної деталі. Знижується не тільки висота нерівностей, але змінюється й характер мікрорельєфу. Нерівності мають округлу форму, ліквідуються концентратори напруженості (збільшується стійкість до зносу поверхонь деталей, підвищується їх міцність та надійність). Однак, позитивний вплив цієї

					6261м. 03.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						17
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обробки на якість поверхневого шару знижується внаслідок розтравлювання матеріалу по межах зерен. Найбільшому розтравленню підлягають сплави на основі заліза, що можна пояснити різницею фізичних властивостей, хімічного складу та структури карбідів, які виділилися по межах зерен та основи зерна. Останнє утворює різну швидкість анодного розчинення, що викликає утворенню мікровиступів чи, частіше, мікрозападин по межах зерен. Зі зменшенням густини струму розтравлювання зменшується. На розтравлювання поверхні значно впливає також температура електроліту. З ростом температури електроліту розтравлювання поверхні збільшується.

Окрім того, на шорсткість обробленої поверхні значно впливає вихідна структура матеріалу заготовки. Чим дрібнодисперсна структура металу, тим менше шорсткість поверхні після обробки. Матеріали, які попередньо були підвержені відповідній термічній обробці, після електрохімічної обробки деталі мають шорсткість обробленої поверхні на два класи вище, ніж поверхні термічно необроблених деталей. Тому електрохімічну обробку доцільно виконувати після остаточної термічної обробки деталі. Така послідовність також значно зменшує весь цикл виготовлення деталі.

Для зменшення шорсткості обробленої поверхні пропонується наступне:

- виконувати обробку деталей при мінімальних міжелектродних зазорах (0,1-0,3 мм) і при більш високих густин струму (не менш 15-20 а/см²);
- виконувати обробку при невисоких температурах електроліту (не вище 30-35 °С);
- застосовувати різні добавки до електроліту для підвищення його в'язкості (це повинно проводитися в різних межах, та не в збиток гідродинамічним умовам вільного протікання електроліту крізь міжелектродний зазор).

Переваги електрохімічної обробки:

- відсутність механічного контакту між інструментом та оброблюваним виробом;
- можливість обробки нежорстких деталей;
- відсутність задирків в результаті обробки;

					6261м. 03.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						18
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- практична відсутність зносу інструменту та підігріву оброблюваної деталі;
- відсутність впливу на швидкість обробки таких параметрів, як твердість, крихкість, в'язкість оброблюваного матеріалу;
- відсутність зміцнення матеріалу в результаті обробки, а також необхідності в наступних операціях випалу, гартування, зняття задирків;
- відсутність слідів інструменту на обробленій поверхні;
- більша продуктивність процесу порівняно з іншими електрофізичними методами (до 25 кг/г);
- безшумність обробки внаслідок відсутності іскроутворення та вібрації;
- відсутність необхідності в операторах високої кваліфікації для роботи на устаткуванні;
- безпечність напруження струму, який використовується.

Недоліки електрохімічної обробки:

виникнення корозії оброблених деталей, яке спричинене застосуванням в якості електроліту водних розчинів солей;

- важкість утилізації шламу;
- порівняно невисока точність обробки.

Електрохімічним методом можна прошивати отвори різного діаметру. Мінімальний діаметр отвору, який прошивається визначається розмірами інструменту – катода. Причому зі зменшенням розміру інструменту важче виготовити в ньому канал для прокачки електроліту. Тому мінімальний діаметр отворів, які утворюються електрохімічним методом при використанні інструменту з внутрішньою прокачкою електроліта, обмежен розмірами 1-1,5 мм. Отвори таких діаметрів при силі струму 2-5 А на один інструмент прошивають з подачею інструменту 3,5-4 мм/хв. В якості інструменту використовують медичні голки. Електроізоляційним покриттям слугує плівка епоксидного лаку ЕП-075 товщиною 0,1 мм.

Є відомості о прошивці отворів діаметром менш 1 мм. Наприклад, для прошивки отвору діаметром 0,7 мм в якості інструменту використовувалась пола голка з зовнішнім діаметром 0,5 мм. Тиск електроліту при обробці отворів

					6261м. 03.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						19
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

таких малих діаметрів повинен бути не менше 20 мм, густина току 120-150 а/см², напруга 12 В. Тривала безперебійна робота без коливання робочого тиску краще всього підтримується за допомогою, спеціального пневмомагнітача, який питається від повітряної сітки високого тиску крізь редуктор. Для того, щоб прошиваємий отвір був прямолінійним, інструмент повинен спрямовуватись за кондукторною втулкою, яка ізолювана від корпусу. Цей спосіб виготовлення отворів малих діаметрів є порівняно дорогим і виправдовується тільки при одночасній прошивці великої кількості отворів у важкооброблюваних металах та сплавах.

Електрохімічній обробці глибоких отворів притаманні наступні специфічні риси:

- по довжині деталі-анода та інструмента-катода помітно падає напруга;
- температура електроліту по довжині глибокого отвору значно змінюється (перепад температури сягає 12-15 °С), що веде до зміни питомої електропровідності електроліту по довжині отвору;
- газова фаза та продукти анодного розчинення в електроліті розподіляються по довжині міжелектродного зазора нерівномірно, що також веде до зміни питомої електропровідності по довжині отвору;
- тиск електроліту зменшується у напрямку від відхідного розрізу до вихідного, що веде до зміни гідродинамічних умов в різних розрізах отвору.

Для того, щоб форма отвору при зміні умовно довжині глибоко отвору не змінювалась, необхідно корегувати форму робочої поверхні інструмента-катода.

Отвори можна прошивати не тільки одиничним, але й пакетом електродів. Цей спосіб і використовується для пропалювання 56 отворів Ø1,5 мм для змащування зубчастих коліс. При пропалюванні отворів досягнена висока продуктивність обробки. Так, швидкість утворених отворів в деталях досягає 2-3 мм/хв.

В промисловості експлуатується велика кількість верстатів, і відповідно пристосувань, які відрізняються за технологічним призначенням. Існує ряд

					6261м. 03.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						20
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ознак, які можуть бути покладені в основу загальної класифікації пристосувань для електрохімічної обробки. Найважливішим з них є технологічне призначення, ступінь універсальності та рівень автоматизації.

Технологічне призначення пристосування визначається як характером оброблюваних на ньому заготовок (вид та габарити заготовки, форма, розміри, точність та якість оброблених поверхонь), так і продуктивними вимогами (продуктивність та номенклатура оброблюваних заготовок). В промисловості значне місце займають верстати та пристосування для виконання установлених технологічних операцій. Технологічне призначення визначає конструкцію пристосування. Конструкція основних механізмів та деякі особливості пристосувань безпосередньо залежать від його функціонального призначення. Це полягає в основі для систематизації конструктивних особливостей пристосувань для електрохімічної обробки відповідно до їх технологічної класифікації.

Пристосування для електрохімічної обробки повинні задовольняти певним вимогам.

Загальні вимоги витікають із необхідності забезпечення найбільш високих техніко-економічних показників технологічної оснастки. Основні з них - точність пристосування, необхідна жорсткість конструкції, швидкодія, компактність, зручність та безпечність в роботі, технологічність конструкції, можливість автоматизації, відсутність вивірювання заготовок відносно електрода-інструмента, можливість обробки одночасно декількох заготовок, можливість контролю параметрів в процесі електрохімічної обробки, можливість переміщення заготовок, широка стандартизація та уніфікація елементів, можливість багатократного використання деталей пристосування в інших компонуваннях пристосувань.

Спеціальні вимоги, в свою чергу, підрозділяють на комплексні, які відносяться до пристосування для електрохімічної обробки в цілому та приватні, які відносяться до окремих його елементів – струмопроводу, тракту підвода електроліту. Комплексні вимоги зберігають своє значення практично у

					6261м. 03.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						21
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

всіх випадках, приватні значною мірою залежить від функціонального призначення конкретного пристосування для електрохімічної обробки.

Найбільш важливим зі спеціальних вимог комплексного характеру, яким повинна задовольняти оснастка для електрохімічної обробки, є корозійна стійкість.

Спеціальні вимоги приватного характеру пред'являються до окремих елементів пристосування.

Важливою вимогою до пристосування для електрохімічної обробки є жорсткість, яка необхідна для запобігання вібрації заготовки та інструменту.

Сили, які діють на пристосування при електрохімічній обробці, утворюються переважно гідростатичним та динамічним тиском електроліту. При недостатній жорсткості пристосування відхилення взаємного положення електрода та заготовки можуть знизити точність обробки та послугувати причиною короткого замикання.

Однією з важливих вимог до пристосування є забезпечення надійності струмопроводу до заготовки. Дослідженнями встановлено, що при підводі струму до циліндричної деталі одним струмопроводним елементом, розташованим у різних частинах заготовки по довжині не вдається отримати отвір суворо циліндричної форми. Відхилення від циліндричності відповідає закону розподілення напруги по довжині заготовки.

До струмопроводів під час експлуатації пред'являють наступні спеціальні вимоги: корозійна стійкість в агресивній середі; конструкційна стабільність; неприпустимість порушення контакту в результаті вібрації.

В умовах електрохімічної обробки причиною корозії елементів пристосувань є протікання на їх поверхні окислювально-востановчих процесів під впливом робочих розчинів електролітів, компонентів атмосфери та електричного струму. Електроліти, які використовуються в процесі електрохімічної обробки, при накладанні електричного струму стають особливо активні.

					6261м. 03.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						22
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Засобами захисту від корозії у розчинах електролітів є використання корозійно-стійких металів, розрив виникаючих електричних ланцюгів, введення в ці ланцюги великих опорів.

Для конструкцій пристосувань в деяких випадках можна підібрати метал з потрібною корозійною стійкістю, виходячи зі значення його електрохімічного потенціалу в розглядаємій середі.

Для полегшення та здешевлення виготовлення пристосувань для електрохімічної обробки багатовартні корозійно-стійкі сплави можуть бути замінені звичайними конструкційними сталями з нанесеними захисними покриттями, а також стійкими в умовах електрохімічної обробки неметалевими матеріалами.

Функції, які виконують пристосування для електрообробки, в основному, співпадають з функціями пристосувань для обробки різанням, відмінність зводиться до необхідності підводу напруги до заготовки, формування потоку робочої рідини, забезпечення корозійної стійкості. Це дозволяє застосовувати при проектуванні пристосувань для електрообробки загальні принципи нормалізації та стандартизації пристосувань для механічної обробки.

Більшість спеціальних пристосувань для електрообробки може бути виготовлено з нормалізованих та стандартизованих елементів, які використовують при створенні пристосувань для механічної обробки. Рівень використання нормалізованих та стандартних деталей при конструюванні спеціальних пристосувань досягає 70 %.

					6261м. 03.МР.09.02.ПЗ	Арк.
						23
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Технологічна частина

3.1. Аналіз заводського технологічного процесу виготовлення деталі

Метою проектування технологічних процесів механічної обробки є докладний опис процесів виготовлення деталі з необхідними техніко-економічними розрахунками та обґрунтуваннями прийнятого варіанту.

Технологічний процес – це основа розробки роботи, згідно з ним визначають необхідну кількість устаткування, виробничі площі та енергетику цеху, його транспортні засоби, необхідні матеріали.

При проектуванні технологічного процесу обробки деталі муфта редуктора газотурбінної установки в основу був взятий досвід роботи на базовому підприємстві. Заводський технологічний процес є типовим для одиничного виробництва і відповідних до нього форм організації праці.

Для обробки муфти використовується універсальне устаткування та оснастка, універсально-складальні пристосування, бо витрати на виготовлення спеціальних пристосувань досягають значних розмірів і не виправдовуються в одиничному виробництві.

Розробка заводського технологічного процесу обробки обмежена складанням технологічного маршруту з поопераційним описом без нормування технологічних операцій, що вимагає від робітників великого майстерства та високої кваліфікації.

У магістерській роботі технологічний процес розроблено для серійного виробництва. Метою складання маршруту обробки муфти є план обробки, установлення вмісту операцій технологічного процесу та вибір типу устаткування.

При встановленні загальної послідовності обробки спочатку обробляють поверхні, які прийняті за установочні бази. Потім обробляються поверхні, які залишилися у послідовності зворотній ступені їх точності. Обробка закінчується поверхнею, яка є найбільш точна.

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						25
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Вибір та обґрунтування вибору методу отримання заготовки

Вибір виду заготовки впливає на якість виробу і є одним з найбільш важливих етапів проектування. Більше ніж 80 % сталі, яка виплавляється, піддається до обробки тиском. Пояснюється це тим, що литой метал має значну кількість дефектів: крупнозернистість, ліквіацію мікротріщини, газові міхури та ін. Ці дефекти усувають гарячою пластичною обробкою – гарячим штампуванням.

В результаті пластичної деформації заварюються газові міхури, мікротріщини, вираховується хімічний склад у розрізі. Механічні властивості штампованого металу краще, ніж литого.

При виборі заготовки для проектування технологічного процесу порівняємо два варіанти;

- 1.метод отримання заготовки з прокату;
- 2.метод отримання заготовки штампованої заготовки.

Для порівняння двох методів отримання заготовки скористуємося таким виразом:

$$\frac{q(Q'' - Q')}{Q'' \cdot Q'}$$

де q – маса деталі, кг;

Q' – маса штампованої заготовки (докладний розрахунок у п.2.3), кг;

Q'' – маса прокату, кг

$$\frac{22(199 - 39)}{199 \cdot 39} = 0,45 \geq 0,05.$$

Нерівність виконується, тому доцільно прийняти заготовку зубчастої муфти – штампування.

Заготовка буде виготовлятися на горизонтально-кувальній машині, у закритих штампах з роз'ємною матрицею. Для виходу зайвого металу у матриці передбачені компенсатори.

3.3. Проектування заготовки

Точність виготовлення характеризується класом точності, який умовно позначається T₁...T₅.

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						26
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Клас точності поковки встановлюється в залежності від технологічного процесу та устаткування для її виготовлення. Приймаємо клас точності Т₄.

Група сталі - умовно позначається М₁, М₂ і М₃. Вибирається в залежності від вмісту вуглецю та легуючих елементів. Приймаємо групу сталі М₁.

Маса поковки – орієнтувальна величина розрахункової маси поковки (G_{п.р.}) визначається за формулою:

$$G_{п.р.} = G_q \cdot K_p,$$

де G_q – маса деталі, кг;

K_p – розрахунковий коефіцієнт, який встановлюється відповідно до характеру деталі

$$G_{п.р.} = 22 \cdot 1,6 = 35,2 \text{ кг.}$$

Ступінь складності поковки С₁, С₂ і С₃, С₄ визначається відношенням об'єму (маси) поковки до об'єму (маси) фігури, в яку вписується поковка.

Фігура, у яку вписується поковка, у даному випадку поковка муфти, має вигляд циліндру. Масу фігури визначаємо:

$$G_{\Phi} = V_{\Phi} \cdot \gamma_{ст},$$

де V_ф – об'єм фігури, см³;

γ_{ст} – густина сталі, кг/см³

$$G_{\Phi} = 25,413 \cdot 0,00785 = 199,492 \text{ кг;}$$

$$C = \frac{35,2}{199,492} \approx 0,18.$$

Це відповідає ступеню складності С₃.

В залежності від маси поковки, групи сталі, ступеню складності, класу точності поковки встановлюємо вихідний індекс – 16, табл.2 [5].

Основні припуски на номінальні розміри деталі визначаємо враховуючи вихідний індекс та шорсткості поверхонь деталі по табл. 3 [5]. Додаткові припуски, враховуючи зміщення по поверхні роз'єму штамп – 0,4 мм по табл. 4 5, відхилення від прямолінійності – 0,6 мм по табл. 5 [5]:

$$d_{288} = d + 2\Pi_{общ d} = 288 + 2(0,4 + 0,6 + 3,2) = 296,4 \text{ мм;}$$

приймаємо 296 мм.

$$d_{56} = d + 2\Pi_{общ d} = 256 + 2(0,4 + 0,6 + 2,7) = 63,4 \text{ мм;}$$

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						27
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймаємо 63 мм.

$$d_{115} = d + 2\Pi_{\text{общ } d} = 115 + 2(0,4 + 0,6 + 3,3) = 123,6 \text{ мм};$$

приймаємо 124 мм.

$$d_{75} = d - 2\Pi_{\text{общ } d} = 75 - 2(0,4 + 0,6 + 2,5) = 68 \text{ мм};$$

$$d_{165} = d + 2\Pi_{\text{общ } d} = 165 + 2(0,4 + 0,6 + 2,4) = 171,8 \text{ мм};$$

приймаємо 172 мм.

$$d_{256} = d + 2\Pi_{\text{общ } d} = 256 + 2(0,4 + 0,6 + 3,2) = 264,4 \text{ мм};$$

приймаємо 284 мм.

$$L_{365} = L + 2\Pi_{\text{общ } d} = 365 + 2(0,4 + 0,6 + 2,6) = 372,2 \text{ мм};$$

$$L_{37} = L - \Pi_{\text{общ } d} = 37 - (0,4 + 0,6 + 2,0 - 2,7) = 36,7 \text{ мм};$$

$$L_{75} = L + \Pi_{\text{общ } d} = 75 + (3,6 + 0,4 + 0,6 - 1,9) = 81,5 \text{ мм};$$

$$L_{93} = L + \Pi_{\text{общ } d} = 93 + 2(3,6 + 0,4 + 0,6 + 1,9) = 99,5 \text{ мм}.$$

Граничні відхилення розмірів заготовки визначаємо по табл. 9 [5]. Таким чином, розміри заготовки з допустимими відхиленнями складатимуть:

$\varnothing 296^{+3,3}_{-1,7}$	$\varnothing 63^{+2,4}_{-1,2}$	$\varnothing 124^{+3,0}_{-1,3}$
$\varnothing 68^{+2,7}_{-1,3}$	$\varnothing 172^{+2,7}_{-1,3}$	$\varnothing 264^{+3,3}_{-1,7}$
$372^{+3,3}_{-1,7}$	$36,7^{+2,1}_{-1,1}$	$81,5^{+2,4}_{-1,2}$
		$99,5^{+2,4}_{-1,2}$

Креслення заготовки деталі муфта зубчаста складено згідно з ГОСТ 3.1126-88 з вказанням технічних вимог за ГОСТ 7505-89 та представлено на кресленні 6261м.01.МР.11.02.

Для визначення об'єму штампованої поковки умовно розбиваємо її на окремі прості елементарні фігури. Визначаємо об'єми цих фігур, тоді загальний об'єм штампованої поковки складе 4,516 см³.

Маса штампованої заготовки визначається

$$G_{\text{з.ш}} = V \cdot \gamma_{\text{ст}},$$

де V – загальний об'єм штампованої поковки, см³;

$\gamma_{\text{ст}}$ – густина сталі, кг/см³

$$G_{\text{з.ш}} = 4,516 \cdot 0,00785 = 35,45 \text{ кг}.$$

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						28
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаючи неминучі технологічні втрати (чад, облой та ін.) при об'ємному штампуванні рівними 10 %, визначаємо витрату матеріалу на одну деталь:

$$G_{з.п} = \frac{G_{з.ш}(100+П_{ш})}{100},$$

де $П_{ш}$ - втрати при штампуванні

$$G_{з.п} = \frac{35,45(100+10)}{100} = 39 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання матеріалу на штамповану заготовку:

$$КВМ = \frac{G_q}{G_{з.п}} = \frac{22}{39} = 0,56.$$

3.4. Розрахунок вартості основних матеріалів

Витрати на основні матеріали визначаються виходячи з величин заданого річного випуску продукції, прогресивних норм витрат матеріалу на одиницю продукції, норм відходів та планових цін на матеріали та відходи.

Витрати на основні матеріали по одному виробу визначаємо за формулою:

$$M = K_{т.з} \cdot m \cdot Ц_{м} - q \cdot Ц_{від}, \text{ грн.},$$

де $K_{т.з}$ – коефіцієнт, який враховує транспортно-заготовчі витрати;

m – маса заготовки, кг;

$Ц_{м}$ – ціна матеріалу заготовки, грн./кг;

Q – маса відходів при виготовленні деталі з заготовки, кг;

$Ц_{від}$ - ціна реалізації відходів, грн./кг

$$M = 1,06 \cdot 39 \cdot 5,410 - 17 \cdot 4,328 = 150,07 \text{ грн.}$$

Розрахунок витрат на основні матеріали на партію деталей виконуємо в табличній формі (табл.3.1).

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						29
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок витрат на основні матеріали

Таблиця 3.1.

Маса деталі, кг	Вартість ма-теріалу заго-товки, грн./кг	Вартість однієї заготовки, грн	Вартість річної партії заготовок, грн	Маса відходів, кг	Вартість відходів, грн. 1 т	Вартість річного об' єму відходів, грн	Ціна 1 т відходів, грн.	Сума від реалізації відходів (на програму), грн.	Вартість річної партії заготовки з урахуванням возвратних відходів, грн
22	1,06	39х1,06	510570	82680	5410	34000	4328,0	147152,0	300146,8

3.5. Розрахунок припусків на механічну обробку

Проведемо розрахунок операційних розмірів, припусків при обробці зовнішньої циліндричної поверхні деталі муфта зубчаста Ø56_{-0,019}.

Загальним припуском на обробку називається шар металу, що видаляється з поверхні заготовки в процесі її обробки на всіх операціях.

Проміжний припуск – шар металу, необхідний для виконання технологічного переходу й обумовлений як різниця розмірів одержаних на суміжних – попередніх і виконуваних технологічних переходах процесу обробки даної поверхні.

Технологічний маршрут обробки поверхні буде виглядати так:

- точіння чорнове (h11),
- точіння чистове (h8),
- шліфування (h6).

Мінімальні та максимальні значення припусків визначаються за формулами:

$$2Z_{i \min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta \sum_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}], \text{ мкм};$$

$$2Z_{i \max} = 2Z_{i \min} + TD_{i-1} - TD_i, \text{ мкм}$$

де R_{zi-1} – висота нерівностей, мкм;

$h_{i-1 \min}$ – глибина дефектного поверхневого шару, мкм;

$\Delta \sum_{i-1}$ – сумарне відхилення розташування поверхонь;

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						30
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ε_i – похибка встановлення оброблюваної заготовки, яка виникає на виконуємому переході, мкм.

Допуск на розмір поковки: $TD_{\Pi} = 1200$ мкм [15, табл.32].

Технологічний допуск на чорнове точіння для 11 квалітету:

$TD_1 = 400$ мкм [15, табл.32].

Технологічний допуск на чистове точіння для 8 квалітету:

$TD_2 = 46$ мкм [15, табл.32].

Технологічний допуск на шліфування для 6 квалітету:

$TD_3 = 19$ мкм [15, табл.32].

Сумарна величина $(R_z + h)_3$, яка характеризує якість поверхні поковки, дорівнює 490 мкм [15, табл.24].

Величини висоти нерівностей R_z та глибин дефектного шару h на різних етапах обробки складатимуть:

- при чорновому точінні $R_{z1} = 125$ мкм; $h_1 = 120$ мкм [15, табл.24];
- при чистовому точінні $R_{z1} = 25$ мкм; $h_2 = 25$ мкм [15, табл.24];
- при шліфуванні $R_{z3} = 5$ мкм; $h_3 = 15$ мкм [15, табл.24].

Сумарне відхилення розташування поверхонь визначається, як:

$$\Delta\Sigma_2 = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{зм}}^2}, \text{ мкм};$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – величина просторових відхилень, мкм;

$\Delta_{\text{зм}}$ – відхилення від соосності, мкм;

$$\Delta_{\text{кор}} = \Delta K \cdot D, \text{ мкм},$$

де ΔK – питома кривизна заготовки, мкм/мм;

$$\Delta_{\text{кор}} = 2 \cdot 63 = 126 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{зм}} = 1,2 \text{ мм} = 1200 \text{ мкм};$$

$$\Delta\Sigma_3 = \sqrt{126^2 + 1200^2} = 730 \text{ мкм}.$$

Величина залишкових відхилень після чорнового точіння, визначається:

$$\Delta_{\text{зал i}} = K_{y i} \cdot \Delta\Sigma_3, \text{ мкм};$$

де K_y – коефіцієнт уточнення форми,

$$\Delta_{\text{зал i}} = 0,06 \cdot 730 = 80,6 \text{ мкм}.$$

Величина залишкових відхилень після чистового точіння:

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						31
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta_{\text{зал ч}} = 0,04 \cdot 730 = 36,2 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення деталі при чорновому точінні в трьохкулачковий патрон:

$$\Delta \epsilon_{y1} = 400 \text{ мкм [15, табл.13].}$$

Похибка встановлення деталі при чистовому точінні в трьохкулачковий патрон:

$$\Delta \epsilon_{y2} = 300 \text{ мкм [15, табл.13].}$$

Похибка встановлення при шліфуванні:

$$\Delta \epsilon_{y3} = 25 \text{ мкм [15, табл.13].}$$

Проведемо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків:

- під чорнове точіння

$$2Z_{1 \min} = 2[490 + \sqrt{730^2 + 400^2}] = 3600 \text{ мкм}$$

- під чистове точіння

$$2Z_{2 \min} = 2[(125+120) + \sqrt{80,6^2 + 300^2}] = 3446 \text{ мкм}$$

- під шліфування

$$2Z_{3 \min} = 2[(25+25) + \sqrt{36,2^2 + 25^2}] = 173 \text{ мкм}$$

Приймаємо за розрахунковий, розмір останнього переходу 55,981 мм, для інших переходів матимемо:

- чистове точіння $55,981 + 0,173 = 56,154 \text{ мм;}$
- чорнове точіння $56,154 + 3,446 = 59,600 \text{ мм;}$
- для заготовки $59,6 + 3,600 = 63,2 \text{ мм.}$

Визначимо найбільші граничні розміри:

- після шліфування 56,0 мм
- після чистового точіння $56,154 + 0,046 = 56,2 \text{ мм;}$
- для заготовки $63,2 + 1,2 = 64,4 \text{ мм.}$

Визначимо максимальне значення припусків:

- для шліфування

$$2Z_{3 \max} = 56,2 - 56,0 = 0,2 \text{ мм;}$$

- для чистового точіння

$$2Z_{2 \max} = 60,0 - 56,2 = 3,8 \text{ мм;}$$

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

- для чорнового точіння

$$2Z_{1 \max} = 64,4 - 60,0 = 4,4 \text{ мм.}$$

Зробимо перевірку правильності виконання розрахунків:

$$2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} = TD_{i-1} - TD_i$$

$$1) 2Z_{3 \max} - 2Z_{3 \min} = 0,2 - 0,173 = 0,027 \text{ мм;}$$

$$TD_2 - TD_3 = 46 - 19 = 27 \text{ мкм} = 0,027 \text{ мм;}$$

$$2) 2Z_{2 \max} - 2Z_{2 \min} = 3,8 - 3,446 = 0,354 \text{ мм;}$$

$$TD_1 - TD_2 = 400 - 46 = 354 \text{ мкм} = 0,354 \text{ мм;}$$

$$3) 2Z_{1 \max} - 2Z_{1 \min} = 4,4 - 3,6 = 0,8 \text{ мм;}$$

$$TD_3 - TD_1 = 1200 - 400 = 800 \text{ мкм} = 0,8 \text{ мм.}$$

Отже, розрахунки проведені вірно. Результати розрахунків зводимо до таблиці.

Розрахунок припусків на механічну обробку поверхні $\varnothing 56h6_{-0.019}$
та граничних розмірів по переходам

Технологічні операції та переходи обробки елементарної поверхні	Елементи припуску, мкм				Допуск на виготовлення TD, мкм	Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$ мкм	Розрахунковий розмір, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припуску, мм	
	R_z	h	$\Delta\Sigma$	$\Delta\epsilon_y$				$D_{\max}$	$D_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготівка (штампування)	250	240	730	-	1200	-	63,2	64,4	63,2	-	-
Точіння чорнове	125	120	80,6	400	400	3600	59,6	60,0	59,6	4,4	3,6
Точіння чистове	25	25	36,2	300	46	3446	56,154	56,2	56,154	3,8	3,445
Шліфування	5	15	-	25	19	173	55,981	56,0	55,981	0,2	0,173

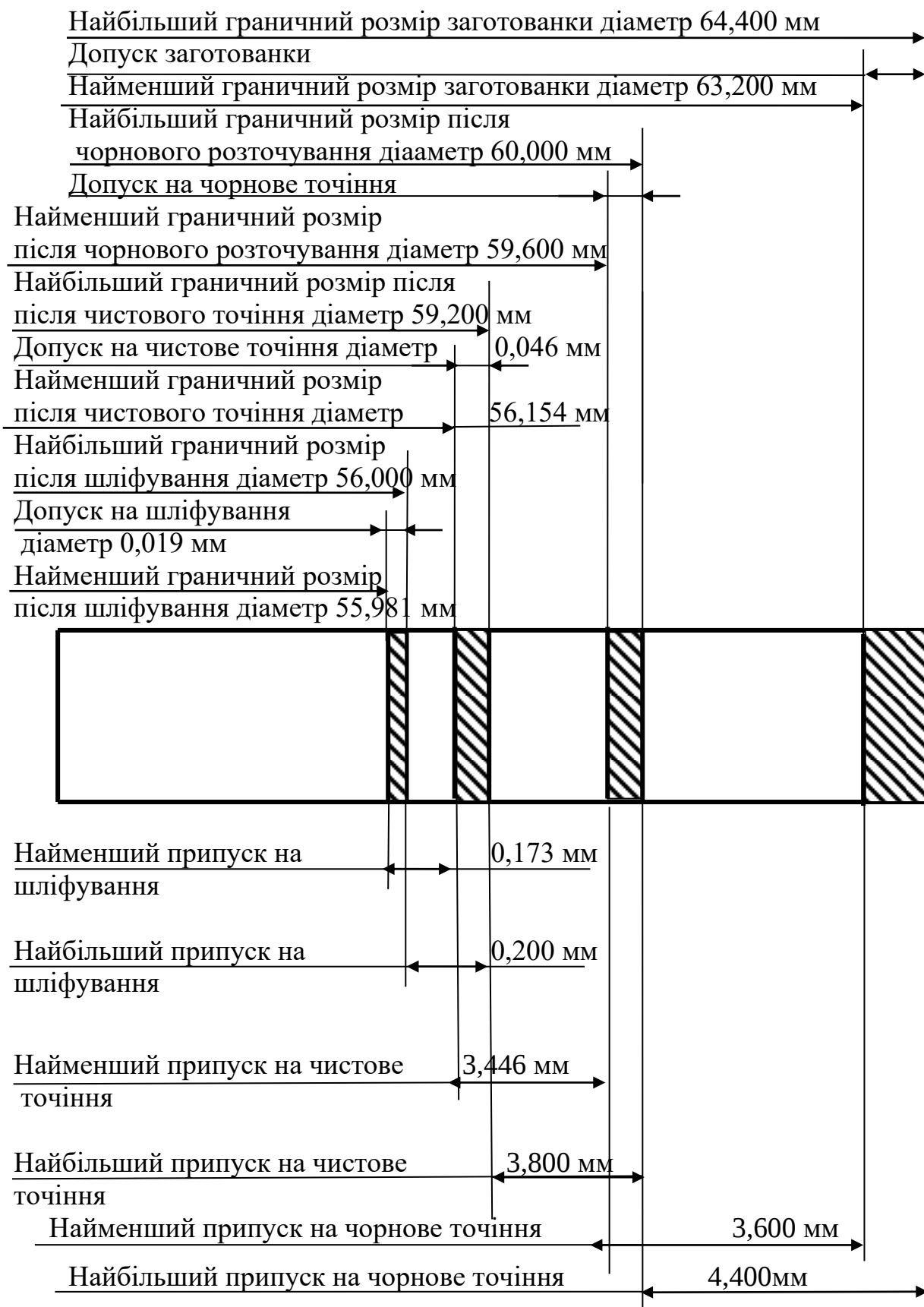


Рис.3.1.Схема графічного розташування припусків та допусків

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						34
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.6. Вибір устаткування

При виборі устаткування повинні бути враховані основні фактори:

- обсяг випуску деталей за завданням;
- тип виробництва;
- габаритні розміри деталі;
- розміри і розташування оброблюваних поверхонь;
- вимоги до точності, шорсткості поверхні та економічності обробки;
- необхідність найбільш повного використання верстатів по потужності і по завантаженню;
- простота обслуговування верстатів, ступінь їхнього використання і вартість.

За власними технічними характеристиками обрані верстати повинні відповідати наступним вимогам:

- робоча зона верстата повинна відповідати габаритам оброблюваної деталі;
- міцність (потужність), жорсткість та кінематичні можливості верстата повинні дозволяти вести обробку на оптимальних режимах;
- продуктивність верстата повинна відповідати заданому обсягу випуску виробів.

Таким чином, виходячи з вище переліченого, обираємо обладнання.

Для виконання чорнових та напівчистових токарних операцій вибираємо токарно-гвинторізний верстат 16K20. На цьому верстаті можна виконувати зовнішнє точіння та внутрішнє розточування, нарізання правої та лівої одно- та багатозахідної різьби, тому він цілком задовольняє вимогам обробки на даних операціях.

Технічна характеристика верстата 16K20

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм:

над станиною 400

над супортом 220

Найбільший діаметр прутка, який проходить крізь отвір шпинделя, мм: 53

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						35
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільша довжина оброблюваної заготовки, мм:	2000
Крок нарізаємої різьби:	
метричної	0,5-112
дюймової, кількість ниток на дюйм	56-0,5
модульної, модуль пітчевий пітч	56-0,5
Частота обертання шпинделя, об./хв.:	12,5-1600
Число швидкостей шпинделя	22
Найбільше переміщення супорта:	
поздовжнє	645-1.935
поперекове	300
Число ступенів подач	24
Подача супорта, мм/об. (мм/хв.):	
поздовжня	0,05-2,8
поперекова	0,025-1,4
Швидкість швидкого переміщення супорта, мм/хв.:	
поздовжнього	3800
поперекового	1900
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	11
Габаритні розміри, мм:	
довжина	2505
ширина	1190
висота	1500
Маса, кг	2835

Чистова токарна операція виконується на патрно-центрувальному верстаті з ЧПК 16K20Ф3С32. На цьому верстаті можна обробляти у замкненому напівавтоматичному режимі зовнішні а внутрішні поверхні деталей типу «тіл обертання» зі ступінчастим та криволінійним профілем, нарізання різьби. Верстат 16K20Ф3С32 оснащено ПЧПК типу 2Р22. Автоматична універсальна шостипозиційна револьверна голівка оснащена інструментальним диском, в якому можна установити шість радіальних чи три осьових інструментів.

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						36
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічна характеристика верстату 16K20Ф3С32

Найбільший діаметр виробу, мм:

- | | |
|--------------------------------|-----|
| - встановлюваного над станиною | 500 |
| - оброблюваного над супортом | 220 |
| - оброблюваного над станиною | 400 |

Найбільша довжина встановлюваного виробу, мм:

- | | |
|--------------------------|------|
| - встановленні у центрах | 1000 |
|--------------------------|------|

Найбільша довжина обробки, мм 870

Діаметр отвору у шпинделі, мм 53

Зміна частот обертання безступінчаста

Діапазон зміни частот обертання шпинделю, який встановлюється вручну, об./хв.:

- | | |
|----------------|----------|
| - I діапазон | 22,4-355 |
| - II діапазон | 63-900 |
| - III діапазон | 160-2240 |

Межі програмованих подач, мм/об.:

- | | |
|---------------|----------|
| - повздовжніх | 0,01-40 |
| - поперечових | 0,005-20 |

Максимально пропонована швидкість робочої подачі, мм/хв. (мм/об.):

- | | |
|--------------|------------|
| - повздовжня | 2000 (2,8) |
| - поперечова | 1000 (1,4) |

Швидкість швидких кроків (E), мм/хв., не менш:

- | | |
|---------------|------|
| - повздовжніх | 7500 |
| - поперечових | 5000 |

Дискретність переміщень, мм:

- | | |
|---------------|-------|
| - повздовжніх | 0,01 |
| - поперечових | 0,005 |

Потужність електродвигуна головного руху, кВт 11

Габаритні розміри, мм

- | | |
|-----------|------|
| - довжина | 3700 |
| - ширина | 1700 |

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						37
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- висота 2145

Система відліку ПЧПК типу 2P22 абсолютна та в приростанні з
клавіатури, магнітної касети та
перфоленти

Маса верстату, кг 3800

Для свердління отворів Ø1,5 мм та Ø20 мм обираємо радіально-свердлильний верстат 2Л53У. На верстаті можна проводити свердління у суцільному матеріалі, накопичення всіх органів керування на свердлильній головці, наявність гідрозатискача колони, зблокованого з затискачем свердлильної головки, автоматизація затискача рукава, наявність системи запобіжних пристроїв, вимикаючих поломку верстата внаслідок перевантажень, дозволяють максимально скоротити допоміжний час і досягнути високої продуктивності.

Технічна характеристика верстата 2Л53У

Найбільший умовний діаметр свердління, мм: 35

Виліт шпинделю від твірної колони, мм:

- найбільший 1000
- найменший 290

Найбільша відстань від торця шпинделю до плити, мм: 1120

Найбільша відстань від торця шпинделю до столу, мм:

- найбільше 630
- найменше 15

Кількість ступенів швидкостей шпинделя 8

Межі частот шпинделя, об./хв. 35,5-1400

Кількість подач шпинделю, мм/об. 0,1-1,1

Кількість ступенів механічних подач шпинделя 6

Маса верстату, кг 2100

Найбільша ефективна потужність на шпинделі, кВт 1,6

Найбільший крутний момент на шпинделі, кгс·м 18

Найбільше зусилля подачі, кгс 800

Противага шпинделю пружинний

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						38
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність, кВт

2,2

Габаритні розміри (L+B+H), мм

1850x800x2430

Шліфування шийок муфти виконується на круглошліфувальному верстаті 3У131ВМ. На верстаті може виконуватися повздовжнє шліфування з періодичною подачею, повздовжнє шліфування з автоматичною подачею при реверсуванні столу, а також повздовжнє та врізне шліфування при ручних поперекових подачах. Шліфувальна бабка встановлена на роликових шинах, що виключає вплив нагріву на точність роботи верстата та підвищує чуттєвість подач. Верстат забезпечено механізмом для балансування шліфувального круга на ходу. Переміщення столу від гідроприводу. Верстат забезпечено механізмом магнітного фільтра-сепаратора для очищення охолоджувальної рідини.

Технічна характеристика верстату 3У131ВМ

Висота центрів, мм 185

Відстань між центрами, мм 710

Найбільші розміри шліфованого виробу, мм

- діаметр 280

- довжина 710

Найбільша маса встановлюваного виробу, кг

- в центрах 250

- в патроні 40

Шліфувальний круг ПП600x63x305

Діаметр шліфованого отвору, мм

- найбільший 200

- найменший 10

Найбільша довжина переміщення столу, мм 710

Найменший кут повороту шліфувальної бабки, град.:

- за годинниковою стрілкою 30

- проти годинникової стрілки 30

Кут повороту верхнього столу, град.:

- за годинниковою стрілкою 3

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						39
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проти годинникової стрілки	10
Найменший кут повороту передньої бабки, град.:	
- за годинниковою стрілкою	30
- проти годинникової стрілки	90
Величина повздовжньої подачі, мм на діаметр	0,001-0,05
Швидкість обертання шліфувального круга, м/с	50/35
Швидкість повздовжнього переміщення столу, м/хв.	0,05-5
Ціна ділення лімба поперечної подачі на діаметр, мм	0,005
Точність обробки зразку, мм:	
- постійність діаметру в повздовжньому розрізі	0,005
- площинність торцевої поверхні, мм	0,006
- круглість	0,00016
Частота обертання, об./хв.:	
- виробу (безступінчаста)	40-500
- шпинделя внутрішньої шліфовки	6550; 16900; 27800
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	5,5
Габаритні розміри (L+B+H), мм	2400x1275x1980
Маса верстату, кг	5900

Для внутрішнього шліфування обираємо верстат 3А229.

Технічна характеристика верстату 3А229

Діаметр шліфованих отворів, мм	100-400
Найбільша довжина шліфування, мм	320
Найбільший зовнішній діаметр оброблюваного виробу, який встановлюється на верстаті, мм	
- кожусі	680
- без кожуха	800
Найбільший кут повороту бабки при роботі:	
- з планшайбою, град.	15°
- з патроном у кожусі, град.	

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						40
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- з патроном без кожуха, град	30°
Найбільший хід столу, мм	800
Швидкість столу при шліфуванні, м/хв.	1,5-8,0
Частота обертання, об./хв.:	
- деталі (безступінчаста)	10-100
- шліфувальних шпинделів	7000, 5800, 4500, 3350
Найбільший діаметр внутрішньо шліфувального круга, мм	200
Найбільша ширина внутрішньо шліфувального круга, мм	63
Забезпечувана точність шліфувальної поверхні:	
- по овальності, мм	0,005
- по конусності, мм	0,01
Потужність електродвигуна, кВт	14,2
Габаритні розміри (LxBxH), мм	4075x1900x1740
Маса верстату, кг	6500

Нарізання шліців на муфті виконується на зубофрезерувальних верстатах 5K32П та 5K310 черв'ячними модульними фрезами.

Технічні характеристики верстатів 5K32П та 5K310

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки	800	200
Найбільші розміри нарізуваних коліс:		
- модуль	8	4
- довжина зуба прямозубих коліс, мм	300	200
- кут нахилу зубців, °	±60	±60
найбільший діаметр встановлюваних фрез, мм	200	125
Відстань від торця столу до вісі фрези, мм	210-570	145-365
Відстань від осі інструменту до осі шпинделю заготовки, мм	80-500	45-180
Найбільше осьове переміщення фрези, мм	80	50
Частота обертання шпинделя інструменту, об./хв.	40-130	63-480
Подача, мм/об., заготовки:		

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

- вертикальна чи повздовжня	0,8-5	0,63-4
- радіальна	0,25-1,5	0,135-2
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	7,5	4
Габаритні розміри, мм:		
- довжина	2650	2000
- ширина	1510	1300
- висота	2000	2040
Маса, кг	7200	4000

Фрезерування пазу виконується на вертикально-фрезерувальному верстаті 6Н13П. Муфта закріплюється у спеціальному затискному гідравлічному пристрої та під час обробки залишається нерухомою. Для скорочення допоміжного часу та зручності керування верстатом: пуск та стоп шпинделя та ручне вмикання швидких ходів столу виконується кнопками; керування подачами виконується рукоятками; зміна швидкостей та подач виконується за допомогою селективних механізмів.

Технічна характеристика верстату 6Н13П

Робоча поверхня столу, мм	1600x400
Число Т-подібних пазів	3
Ширина пазу, мм	18
Відстань між Т-подібними пазами, мм	90
Повздовжній хід столу, мм	900
Поперековий хід столу, мм	320
Вертикальний хід столу, мм	420
Відстань від торця шпинделя до поверхні столу, мм	
- мінімальна	30
- максимальна	520
Відстань від осі шпинделя до вертикальних напрямних станини, мм	450
Найбільший кут повороту шпиндельної головки вправо чи вліво	45°
Вертикальне переміщення шпинделя, мм	85
Число швидкостей фрезерувального шпинделя	18

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						42
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Межі чисел обертів шпинделю, об./хв.	30-1500
Число подач столу	18
Межі повздовжніх подач столу, мм/хв.	23,5-1180
Межі поперечових подач столу, мм/хв.	15,6-786
Межі вертикальних подач столу, мм/хв.	7,85-393
Швидкість швидкого повздовжнього переміщення столу, мм/хв.	2300
Швидкість швидкого поперечового переміщення столу, мм/хв.	1540
Швидкість швидкого вертикального переміщення столу, мм/хв.	770
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	10
Габаритні розміри, мм	
- довжина	2570
- ширина	1870
- висота	2250
Маса, кг	4250

3.7. Вибір ріжучого інструменту

Згідно з розробленого технологічного процесу та обраного устаткування, а також враховуючи властивості оброблюваного матеріалу деталі вибираємо стандартний та спеціальний ріжучий інструмент.

Обробка поверхонь внутрішніх і зовнішніх на токарно-гвинторізних верстатах виконується, як стандартними, так і спеціальними різцями з твердих сплавів Т15К6. Ці різці забезпечують високу продуктивність обробки деталей з легуючих сталей. для операцій 010, 015, 025, 030, 045:

- різець підрізний Т15К6 ГОСТ 18880-83;
- різець прохідний упорний Т15К6 ГОСТ 18879-83;
- різець розточувальний Т15К6 ГОСТ 9795-84;
- різець прохідний прямий Т16К6 ГОСТ 18878-83;
- різець радіусний Т15К6 спеціальний;
- різець відрізний Т15К6 ГОСТ 18884-83;
- різець підрізний відігнутий Т15К6 ГОСТ 18877-83.

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Для центрування використовується центрувальне свердло з циліндричним хвостовиком Ø4 Р6М5 ГОСТ 14952-80.

Для токарної з ЧПУ операції 060:

- різець прохідний упорний з механічним кріпленням пластин Т15К6 ГОСТ 20872-80;

- різець канавковий Т15К6, спеціальний;

- різець нарізний Т15К6 ГОСТ 18885-83.

Для свердління 4 отворів Ø20 мм застосовуємо спеціальний комбінований інструмент свердло-зенкер Ø18/Ø20 Р6М5.

Для свердління 56 отворів Ø1,5 мм використовуємо спіральне свердло з циліндричним хвостовиком Ø1,5 Р6М5 ГОСТ 12122-83.

Ріжучий інструмент для шліфувальних операцій – це круг плоскопрямого профілю; абразивний матеріал – білий електрокорунд; зернистість за ГОСТ 3647-80; твердість за ГОСТ 21323-75; зв'язка – керамічна. Для операцій 052, 082:

- круг шліфувальний ПП 600х63х305 24А 40-Н СТ17 К5 А ГОСТ 2424-84.

Для шліфувальної операції 090:

- круг шліфувальний ПП 20х25х10 24А 40-Н СТ1 7К5 А ГОСТ 2424-83.

Нарізка шліців муфти виконується черв'ячними модульними фрезами. Для операції 040 – черв'ячна модульна фреза $m = 5$ мм, Р6М5. Для операції 095 – черв'ячна модульна фреза $m = 2,5$ мм, Р6М5.

Для фрезерування пазу на операції 100 застосовуємо шпоночну фрезу Ø12 Р6М5 ГОСТ 17025-83.

При застосуванні приведенного вище ріжучого інструменту будуть досягнені задана якість та геометрична форма поверхонь деталі.

3.8. Вибір вимірювального інструменту

Застосування вимірювального інструменту та методів вимірювання – це необхідні фактори забезпечення високої якості випускаємої продукції.

Під методами вимірювання розуміють сукупність використовуваних вимірювальних засобів та умов вимірювання та поділяють на абсолютні,

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						44
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порівняльні, прямі, непрямі, комплексні, елементарні, контактні та безконтактні.

Засоби вимірювання розмірів виробів обирають з урахуванням таких основних факторів: виробничої програми; особистостей конструкції виробу та точності його виготовлення; похибки обраного вимірювального засобу та собівартості вимірювання.

Для вимірювання зовнішніх та внутрішніх діаметрів муфти, утворених в результаті токарної обробки, застосовуються:

- ШЦ I-0-125-0,1 ГОСТ 166-89;
- ШЦ II-0-160-0,02 ГОСТ 166-89;
- ШЦ II-0-160-0,05 ГОСТ 166-89;
- ШЦ II-0-250-0,1 ГОСТ 166-89;
- ШЦ II-0-200-0,1 ГОСТ 166-89;
- ШЦ III-0-315-0,1 ГОСТ 166-89;
- спеціальна скоба $\varnothing 56,2h8$.

Для контролю діаметру $\varnothing 20$ мм, який утворено після свердління застосовується двосторонній гладкий калібр-пробка $\varnothing 20H12$ за ГОСТ 14810-89.

Після шліфування застосовуємо наступні вимірювальні інструменти:

- МК 100-125-0,01 ГОСТ 6507-89;
- гладка скоба $\varnothing 56h6$.

Для вимірювання глибини використовуємо штангенглибиномір ШГ 0-250-0,05 ГОСТ 162-89.

Для контролю різьби застосовуємо кільця різьбові М100х1,5, а також мікрометричну різьбову скобу МК 100-125-0,01.

При шліцефрезерувальних операціях для вивірення використовуються індикатор ІГ-2 ГОСТ 577-88, а також ролики мірні.

Також застосовуються спеціальні шаблони для контролю кутових розмірів деталей, перевірки радіусів, фасок, канавки.

Використання вище приведених засобів технічного контролю забезпечить граничнодопустиму похибку вимірювання та якість виробу, який випускають.

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						45
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.9. Розрахунок режимів обробки

Проведемо розрахунок на дві операції: свердлильну 035 та шліфувальну 085 (обробка поверхні $\varnothing 115,4_{-0,1}$ до $\varnothing 115\text{Js6}(\pm 0.011)$). Розрахунок режимів різання на інші операції виконується за нормативними документами і довідниками.

Свердлильна операція

Свердління 4 отворів виконується на радіально-свердлильному верстаті 2Л53У комбінованим інструментом свердло-зенкер з швидкоріжучої сталі Р6М5.

Призначаємо режим різання. Для свердління сталі з $\sigma_B > 80$ кгс/мм² та діаметрі свердла 16-20 мм подача [14, табл.27]. $S_o = 0,120 - 0,220$ мм/об. Приймаємо середнє значення діапазону $S_o = 0,17$ мм/об. Корегуємо подачу відповідно до паспортних даних верстату $S_o = 0,1$ мм/об.

Перевіряємо прийняту подачу по осьовій складаючій сили різання, допускаємо міцністю механізму подачі верстата. Для цього визначаємо осьову складаючу сили різання [14, с.435]

$$P_o = C_p \cdot D^{g_p} \cdot S_o^{Y_p} \cdot K_p.$$

Випишуємо з табл.31 [14, с.436] коефіцієнт та показники ступенів формули для випадку свердління конструкційної сталі з $\sigma_B = 75$ кгс/мм² інструментом з швидкоріжучої сталі: $C_p = 68$; $g_p = 1$; $Y_p = 0,7$.

Визначаємо поправочний коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності $K_p = K_{mp}$ (за табл.21, с.430 [14]):

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{75} \right)^{n_p},$$

$$n_p = 0,75, K_{mp} = \left(\frac{90}{75} \right)^{0,75} = 1,2^{0,75} = 1,15.$$

$$\text{В одиницях СВ } P_o = 9,81 \cdot 68 \cdot 20^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,15 = 3061 \text{ Н.}$$

Необхідно виконати умову

$$P_o \leq P_{\max},$$

де $P_{\max}$ – максимальне значення осьової складаючої сили різання, допустимий механізмом подачі верстату. За паспортними даними верстату

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						46
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2Л53У $P_{\max} = 800 \text{ кгс} = 7845,32 \text{ Н}$. Призначена подача $S_o = 0,1 \text{ мм/об.}$ допустима, тому що $3061 < 7845,32$.

Призначаємо період стійкості свердла (за табл.29, с.435 [14]). Для свердла діаметром $D = 20 \text{ мм}$ при обробці конструкційної сталі свердлом з швидкоріжучої сталі пропонується період стійкості $T = 45 \text{ хв.}$ Припустимий знос свердла (за табл.9, с.153 [14]) $h_z = 0,4 \dots 0,8 \text{ мм}$ (для обробки сталі свердлами з швидкоріжучої сталі, $D \leq 20 \text{ мм}$).

$$V_u = \frac{C_v \cdot D^{qp}}{T^m \cdot S_o^{yv}} \cdot K_v.$$

Випишуємо з табл.28 [14, с.434] коефіцієнт та показники ступенів формули для випадку свердління конструкційної сталі з $\sigma_B = 75 \text{ кгс/мм}^2$ інструментом з швидкоріжучої сталі P18 при $S_o < 0,2 \text{ мм/об.}$: $C_v = 1,07$; $g_v = 0,75$; $Y_v = 0,85$; $m = 0,25$.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує відмітні від табличних умов різання, становить собою добуток з коефіцієнтів:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{nv} \cdot K_{lv},$$

де K_{MV} – коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу по табл.9 і 10 [14, с.424]:

$$K_{MV} = C_M \left(\frac{75}{\sigma_B} \right)^{nv},$$

$$C_M = 1; n_v = 0,9; K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{75}{90} \right)^{0,9} = 0,83^{0,9} = 0,849;$$

K_{nv} – коефіцієнт на інструментальний матеріал по табл.15 [15, с.426], $K_{nv} = 1$.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = 0,849 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,849.$$

Швидкість головного руху різання

$$V_u = \frac{1,07 \cdot 20^{0,75}}{45^{0,25} \cdot 0,1^{0,85}} = 27,66 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя, яка відповідає знайдений швидкості головного руху різання:

$$n = \frac{1000 \cdot v_n}{\pi \cdot D}; n = \frac{1000 \cdot 27,66}{3,14 \cdot 20} = 440 \text{ об./хв.}$$

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Корегуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними верстата та встановлюємо дійсну частоту обертання:

$$n_q = 190 \text{ об./хв.}$$

Дійсна швидкість головного руху різання

$$v_q = \frac{\pi \cdot D \cdot n_q}{1000} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 190}{1000} = 11,9 \text{ м/хв.}$$

Крутний момент від сил опору різанню при свердлінні [14, с.435]:

$$M = C_M \cdot D^{g_M} S_o^{y_M} \cdot K_p.$$

Випишуємо з табл.31 [14, с.436] коефіцієнт та показники ступенів формули для випадку свердління конструкційної сталі з $\sigma_B = 75 \text{ кгс/мм}^2$: $C_M = 0,0345$; $g_M = 2$; $y_M = 0,8$.

Врахуємо поправочний коефіцієнт K_p з табл.21 і 22 [14, с.430]. Цей коефіцієнт вже визначено при підрахуванні осьової складової сили різання: $K_p = K_{mp} = 1,15$.

В одиницях СВ:

$$M = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 20^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,15 = 24,67 \text{ Н}\cdot\text{м} (2,52 \text{ кгс}\cdot\text{м}).$$

Потужність, яка витрачається на різання [14, с.437]:

$$N_{\text{різ}} = \frac{M \cdot n}{975} = \frac{2,52 \cdot 190}{975} = 0,5 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо, чи достатня потужність верстату.

Обробка можлива, якщо $N_{\text{різ}} \leq N_{\text{шп}}$

Потужність на шпинделі верстату $N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta$. У верстата 2Л53У $N_d = 2,2 \text{ кВт}$, а $\eta = 0,8$.

$$N_{\text{шп}} = 2,2 \cdot 0,8 = 1,76 \text{ кВт}$$

$0,5 < 1,76$, тому обробка можлива.

Шліфувальна операція

Розрахунок зробимо для найбільшого діаметру на цій операції

Ø115Js6 ($\pm 0,011$)

Швидкість головного руху різання (шліфувального круга) $v = 30\text{-}35 \text{ м/с}$

$$V = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60},$$

де D_k – діаметр круга, мм;

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						48
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

n_k – частота обертання круга, об./хв.

За паспортними даними верстата 3У131ВМ у нового круга $D_k = 600$ мм; $n_k = 1112$ об./х.

Тоді

$$V = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1112}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с},$$

що у межах пропонованого діапазону.

Швидкість руху колової подачі $V_{3 \text{ кол}}$ з табл.69 [14, с.465] $V_{3 \text{ окр}} = 15 - 55$ м/хв. Приймаємо середнє значення 35 м/хв.

Визначаємо частоту обертання заготовки, яка відповідає швидкості колової подачі:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot v_{3 \text{ кол}}}{\pi \cdot d_3},$$

де d_3 - діаметр заготовки, мм.

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 115,4} = 96,59 \text{ об./хв.}$$

Корегуємо за паспортними даними верстата та встановлюємо дійсну частоту обертання

$$n_{3 \text{ дійсн}} = 100 \text{ об./хв.}$$

Дійсна швидкість руху колової подачі

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 115,4 \cdot 100}{1000} = 36,2 \text{ м/хв.}$$

Поперекова подача круга S_x , мм/хід (у довідника названа глибиною щіфкування t табл.69 [14, с.465]); $S_x = 0,005-0,015$ мм/хід столу. Так як на верстаті 3У131ВМ поперекові подачі регулюються безступінчасто у межах 0,001-0,05 мм/хід, то приймаємо $S_x = 0,01$ мм/хід.

Визначаємо повздовжню подачу на оберт заготовки: $S_o = S_g \cdot B_k$. З табл.69 [14, с.465]. $S_g = 0,16-0,25$, приймаємо $S_g = 0,16$. Тоді, $S_o = 0,16 \cdot 63 = 10,08$ мм/об.

Визначаємо швидкість руху повздовжньої подачі (швидкість повздовжнього ходу столу):

$$V_{\text{спов}} = \frac{S_o \cdot n_3}{1000} = \frac{10,08 \cdot 100}{1000} = 1,008 \text{ м/хв.}$$

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						49
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як на верстаті 3У131ВМ передбачено безступінчасте регулювання швидкості повздовжнього ходу столу в межах 0,05-5 м/хв., то приймаємо $V_{\text{спов}} = 1$ м/хв.

Визначаємо потужність, яка витрачається на різання:

$$N_{\text{різ}} = C_N \cdot V_g^r \cdot t^x \cdot S_o^y \cdot d_3^q$$

Випишуємо з табл.70 [14, с.480] коефіцієнт та показники ступенів формули для колового зовнішнього шліфування з поперековою подачею на кожний хід столу, обробки сталі, зернистості круга 40, твердості СТ1: $C_N = 2,65$; $r = 0,5$; $x = 0,5$; $y = 0,55$; $q = 0$. Тоді:

$$N_{\text{різ}} = 2,65 \cdot 36,2^{0,5} \cdot 0,01^{0,5} \cdot 10,08^{0,55} \cdot 115,4^0 = 5,68 \text{ кВт.}$$

Перевіряємо, чи достатня потужність двигуна шліфувальної бабки. У верстата 3У131ВМ:

$$N_{\text{різ}} = N_M \cdot \eta = 7,5 \cdot 0,8 = 6 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{різ}} \leq N_{\text{штп}}; \quad 5,66 < 6, \text{ тобто обробка можлива.}$$

3.10. Технічне нормування

До основних факторів, які складають технологічний процес, входить час, потрібний на обробку деталей. Він представляє собою технічну норму часу для оплати роботи, для калькуляції вартості виготовлення деталі та для підрахунку необхідної кількості верстатів та робітників у цеху.

Проведемо розрахунок на дві операції: свердлильну 035 та шліфувальну 085.

Свердлильна операція

Технічне нормування часу в умовах серійного виробництва, встановлюється розрахунково-аналітичним методом: розраховується штучний $T_{\text{шт.}}$, підготовче-заклучний $T_{\text{п.з.}}$, штучно-калькуляційний час

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

де $T_{\text{шт.}} = (T_o + T_{\text{доп}}) \cdot 1,1$;

T_o – основний (машинний) час;

$T_{\text{доп}}$ – допоміжний час.

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						50
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основний машинний час на перехід розраховується за загальною формулою для будь-якої механічної операції:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S_x} \cdot i,$$

де L – розрахункова довжина обробки;

S_x – хвилинна подача інструменту, мм/хв.;

i – число проходів, що залежить від припуску на обробку, від глибини різання,

n - число обертів інструменту в хвилину, об./хв.

$$T_o = \frac{60 \cdot 4}{190 \cdot 0,1} = 12,6 \text{ хв.}$$

Допоміжний час $T_{\text{доп}}$ складається з витрат часу на виконання дій основної роботи: установку і зняття деталі з верстата, зміну інструменту, зміну подач, частоти обертання, вмикання і вимикання подачі, контрольні проміри та ін.

$$T_{\text{доп}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{вим}} + t_{\text{кер}},$$

$t_{\text{уст}}$ – час на установку і зняття деталі, хв., $t_{\text{уст}} = 0,6$ хв. [9, к.13];

$t_{\text{пер}}$ – час, зв'язаний з переходом, хв., $t_{\text{пер}} = 0,6$ [9, к.29];

$t_{\text{уст.к}}$ – час на установку і зняття кондуктору, хв., $t_{\text{уст.к}} = 2$ хв. [9, к.43];

$t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, хв.;

$t_{\text{кер}}$ – час на керування верстатом, хв.;

Допоміжний час $T_{\text{доп}}$ на операцію складає:

$$T_{\text{доп}} = 0,6 + 2 + 0,6 = 3,21 \text{ хв.}$$

Оперативний час $T_{\text{оп}}$ на операцію:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{доп}} = 12,6 + 3,2 = 15,8 \text{ хв.}$$

Визначимо час на обслуговування робочого місця $T_{\text{обсл}}$:

$T_{\text{обсл}}$ - час на обслуговування робочого місця, хв. $T_{\text{обсл}} = 4\%$; [9, к.30];

$$T_{\text{обсл}} = 15,8 \cdot 0,04 = 0,63 \text{ хв.}$$

Визначимо час на відпочинок та фізичні потреби

$$T_{\text{відп}} = 15,8 \cdot 0,04 = 0,63 \text{ хв.};$$

$T_{\text{відп}}$ – час на відпочинок і природні потреби, хв., 4 % від оперативного часу [9, к.88].

Норма штучного часу визначається за формулою

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						51
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{шт.} = T_{оп} \left(1 + \frac{a_{абс} + b_{відп}}{100} \right),$$

де $T_{оп}$ – оперативний час, хв.;

$a_{абс}$ - % часу обслуговування від оперативного;

$b_{відп}$ - % часу відпочинку та фізичних потреб від оперативного,

$$T_{шт.} = 15,8 \left(1 + \frac{4+4}{100} \right) = 17,06 \text{ хв.}$$

Визначимо підготовчо-заключний час $T_{п.з.}$, [9, к.30];

$T_{п.з.}$ – підготовчо-заключний час, хв., $T_{п.з.} = 16 \text{ хв.}$

Шліфувальна операція

Основний час на операцію розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot h}{n_3 \cdot S_x \cdot S_o} \cdot k = \left(\frac{l_1 \cdot h}{n_3 \cdot S_o \cdot S_x} + \frac{l_2 \cdot h}{n_3 \cdot S_o \cdot S_x} \right) \cdot k = t_{o1} + t_{o2},$$

де L – довжина ходу столу, мм;;

k – коефіцієнт точності;

h – припуск на сторону, мм;

n_3 – частота обертання заготовки, об./хв.;

S_o – повздовжня подача на оберт заготовки, мм/об.;

S_x – поперекова подача круга, мм/хід столу.

Основний час для обробки $\varnothing 100,4_{-0,1}$ до $\varnothing 100Js6$:

$$t_{o1} = \frac{25 \cdot 0,2}{100 \cdot 10,08 \cdot 0,01} \cdot 1,4 = 0,7 \text{ хв.}$$

Основний час для обробки $\varnothing 115,4_{-0,1}$ до $\varnothing 115Js6$:

$$t_{o2} = \frac{30 \cdot 0,2}{100 \cdot 10,08 \cdot 0,01} \cdot 1,4 = 0,84 \text{ хв.}$$

Тоді, основний час на операцію:

$$T_{осн} = 0,7 + 0,84 = 1,54 \text{ хв.}$$

Визначимо допоміжний час на операцію:

– допоміжний час на установку і зняття деталі, хв., $t_{уст} = 0,56 \text{ хв.}$ [9, к.6];

– допоміжний час, пов'язаний з обробкою поверхні, вимірюванням

$$t_{обр.в} = 1,1 \text{ хв.} [9, к.44].$$

Допоміжний час на операцію складає:

$$T_{доп} = 0,65 + 1,1 = 1,75 \text{ хв.}$$

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						52
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оперативний час $T_{оп}$ на операцію:

$$T_{оп} = T_o + T_{доп} = 1,54 + 1,75 = 3,29 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця $T_{обсл}$:

$$T_{обсл} = 9 \% \text{ від оперативного часу; [9, к.45];}$$

$$T_{обсл} = 3,29 \cdot 0,09 = 0,3 \text{ хв.}$$

Визначимо час на відпочинок та фізичні потреби

$$T_{відп} = 3,29 \cdot 0,04 = 0,13 \text{ хв.};$$

$T_{відп}$ – час на відпочинок і природні потреби, хв., 4 % від оперативного часу [9, к.88].

Норма штучного часу визначається за формулою

$$T_{шт.} = T_{оп} \left(1 + \frac{a_{абс} + b_{відп}}{100} \right),$$

де $T_{оп}$ – оперативний час, хв.;

$a_{абс}$ - % часу обслуговування від оперативного;

$b_{відп}$ - % часу відпочинку та фізичних потреб від оперативного,

$$T_{шт.} = 3,29 \left(1 + \frac{9+4}{100} \right) = 3,72 \text{ хв.}$$

Визначимо підготовчо-заключний час $T_{п.з.}$, [9, к.45];

$$T_{п.з.} = 17 \text{ хв.}$$

3.11. Розробка керуючої програми для верстата 16К20Ф3С32

Чистову токарну обробку муфти виконуємо на верстаті 16К20Ф3С32 з ПЧПК 2Р22.

Керуюча програма записана за допомогою мови програмування, розшифрування команд якої приведена нижче:

$x; z$ - величина переміщення різця в абсолютних координатах;

$V; W$ - величина переміщення різця у відносних координатах;

F - робоча подача, мм/об.;

$T1$ – позиція інструменту в револьверній голівці;

$S2\ 250$ – діапазон і частота обертання шпинделя, об./хв.;

C – фаска під кутом 45° , мм;

Q – галтель, мм;

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						53
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

R – радіус дуги, мм;
 E – функція подачі (швидкий хід);
 ПС – кінець кадру;
 M02 – кінець програми;
 M08 – вмикання охолодження;
 M09 – вимикання охолодження.

Керуюча програма

N001 F0,4 S2 250 T1 ПС
 N002 Z0 X118 E M08 ПС
 N003 X112.35 ПС
 N004 Z-150 Q1 ПС
 N005 X114 W-80 Q1 ПС
 N006 X115.4 W-30 Q3 ПС
 N007 X140 ПС
 N008 Z0 E ПС
 N009 X112.35 E ПС
 N010 L03 P2 AO W-49.8 ПС
 N011 Z0 X118 E ПС
 N012 T2 ПС
 N013 Z-25 X101 E ПС
 N014 X97.8 ПС
 N015 X101 E ПС
 N016 Z0 E ПС
 N017 T1 ПС
 N018 X98.8 ПС
 N019 Z-25 C1 ПС
 N020 Z0 X118 E ПС
 N021 S1 40 T3 ПС
 N022 L01 F1.5 W25 X100 AO P0.2 ПС

					6261м. 03.MP.09.03.ПЗ	Арк.
						54
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

N023 X118 E M09 ПС

N024 Z0 E ПС

N025 M02 ПС

					6261м. 03.МР.09.03.ПЗ	Арк.
						55
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Конструкторська частина

Виконання операцій технологічного процесу обробки муфти зубчастої редуктора ГТД передбачає застосування спеціальних пристосувань. Використання верстатних пристосувань дозволяє усунути розмічання, вивіряння деталі при встановленні, розширює технологічні можливості устаткування, підвищує точність обробки та продуктивність праці, поліпшує його умови, дозволяє строго регламентувати тривалість виконання операцій, знижує аварійність.

Спроектоване пристосування повинно відповідати ряду вимог:

- бути достатньо жорстким для забезпечення заданої точності обробки;
- бути зручним в роботі та швидкодіючим;
- простим за конструкцією та дешевим у виготовленні;
- доступним для ремонту та зміни зношених частин;
- безпечним в експлуатації.

Вихідними даними при конструюванні пристосування є креслення заготовки та деталі, програма випуску виробів, технологічний процес.

4.1. Опис і розрахунок затискного гідравлічного пристрою

Кріплення деталі на верстаті в пристосуванні проводиться за допомогою гідроциліндру. Пристосування являє собою затискну стійку 1, яка закріплюється на столі верстату. Стійка складається з гідроциліндру 4, в якому переміщується поршень зі штоком 3, прихвату 2, змінних призм 6.

Гідросистема складається з маслобаку з насосом, запобіжного клапану, зворотного клапану, гідрокрану, циліндру та масловоду. Оброблювана деталь встановлюється у призмі. З маслобаку за допомогою насоса масло під тиском подається по маслопроводу до циліндру 4, який вбудовано у стійку 1. Під тиском масла поршень 3 зміщується вліво та під'єднаний до нього прихват 2 затискає деталь.

Простота конструкції пристосування дозволяє підвищити продуктивність процесу затискання та його надійність.

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						57
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок точності та зусилля затискання

Точність установки деталі в пристосуванні залежить від кількох факторів:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_3 + \varepsilon_{\text{пр}},$$

де ε_{δ} - похибка установки;

ε_3 – похибка закріплення;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка виготовлення пристосування;

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot TD \frac{1}{\sin \alpha},$$

де TD – допуск на діаметр поверхні Ø114_{-0,460}; TD = 0,46 мм;

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 0,46 \frac{1}{\sin 45^{\circ}} = 0,32 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_3 = 0,5 \text{ мм}; \quad \varepsilon_{\text{пр}} = 0,5 \text{ мм}.$$

Таким чином, похибка установки дорівнює:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = 0,32 + 0,5 + 0,5 = 1,32 \text{ мм}.$$

Умова дотримання точності:

$$\delta \geq \varepsilon_{\text{уст}},$$

де δ – допуск на розмір, $\delta = 1,4$ мм.

Ця умова виконується, бо $1,4 > 1,32$.

Складаємо розрахункову схему пристосування.

$$P_z = \frac{9,4 \cdot 60 \cdot 102}{10,09} = 5700 \text{ Н} = 5,7 \text{ кН}.$$

Визначаємо зусилля закріплення:

$$Q = 2 \cdot 5,3 \cdot \frac{0,23}{0,23} = 10,6 \text{ кН}$$

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						58
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

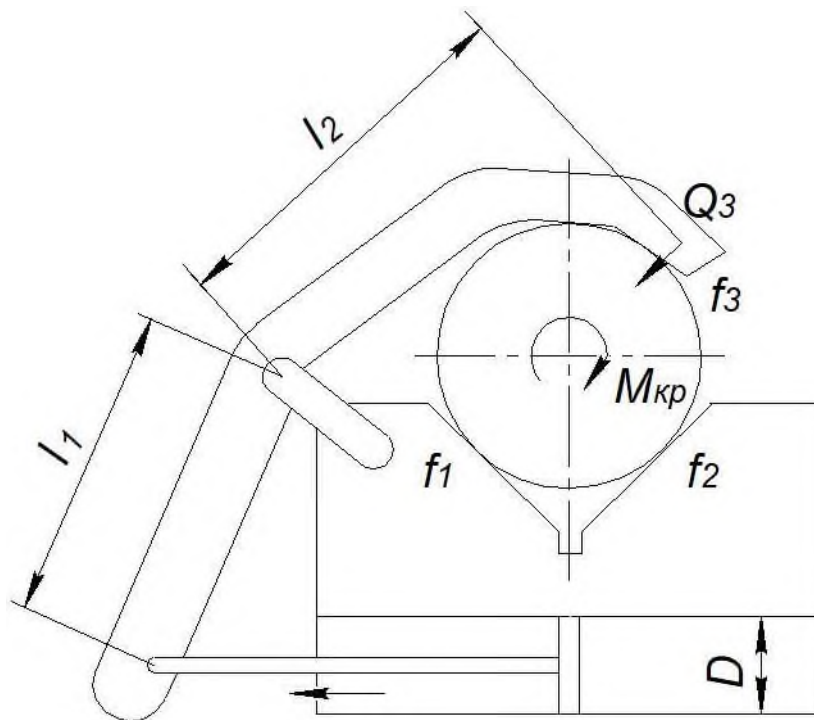


Рис 4.1.

$10,6 \text{ кН} > 5,7 \text{ кН}$, таким чином, обробка можлива.

4.2. Конструкція та принцип дії пристосування для перевірки плями контакту

Пристосування складається з оправки правої 2 та оправки лівої 3, а також кільця притискного 1.

Муфта встановлюється в праву оправку 2 та фіксується гвинтами 5. Спряжувана деталь встановлюється в ліву оправку 3 та притискається кільцем притискним 1 та шпильками 8. Потім шліци муфти уводяться в зачіплювання з шліцами спряжуваної деталі та проводиться перевірка плям контакту на верстаті 5A725, на якому дане пристосування встановлюється за рахунок гвинтів 4.

4.3. Розрахунок та конструювання свердла-зенкер

Вихідні дані: діаметр отвору 20 мм; глибина свердління 30 мм; оброблюваний матеріал - сталь 18Х2Н4МА, верстат свердлильний. Режими різання: подача $S = 0,1 \text{ мм/об.}$, швидкість різання $v = 11,9 \text{ м/хв.}$ Матеріал свердла – швидкоріжуча сталь Р6М5.

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						59
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо зусилля, яке на інструмент. Осьова складова сили різання:

$$P_x = 9,81 \cdot C_p \cdot D^{X_p} \cdot S_o^{Y_p} \cdot K_{MP},$$

де C_p , X_p , Y_p – коефіцієнт на відповідні показники ступенів формули

$$C_p = 68; q_p = 1; Y_p = 0,7 \text{ [14, табл.31, с.436]}:$$

Визначаємо поправочний коефіцієнт, який враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності [14, табл.21 і 22, с.430]:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{75} \right)^{n_p},$$

$$\text{де } n_p = 0,75; \quad K_{MP} = \left(\frac{90}{75} \right)^{0,75} = 1,15.$$

$$\text{В одиницях СВ: } P_o = 9,81 \cdot 68 \cdot 18^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,15 = 2754,9 \text{ Н.}$$

Момент сил опору різанню (обертаючий момент):

$$M_{c.оп.} = 9,81 \cdot C_M \cdot D^{Z_M} \cdot S_o^{Y_M} \cdot K_{MM},$$

C_M , Z_M , Y_M – коефіцієнти та відповідні показники ступенів [14, табл.31, с.436]: $C_M = 0,0345$; $q_p = 2$; $Y_M = 0,8$.

Враховуємо поправочний коефіцієнт K_p [14, табл.21 і 22, с.430]. Цей коефіцієнт вже визначено при підрахунку осьової сили різання: $K_p = K_{MP} = 1,15$.

$$\text{В одиницях СВ: } M = 9,81 \cdot 0,0345 \cdot 18^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,15 = 22,2 \text{ Н·м.}$$

Визначаємо номер конуса Морзе хвостовика.

Осьову складову сили різання P_x можна розкласти на дві сили: Q – діючу нормально до твірної конуса

$$Q = \frac{P_x}{\sin \theta},$$

де θ – кут конусності хвостовика ;

та силу R – діюча у радіальному напрямку та урівноважуючи реакцію на протилежній крапці поверхні конуса.

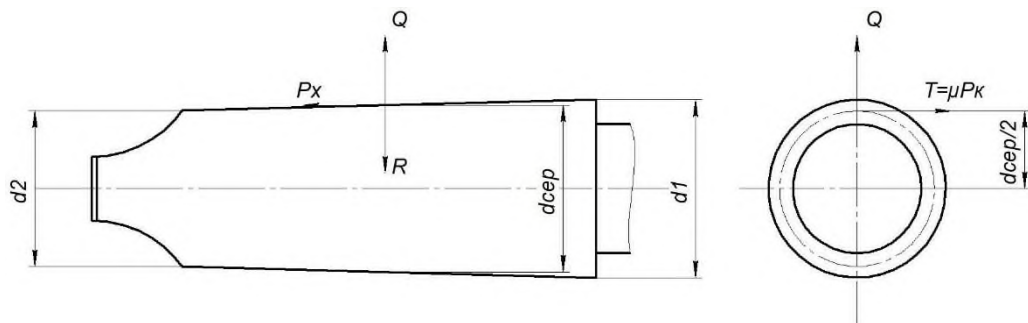


Рис.4.2

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Сила Q утворює дотичну складову T сили різання, з урахуванням коефіцієнту тертя поверхні конуса об стінки втулки μ :

$$T = \mu \cdot Q = \frac{\mu \cdot P_x}{\sin \theta}.$$

Момент тертя між хвостовиком і втулкою:

$$M_{\text{тер}} = \frac{\mu \cdot P_x \cdot (D_1 + d_2)}{4 \cdot \sin \theta} \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta)$$

Прирівняємо момент тертя до максимального моменту сил опору різанню, тобто який утворюється при роботі затупілим свердлом; який зростає до 3 разів порівняно з моментом, прийнятим для нормальної праці свердла.

Отож,

$$3 M_{\text{ср}} = M_{\text{тер}} = \frac{\mu \cdot P_x \cdot (D_1 + d_2)}{4 \cdot \sin \theta} \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta)$$

Середній діаметр конуса хвостовика

$$d_{\text{ср}} = \frac{D_1 + d_2}{2},$$

або

$$d_{\text{ср}} = \frac{6 \cdot M_{\text{ср}} \cdot \sin \theta}{\mu \cdot P_x \cdot (1 - 0,04 \Delta \theta)},$$

де $M_{\text{ср}} \approx 22,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ($\approx 2,26 \text{ кгс} / \text{мм}^2$) – момент опору сил різанню, $P_x = 2754,9 \text{ Н}$ ($\approx 280,8 \text{ кгс} / \text{мм}^2$) – осьова складова сили різання;

$\mu = 0,096$ – коефіцієнт тертя сталі по сталі;

θ – кут конусності хвостовика, для більшості конусів Морзе дорівнює ψ приблизно $1^\circ 30'$, $\sin 1^\circ 30' = 0,02618$;

$\Delta \theta = 5'$ – відхилення кута конусу;

$$d_{\text{ср}} = \frac{6 \cdot 22,2 \cdot \sin 1^\circ 30'}{0,096 \cdot 2754,9 (1 - 0,04 \cdot 5)} = 0,01648 \text{ м} = 16,5 \text{ мм}.$$

За табл.62 [14] середній діаметр конуса №2 дорівнює 14, 0 мм; середній діаметр конуса №3 дорівнює 19,1 мм. Отож, приймаємо конус №3 та свердло з підсиленням конусом. Основні розміри конструктивні конусу Морзе №3 з лапкою: $D_1 = 24,1 \text{ мм}$; $D = 23,125 \text{ мм}$; $d_2 = 19,1 \text{ мм}$; $l_3 = 94 \text{ мм}$; $l_4 = 99 \text{ мм}$; $a = 5$; конусність $1:19,222 = 0,05020$ чи кут $\theta = 1^\circ 26' 16''$.

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Визначаємо геометричні та конструктивні параметри робочої частини свердла. По табл.45 [14, с.152] знаходимо форму заточки ДП (двійна з підточкою перемички). Кут нахилу гвинтової канавки $\omega = 30^\circ$. Кути між ріжучими крайками: $2\varphi = 118^\circ$; $2\varphi_0 = 70^\circ$. Задній кут $\alpha = 12^\circ$. Кут нахилу поперекової крайки $\psi = 55^\circ$. Розміри підточеної частини перемички: $A = 2,0$ мм; $l = 4$ мм. Крок гвинтової канавки:

$$H = \frac{\pi \cdot D}{tg \omega} = \frac{3,14 \cdot 18}{tg 30^\circ} = 97,89 \text{ мм.}$$

Діаметр серцевини d_c у переднього кінця свердла приймаємо $0,14D$. $d_c = 0,14D = 0,14 \cdot 18 = 2,52$ мм. Для забезпечення жорсткості свердла серцевина повинна збільшуватися у напрямку до хвостовика. Стовщення серцевини у напрямку до хвостовика 1,4-1,8 мм на 100 мм довжини робочої частини свердла.

Зворотна конусність свердла на 100 мм – 1, 6 мм.

Ширину стрічки f_0 та висоту затилку по спинці k вибираємо за табл.63 [14]. Відповідно до діаметру свердла $f_0 = 1,2$ мм; $k = 0,6$ мм.

Ширина пера $B = 0,58 = 0,58 \cdot 18 = 10,44$ мм.

Геометричні елементи профілю канавкової фрези для фрезерування канавки. Більший радіус профілю:

$$R_o = C_R \cdot C_r \cdot C_\phi \cdot D,$$

$$\text{де } C_R = \frac{0,026 \cdot 2\varphi \cdot \sqrt[3]{2\varphi}}{\omega} = \frac{0,026 \cdot 118 \cdot \sqrt[3]{118}}{30} = 0,502;$$

$$C_r = \left(\frac{0,14D}{d_c} \right)^{0,044}$$

При відношенні товщини серцевини d_c до діаметру свердла D , яке дорівнює 0,14, $C_r = 1$.

$$C_\phi = \left(\frac{13\sqrt{D}}{D_\phi} \right)^{0,9},$$

де D_ϕ – діаметр фрези.

При $D_\phi = 13\sqrt{D}$ $C_\phi = 1$. Отже, $R_o = 0,502 \cdot 18 = 9,036$ мм.

Менший радіус профілю

$$R_k = C_k \cdot D,$$

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						62
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $C_k = 0,015 \omega^{0,75} = 0,015 \cdot 30^{0,75} = 0,192$.

Отож, $R_k = 0,192 \cdot 18 = 3,456$ мм. Ширина профілю $B = R_o + R_k$,

$B = 9,036 + 3,456 = 12,492$ мм.

Діаметр зенкера D_3 приймається рівним діаметру оброблюваного отвору з урахуванням допуску. За ГОСТ 1677-75 приймаємо для зенкера №2: $D = 20^{+0,070}_{+0,020}$.

Визначимо геометричні та конструктивні параметри робочої частини зенкера. За табл.48 [14] задній кут α на задній поверхні леза 10° , передній кут $\gamma = 0^\circ$. Кут нахилу гвинтової канавки $\omega = 20^\circ$; профіль канавки приймаємо прямолінійним. Крок гвинтової канавки $H = \pi \cdot D \cdot \operatorname{ctg} 20^\circ$; $H = 3,14 \cdot 20 \cdot 2,7474 = 172,5$ мм ≈ 173 мм. Головний кут в плані $\varphi = 60^\circ$. Кут в плані перехідної крайки $\varphi_1 = 30^\circ$.

Конструктивні елементи зенкера приймаємо за ГОСТ 3231-71: довжина робочої частини $l = 60$ мм; довжина заборної частини $l_1 = 1$ мм; довжина шийки $l_2 = 10$ мм.

Кількість канавок $z = 3$.

4.4. Розрахунок та конструювання черв'ячної модульної фрези

Черв'ячні модульні фрези призначені для нарізання прямозубих, косозубих та шевронних циліндричних зубчастих колес, а також для обробки черв'ячних колес.

Початкові дані:

$m = 5$ мм; $\alpha = 20^\circ$, клас точності - АА.

Розрахунок лінійних розмірів профілю зубів черв'ячної фрези у нормальному розрізі.

Крок зубів в нормальному розрізі визначається за формулою

$$P_{no} = P_t = \pi m = 3,14 \cdot 5 = 15,708 \text{ мм.}$$

Товщина зуба в нормальному розрізі на ділительній прямій S_{no} (без урахування радіального зазору та припуску під наступну обробку):

для чистових фрез = - ширина впадини нарізаного колеса

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						63
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{no} = P_{no} - S_t = \pi m - \frac{\pi \cdot m}{2} = \frac{3,14 \cdot 5}{2} = 7,854 \text{ мм.}$$

Товщина зуба червячної фрези в нормальному розрізі на ділильній прямій для нарізання коліс зі зменшеною товщиною зуба визначається за формулою:

$$S_{no} = (\pi \cdot m)/2 + \Delta S_{no};$$

де ΔS_{no} - стовщення зубів черв'ячних фрез; для фрез з модулем $m = 5$ мм
 $\Delta S_{no} = 0,175$ мм

$$S_{no} = \frac{3,14 \cdot 5}{2} + 0,175 = 8,029 \text{ мм.}$$

Висота головки зуба фрези визначається за формулою:

$$h_{ao} = (h_a^* + c^*) \cdot m,$$

де h_a^* - коефіцієнт висоти головки, $h_a^* = 1,0$ [17, табл.13.7];

c^* - коефіцієнт радіального зазору, для фрез з $m > 1$ мм $c^* = 0,25$.

Тоді

$$h_{ao} = 1,25 \cdot 5 = 6,25 \text{ мм.}$$

Висота ніжки зуба

$$h_{fo} = h_{ao} + c,$$

де коефіцієнт $c = c^* \cdot m = 0,25 \cdot 5 = 1,25$ мм;

$$h_{fo} = 6,25 + 1,25 = 7,5 \text{ мм.}$$

Висота зуба фрези

$$h_o = h_{ao} + h_{fo} = 6,25 + 7,5 = 13,75 \text{ мм.}$$

Радіус заокруглення головки зуба фрези

$$\rho_{ao} = (0,35-0,4) \cdot m = 0,4 \cdot 5 = 2 \text{ мм.}$$

Радіус округлення ножки зуба фрези

$$\rho_{fo} = (0,2 - 0,3) \cdot m = 0,3 \cdot 5 = 1,5 \text{ мм.}$$

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						64
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщина зуба на верхівці фрези

$$S_{na} = S_{no} - 2h_{ao} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 8,029 - 2 \cdot 6,25 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 3,48 \text{ мм.}$$

Ширина западини між зубцями фрези

$$S_{nb} = P_{no} - (S_{no} + 2h_{fo} \operatorname{tg} \alpha) = 15,708 - (8,029 + 2 \cdot 7,5 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ) = 3,48 \text{ мм.}$$

Визначення конструктивних розмірів фрези

Число заходів $Z_{3ax} = 1$.

Кут підйому гвинтової лінії черв'ячної нарізки (витків) по ділильному (середньому) циліндру γ_{mo} впливає на точність нарізання зубчатих коліс, так як фреза чистова класу точності АА, $\gamma_{mo} = 3^\circ$.

Напрямок гвинтової лінії – правий.

Орієнтовний зовнішній діаметр черв'ячної модульної фрези визначаємо за формулою

$$d_{ao} = m \left[\frac{Z_{3ax}}{\sin \gamma_{mo}} + 2(h_a^* + c^*) \right] = 5 \left[\frac{1}{\sin 3^\circ} + 2(1 + 0,25) \right] = 108 \text{ мм.}$$

Округливши розмір у більшу сторону до величини, яка кратна п'яти, отримаємо остаточний розмір зовнішнього діаметру $d_{ao} = 110 \text{ мм}$.

Орієнтовно число зубців фрези $Z_{\text{ч}}$ в торцевому розрізі для черв'ячних модульних фрез визначається за формулою:

$$Z_{\text{ч}} \approx b \frac{360^\circ}{\arccos \frac{d_{ao} - 2h_o'}{d_{ao}}}$$

де b – коефіцієнт, який враховує вид обробки, для чистових фрез $b = 1,3$;

$$Z_{\text{ч}} \approx 1,3 \frac{360^\circ}{\arccos \frac{110 - 2 \cdot 13,75}{110}} = 11,3.$$

Приймаємо згідно з ГОСТ 9324-80 $Z_{\text{ч}} = 12$.

Величин спаду кулачку для затилування K (падіння затилку) зубців черв'ячної фрези визначимо за формулою:

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						65
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = \frac{\pi \cdot d_{ao}}{Z_q} \cdot \operatorname{tg} \alpha_\beta,$$

де α_β – задній кут на верхівці зубців ($\alpha_\beta = 9-12$ для чистових фрез).

Приймаємо $\alpha_\beta = 10^\circ$. Тоді

$$K = \frac{3,14 \cdot 110}{12} \cdot \operatorname{tg} 10^\circ = 5 \text{ мм.}$$

Величина спаду кулачку для утворення другого затилку лежить в межах:

$$K_1 = (1,2-1,4) \cdot K = 1,4 \cdot 5 = 7 \text{ мм.}$$

Глибина стружкової канавки для черв'ячних фрез зі шліфованим профілем визначається за формулою:

$$H = h_o + (K + K_1)/2 + r_k + (0,5-1,0),$$

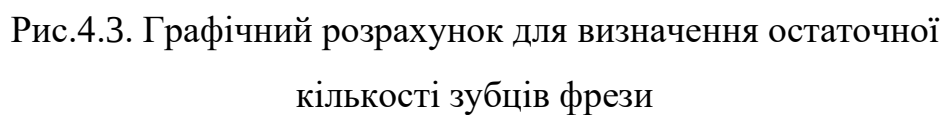
де r_k - радіус заокруглення дна стружкової канавки, $r_k = 2$ мм.

$$H = 13,75 + (5 + 7)/2 + 2 + 0,5 = 22,25 \text{ мм.}$$

Кут западини стружкової канавки з конструктивних технологічних міркувань приймають рівним одному з численних значень ряду: 22° , 25° , 30° .
Приймаємо $\varepsilon = 25^\circ$.

Кількість зубців фрези у торцевому розрізі Z_q остаточно встановлюється на підставі графічного будування профілю зубців фрези в торцевому розрізі за наступними даними: d_{ao} , H , h_o , K , K_1 , ε і r_k (див.рис.4.2).

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66


$$r_{\text{доп}} = 0,5 \cdot d_{\text{доп}} \cdot \sin \alpha_B = 0,5 \cdot 110 \cdot \sin 10^\circ = 10 \text{ мм.}$$
$$D_{kp} = 2 h_0 + 2P + d_0,$$

$$D_{\text{кр}} = 80 \text{ мм.}$$

При графічному будівництві для остаточного визначення числа зубців фрези у торцевому розрізі необхідно виконати наступні вимоги:

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						67
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- довжина зубу фрези повинна бути не менш $(0,5-0,75)H$, тобто $\underline{NP (0,5-0,75)H}$;

- довжина шліфованої частини $l_{ш}$ повинна складати не менш $2/3$ довжини зубу по зовнішньому діаметру фрези;
- шліфувальний круг в кінцевому положенні при шліфуванні задньої поверхні не повинен врізуватися у наступний зуб фрези.

При шліфуванні бічної поверхні зубу необхідно, щоб крапка М, належала поверхні наступного зубу, лежала за межами шліфувального круга діаметром $D_{ш}$.

Розрахунковий діаметр ділильного кола

$$d_{mo} = d_{ao} - 2 \cdot h_{ao} - 0,5 \cdot K = 110 - 2 \cdot 6,25 - 0,5 \cdot 5 = 95,5 \text{ мм.}$$

16. Розрахунковий кут підйому гвинтової лінії черв'ячної нарізки (витків) по ділильному (середньому) циліндру:

$$\sin \gamma_{mo} = (m \cdot Z_{зax})/d_{mo} = 5,1/95,5;$$

$$\gamma_{mo} = 3^{\circ}0'32''.$$

$$\text{Кут нахилу } \lambda_{mo} = \gamma_{mo} = 3^{\circ}0'32''.$$

Довжина нарізаної частини фрези α_1 визначається за формулою:

$$\alpha_1 = 2 \sqrt{(d_{ao} - h_o)} + 2S_{xo} + (2 - 3)P_{xo},$$

де S_{xo} – товщина зубу в осьовому розрізі по ділильному циліндру

$$S_{xo} = \frac{S_{no}}{\cos \gamma_{mo}} = \frac{8,029}{\cos 3^{\circ}0'32''} = 7,865 \text{ мм.}$$

P_{xo} – осьовий крок фрези;

$$P_{xo} = \frac{P_{no}}{\cos \gamma_{mo}} = \frac{\pi \cdot m}{\cos \gamma_{mo}} = \frac{3,14}{\cos 3^{\circ}0'32''} = 15,729 \text{ мм.}$$

Тоді

$$\alpha_1 = 2 \sqrt{(110 - 13,75) \cdot 13,75} + 2 \cdot 7,765 + 2 \cdot 15,729 = 120 \text{ мм.}$$

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
						68
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна довжина фрези

$$L = L_1 + 2l_1,$$

де l_1 - довжина буртиків фрези, $l_1 = 2-5$ мм

$$L = 120 + 2 \cdot 5 = 130 \text{ мм.}$$

Діаметр буртиків

$$d_1 = d_{ao} - 2H - (3-5) \text{ мм}$$

$$d_1 = 110 - 2 \cdot 22 - 2 = 62 \text{ мм.}$$

Забірний конус

$$L_k = 31,458 \text{ мм}$$

$$\text{Кут конуса } 2\phi_k = 20^\circ.$$

Крок гвинтових стружкових канавок

$$P_k = (\pi \cdot d_{mo}) / \operatorname{tg} \lambda_{mo} = (3,14 \cdot 92,41) / \operatorname{tg} 3^\circ 0' 32'' = 5,722 \text{ мм.}$$

Визначаємо діаметр посадочного отвору фрези:

$$d = (0,2 - 0,45)d_{ao}$$

$$d = 0,3 \cdot 110 = 33 \text{ мм;}$$

Приймаємо за ГОСТ 9472-70 $d = 36$ мм.

Обраний діаметр посадочного отвору перевіряємо на виконання вимоги:

$$0,5 d_{ao} - H - (t_1 - d / 2) \geq 0,3d;$$

$$0,5 \cdot 110 - 22 - (38,8 - 36/2) = 12,2$$

$$0,3d = 0,3 \cdot 36 = 10,8$$

$$12,2 > 10,8.$$

					6261м. 03.МР.09.04.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

5. Проектування дільниці цеху

5.1. Визначення і розрахунок партії запуску

Розраховуючи розмір партії деталей, необхідно враховувати те, що від цієї величини залежать норми штучно-калькуляційного часу на операцію, а також ряд важливих техніко-економічних показників, вид заготовки, коефіцієнт використання матеріалу, ступінь спеціалізованого обладнання і оснастки, кваліфікації робітників і так далі. Крім того партія запуску деталей впливає на подальший вибір транспортних засобів і площу, що воно займає біля обладнання.

Під розміром партії деталі розуміється кількість однакових деталей, одночасно оброблюваних на кожній операції на одному чи деяких робочих місцях з однократною витратою підготовчо-заключного часу.

Для визначення розміру партії деталей доцільно вести розрахунок по співвідношенню між значеннями підготовчо-заключного часу і тривалістю обробки деталі, та як відомі значення технологічного нормування.

Тоді мінімальний розмір партії визначається за формулою:

$$n = \frac{\sum t_{n.з.}}{\sum t_{шт.} \cdot \alpha};$$

де $\sum t_{n.з.}$ – сума підготовчо-заключного часу по всім операціям, хв.

$\sum t_{шт.}$ – сума штучного часу по операціям, хв.

α - коефіцієнт, що враховує допустимий стан підготовчо-заключного і штучного часу: $\alpha = 0,03 \dots 0,07$.

$$n = \frac{348}{0,03 \cdot 940,15} = 12,33.$$

Приймаємо $n = 10$ шт., кратно річній програмі.

Розрахований розмір партії коригується в залежності від виробничих умов. Він повинен бути кратним річній програмі випуску і не менше змінної виробітки. З врахуванням даних вимог приймаємо кількість запусків в рік:

$$K = \frac{N}{n} = \frac{2000}{10} = 200 \text{ разів}$$

					6261м. 03.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						71
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де N - річна програма, шт.;

n - розмір партії, шт.

5.2.Розрахунок штучно-калькуляційного часу по операціям

Розрахунок штучно-калькуляційного часу виконується для визначення річної трудомісткості кожної операції, потрібної кількості обладнання, розрахунку чисельності основних робітників, а також нарахувань по заробітній платні.

Для визначення штучно-калькуляційного часу використовуємо формулу:

$$t_{шт.к.} = t_{шт.} + \frac{t_{п.з.}}{n}; хв.$$

де $t_{шт.к.}$ – штучний час на операцію, хв.;

$t_{п.з.}$ – підготовчо-заключний час на операцію, хв.;

n – партія запуску деталей, шт.;

Результати розрахунків зведені до таблиці 5.1.

Розрахунок штучно-калькуляційного часу

Таблиця 5.1

Найменування операції	Штучний час $t_{шт.}$, хв.	Підготовчо-заключний час $t_{п.з.}$, хв.	Розмір партії деталей n, шт.	Штучно-калькуляційний час $t_{шт.к.}$	
				хв.	год.
Токарно-гвинторізна	13,55	23	10	116,02	1,934
	96,57	23			
	3,6	23			
Токарно-гвинторізна	15,6	27		37,4	0,623
	19,1	27			
Радіально-свердлильна	18,56	16		36,27	0,605
	16,11	16			
Зубофрезерувальна	440,51	47		445,21	7,420
Круглошліфувальна	3,81	17		9,23	0,150
	3,72	17			
Токарна з ЧПК	14,57	35		18,07	0,301
Внутрішньошліфувальна	3,5	19		5,4	0,090
Зубофрезерувальна	284,8	39		288,7	4,812
Вертикально-фрезерувальна	6,15	17		7,86	0,131

					6261м. 03.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						72
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3. Визначення фонду часу роботи обладнання

Режими роботи дільниці характеризуються наступними факторами:

- перервним чи неперервним виробництвом;
- числом робочих днів (D_p);
- тривалістю робочої зміни ($T_{зм.}$);
- числом святкових і вихідних днів ($D_{св.}$);
- числом змін за добу (n).

а) Календарний фонд часу роботи обладнання обчислюється помноженням числа календарних днів D в розрахунковому переході на число годин за добу:

$$\Phi_K = D \cdot 24 = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

де D – кількість днів в році.

б) Номінальний фонд часу роботи обладнання – це кількість робочих днів в році відповідно з прийнятим режимом роботи без врахування планованих втрат часу на ремонт обладнання:

$$\Phi_H = D \cdot T_{см.} \cdot h \cdot 1ч \cdot D_{пр.} = 251 \cdot 2 \cdot 8 \cdot 1 - 7 = 3961 \text{ год.}$$

в) ефективний фонд часу роботи обладнання дорівнює номінальному, зменшеному на час перебування верстата в ремонті, яке враховується коефіцієнтом β , який при роботі в дві зміни дорівнює: $\beta = 0,03$ [, с.8]

$$\Phi_{ef.} = \Phi_H \cdot (1 - \beta) = 3961 \cdot (1 - 0,03) = 3842,17 \text{ год.}$$

Для верстатів, які використовується на проектованій дільниці, ефективний фонд часу при двозмінному режимі роботи вибирається по нормативам [, таб.2.1. с.34].

де: $TН_i$ – річна трудомісткість виготовлення виробів на i – тому типі обладнання, н.-год.

Φ_e – ефективний річний фонд часу роботи обладнання, верст.-год. (див.п.2.6.).

K_B – коефіцієнт виконання норм часу:

$K_B = 1...1,2$ – приймається в залежності від рівня механізації. Для верстатів, що застосовуються на проектованій дільниці приймаємо $K_B = 1,15$.

					6261м.03.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						73
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Річна працемісткість за даною операцією технологічного процесу розраховуємо за формулою:

$$TH = \frac{t_{шт.к.} \cdot N}{60}; н - год.$$

де: $t_{шт.к.}$ – штучно-калькуляційний час на кожну операцію, хв.

N – річна програма (річний обсяг випуску), шт..

5.4. Розрахунок потрібної кількості обладнання

До основного виробничого обладнання механічного цеху відноситься обладнання, що виконує технологічні операції з обробки деталей і складання вузлів. в механічному цесі до нього відносяться в основному метало ріжучі верстати. Їх кількість, необхідне для обробки деталей по заданій програмі, визначається різними методами.

При розробці технологічного процесу цехів серійного і масового виробництва, визначення потрібної кількості обладнання ведеться точним способом, тобто по кожному типорозміру верстата на основі підрахунку річної працемісткості обробки всіх деталей закріплених за даним типом верстата, і дійсного фонду часу роботи обладнання при прийнятому числі змін його роботи.

Розрахунок ведеться за формулою: [, с.5]

$$C_{Pi} = \frac{TH_i}{\Phi_E \cdot K_B}; од.$$

де Φ_E - ефективний річний фонд часу роботи одиниці обладнання, верст.- год.;

K_B - коефіцієнт виконання норм часу;

TH_i - річна трудомісткість виготовлення виробів на i -м типі обладнання, н.- год.

$$TH_i = t_{шт.к.} \times A, \text{ де}$$

					6261м. 03.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						74
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{шт.к}$ - штучно-калькуляційний час обробки однієї деталі на i -м типі обладнання, н.-год.;

A - річний об'єм випуску виробів, шт.

Коефіцієнт завантаження обладнання по дільниці визначається по формулі:

$$K_z = C_p / C_{пр} ,$$

де C_p - розрахункова кількість обладнання на дільниці, шт.;

$C_{пр}$ - прийнята кількість обладнання на дільниці, шт.

Середній коефіцієнт завантаження обладнання по дільниці визначається по формулі:

$$K_{з.ср.} = \frac{\sum TH_i}{СП \times K_{вн.ср.} \times \Phi_{эф}}$$

де $СП$ - загальна прийнята кількість одиниць обладнання для обробки річної кількості виробів.

Розрахунок потрібної кількості обладнання та коефіцієнтів завантаження обладнання по типах виконуємо у табличній формі та заносимо до табл.5.2.

Для проведення цих розрахунків застосовуються наступні рекомендовані мінімальні значення коефіцієнтів завантаження обладнання по групам для серійного виробництва:

верстати токарної групи, $K_z = 0,75 \dots 0,85$;

верстати фрезерної групи, $K_z = 0,70 \dots 0,80$;

верстати свердлильної групи, $K_z = 0,4 \dots 0,5$;

допускається незначне підвищення даних значень.

					6261м. 03.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						75
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок необхідної кількості обладнання та його завантаження

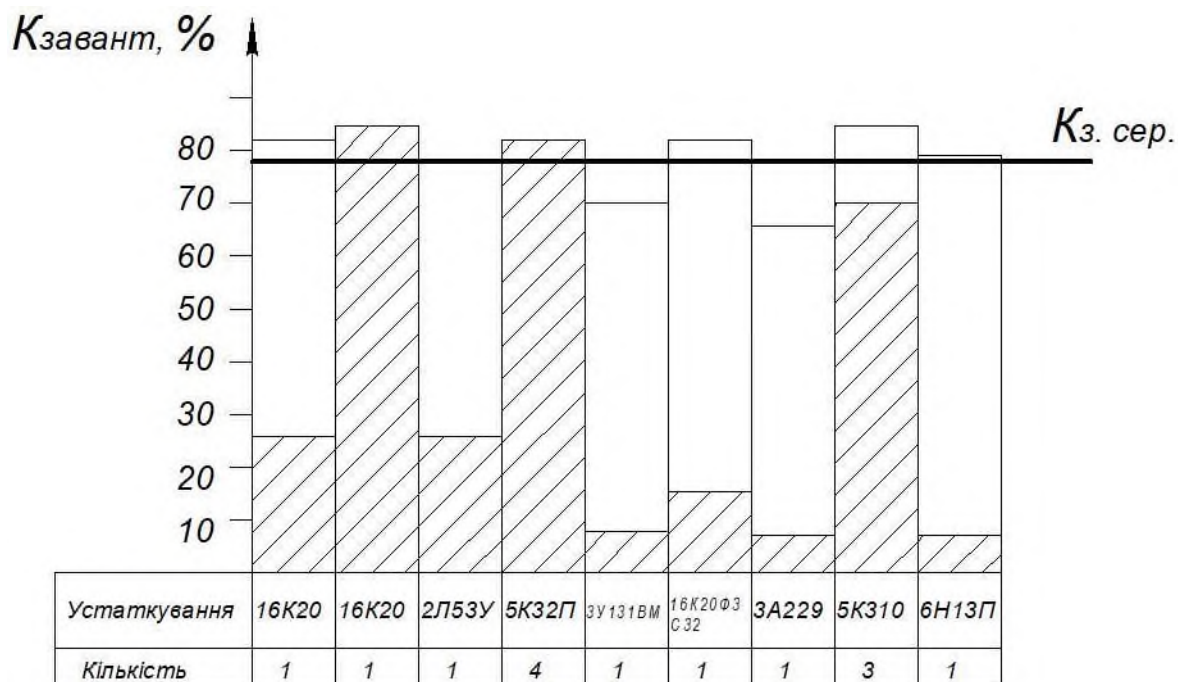
Таблиця 5.2

Обладнання		найменування	Токарно-гвинторізний	Токарно-гвинто-різний	Радіально-сверд-Круглолильний	Зубофрезеру-вальний	Круглошлі-фувальний	Річний обсяг випуску деталей, шт.	Штучно-калькуляційний час на деталь, Т _{шт-к} , год.	Річна працездатність ТН, н.-год.	Довантаження по кооперації, н.-год	Річний обсяг робіт ТН, год.	Коефіцієнт виконання норм Кв	Ефективний фонд часу роботи обладнання Фе, верст.-год.	Кількість верстатів		Коефіцієнт завантаження обладнання	Середній коефіцієнт завантаження
															розрахункова	прийнята		
								2000	0,623	1246	2489	3735	1,15		0,267 /0,80	1	0,8	0,79
									1,934	3868	-	3868	1,15		0,83	1	0,83	
									0,605	1210	2390	3600	1,1	4060	0,271 /0,81	1	0,81	
									7,420	14840	-	14840	1,15		3,2	4	0,80	
									0,15	300	2684	2984	1,05		0,07/ 0,70	1	0,70	

Токарний з ЧПК	16K20Ф3С32	2000	0,301	602	2558	3160	1	3950	0,152 /0,80	1	0,80	
Внутрішньошліфувальний	3A229		0,090	180	2804	2984	1,05	4060	0,042 /0,70	1	0,70	
Зубофрезерувальний	5K310		4,812	9624	1766	11390	1,1		2,155 /2,55	3	0,85	
Вертикально-фрезерувальний	6H13П		0,131	262	3310	3572	1,1		0,059 /0,80	1	0,80	
Разом				32132		50133				14		

5.5. Складання графіку завантаження обладнання

Графік завантаження обладнання будується на основі даних таблиці 5.2. На осі абсцис графіку вказуються моделі і кількість обладнання, а на осі ординат відкладається коефіцієнт завантаження обладнання. Також на графіку виділяється навантаження по кооперації.



$$K_{\text{загр}} = 0,78$$

- 1 – токарно-гвинторізний 16K20 – 1 шт.
- 2 - токарно-гвинторізний 16K20 – 1 шт.
- 3 – радіально-свердлильний 2Л53У – 1 шт.
- 4 - зубофрезерувальний 5К32П – 4 шт.
- 5 – круглошліфувальний 3У131ВМ - 1 шт.
- 6 – токарний з ЧПК 16К20Ф3С32 – 1 шт.
- 7 – внутрішньошліфувальний 3А229 – 1 шт.
- 8 - зубофрезерувальний 5К310 – 3 шт.
- 9 -вертикально-фрезерувальний 6Н13П – 1 шт.

Рис.5.1. Графік завантаження обладнання

5.6. Складання кошторису обладнання ділянки

Вільна відомість обладнання чи, іншими словами, кошторис витрат, що містить дані про обладнання, яке міститься на ділянці, а саме: про якість кожної моделі верстатів, потужності їх приводів, площі, яку займає кожна одиниця, їх преїскурантна вартість і витрати на транспортування і монтаж. Всі ці величини використовуються в подальших розрахунках вартості капітальних вкладів ділянки, витрат по обслуговуванню і експлуатації обладнання.

Ремонтна вартість (механічна і електрична) виражена числом умовних одиниць, прийнятому в залежності від складності ремонту обладнання. Для верстатів трудомісткість одиниці ремонтної складності приймається рівним одній одинадцятій (1/11) від працемісткості ремонту токарно-гвинторізного верстата 16K20, віднесеного до 11 категорії ремонтної складності, і є еталоном для визначення трудомісткості ремонту верстатів любого іншого типу.

Ремонтна вартість обладнання впливає на кількість допоміжних робітників, що обслуговують дану ділянку, а також на витрати по забезпеченню і експлуатації обладнання, її значення приймають за довідковими даними.

Всі вибрані дані зводять до таблиці 5.3.

					6261м. 03.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						79
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.3

Обладнання		Кількість, шт.	Площа верстата в плані LxB, м²	Ремонтна складність, од.		Потуж- ність, кВт		Вартість, грн.		Витрати на транспорту- вання та монтаж (8%),грн.	Загальна вартість облад- нання, грн.
найменування	модель			механічна	електрична	одинці	загальна	одинці	загальна		
Токарно-гвинторізний	16K20	1	2505x1190	13	11	10	10	46980	46980	3523,5	50503,5
Токарно-гвинто-різний	16K20	1	2505x1190	13	11	10	10	46980	46980	3523,5	50503,5
Радіально-сверд-Круглолильний	2Л53У	1	1850x800	7,5	7	2,2	2,2	50000	50000	3750	53750
Зубофрезеру-вальний	5K32П	4	2650x1510	15,5	18	7,5	30	180000	720000	54000	774000
Круглошлі-фувальний	3У131ВМ	1	2400x1275	13	23,5	5,5	5,5	152400	152400	1143	163830

Обладнання		Кількість, шт.	Площа верстака в плані LxB, м²	Ремонтна складність, од.		Потуж- ність, кВт		Вартість, грн.		Витрати на транспорту- вання та монтаж (8%),грн.	Загальна вартість облад- нання, грн.
найменування	модель			механічна	електрична	одинці	загальна	одинці	загальна		
Токарний з ЧПК	16K20Ф3С32	1	3700x 1700	16	21	11	11	63600	63600	4770	68370
Внутрішньошлі- фувальний	3A229	1	4075x 1900	18,5	17	14,2	14,2	108000	108000	8100	116100
Зубофрезеру- вальний	5K310	3	2000x 1300	11,5	4,5	4	12	355000	1065000	79875	1144875
Вертикально- фрезерувальний	6Н13П	1	3100x 4000	15	9,5	13	13	50490	50490	3786,75	54276,75
Разом		14		123	122,5	-	107,9	-	2303450	172758,75	2476208,75

5.7. Організація виробництва на дільниці

1) Вибір тари.

Для зберігання заготовок на складі використовують поличні стелажі з гніздами (550 мм). Стелажі розташовані уздовж складу для більш ефективного використання площі складу.

2) Вибір транспорту дільниці.

При виборі транспортних засобів необхідно враховувати: відповідність типів транспортних засобів переміщуваних вантажем, необхідну продуктивність транспортних засобів, як можна меншу кількість обслуговуючого персоналу. Виходячи з вимог, раніше вказаних, в якості засобів горизонтального переміщення використовується ручний візок з підйомною платформою (630x470), вантажопідйомністю до 350 кг.

3) Визначення способу передачі деталей по дільниці; вибір кранового обладнання.

Передача деталей по дільниці відбувається за допомогою однопрольотного крану вантажопідйомністю 2, довжина прольоту 15 м.

4) Визначення засобів і способу прибирання стружки.

При виборі способів прибирання стружки визначають її кількість за формулою $([m_3 - m_d] \cdot n = [39 - 22] \cdot 10 = 170 \text{ кг})$, що менше 250 кг), прибирання її буде проводитися вручну. Для транспортування стружки від верстатів до збірних коробів використовується ручний візок.

5.8. Розрахунок основних і допоміжних площ дільниці за питомими нормативами

Виробничою називають площу дільниці, безпосередньо призначену для виконання технологічного процесу.

До її складу входять площі займані:

- виробничим обладнанням (верстатами, машинами);
- робочими шафами для інструменту, контейнерами для заготовок і оброблюваних деталей, зібраних вузлів з деталей навколо робочих місць;

					6261м. 03.МР.09.05.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

- робочими місцями для технічного контролю деталей, вузлів, готових виробів;
- підйомним транспортним обладнанням;
- проходами і проїздами між верстатами і рядами верстатів.

Виробничу площу визначають за питомими площами для кожної групи устаткування. Розрахункова формула має вигляд:

$$FП = \sum_{i=1}^n SП_i * q_i, м^2,$$

де $SП_i$ – кількість верстатів i -тої групи обладнання;

q_i – середня питома площа для розміщення одного верстата i -ї групи, $м^2$.

$$FП = 25 \cdot 14 = 350 м^2.$$

Площа контрольного відділення: $F_{контр} = 0,05 \cdot FП, м^2$,

де $FП$ – основна виробнича площа, $м^2$;

$$F_{контр} = 0,05 \cdot 350 = 17,5 м^2.$$

Площа побутових приміщень приймається в розмірі 20% від виробничих площ і складає: $(350 + 17,5 + 17,5) \cdot 0,2 = 77 м^2$.

На допоміжних площах розміщують все обладнання і пристрої допоміжних систем, не розташовані на виробничих ділянках, а також магістральні і пожежні проїзди.

Площа заготівельного відділення:

$$F_{заг} = q_{заг} \cdot C_{заг},$$

де $q_{заг} = 25-30 м^2$ на 1 верстат заготівельного відділення;

$C_{заг} = 0,05 \cdot C_{п заг}$, $C_{п заг}$ – загальна кількість верстатів.

$$F_{заг} = 25 \cdot 0,05 \cdot 14 = 17,5 м^2.$$

Площа заточувального відділення:

$$F_{зат} = q_{зат} \cdot C_{зат},$$

де $q_{зат} = 12-15 м^2$ на 1 верстат заточувального відділення;

$C_{зат} = (0,04-0,06) \cdot C_{п зат}$, $C_{п зат}$ – загальна кількість верстатів, які обслуговуються заточуванням.

$$F_{зат} = 12 \cdot 0,04 \cdot 14 = 6,72 м^2.$$

					6261м. 03.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						83
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відділення для ремонту верстатів і пристосувань має в своєму складі верстати на верстаки:

$$F_{\text{рем}} = q_{\text{рем}} \cdot C_{\text{рем}} + q_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}}$$

де $q_{\text{рем}} = 30\text{-}35 \text{ м}^2$ на 1 верстат; $q_{\text{в}} = 6\text{-}10 \text{ м}^2$ на верстак;

$C_{\text{рем}} = 0,07(C_{\text{п заг}} + C_{\text{заг}} + C_{\text{зат}})$ - кількість верстатів ремонтного відділення;

$C_{\text{в}} = C_{\text{рем}} - \text{кількість верстаків.}$

$$F_{\text{рем}} = 30 \cdot 0,07(14 + 0,7 + 0,56) + 6 \cdot 1,06 = 38,41 \text{ м}^2.$$

Площу майстерні енергетика цеху приймаємо в % відношенні від площі ремонтного відділення:

$$F_{\text{ен}} = 0,2 \cdot F_{\text{рем}} = 0,2 \cdot 38,41 = 7,68 \text{ м}^2.$$

Відділення для приготування та роздавання ЗОР повинно розташовуватися у спеціальному приміщенні цеху, бажано у зовнішній стіні з метою пожежної безпеки вихід назовні:

$$F_{\text{зор}} = q_{\text{зор}} \cdot C_{\text{заг}},$$

де $q_{\text{зор}} = 0,3\text{-}0,5 \text{ м}^2$ на 1 виробниче устаткування.

$$F_{\text{зор}} = 0,3 \cdot 14 = 4,2 \text{ м}^2.$$

Площа складу інструментів і пристосувань визначається за формулою:

$$F_{\text{ірс}} = q_{\text{ірс}} \cdot (C_{\text{п заг}} + C_{\text{заг}} + C_{\text{зат}} + C_{\text{рем}}),$$

де $q_{\text{ірс}} = 0,4 \text{ м}^2$ на 1 верстат.

$$F_{\text{ірс}} = 0,1 \cdot (14 + 0,7 + 0,56 + 1,07) = 1,63 \text{ м}^2.$$

Площа складу матеріалів і заготовок:

$$F_{\text{скл}} = \frac{N \cdot G \cdot t_{\text{ср}}}{\Phi \cdot q_{\text{ср}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{м}}}$$

де N – річний об'єм випуску виробів, шт.;

G – маса заготовки, т;

$t_{\text{ср}}$ – норми запасу матеріалів і заготовок на складі, у календарних днях;

$q_{\text{ср}}$ – середня вантажонапруженість площі складу, т/м²;

Φ – число календарних днів в році;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання площі складу в залежності від виду транспорту;

					6261м. 03.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						84
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_M - коефіцієнт використання матеріалу.

$$F_{\text{скл}} = \frac{2000 \cdot 39 \cdot 10^{-3} \cdot 8}{251 \cdot 2,0 \cdot 0,25 \cdot 0,56} = 9 \text{ м}^2.$$

Загальна площа ділянки:

$$F_{\text{заг}} = 350 + 9 \cdot 2 + 17,5 + 6 \cdot 9 = 394,5 \text{ м}^2.$$

Загальна площа ділянки уточнюється на основі планування обладнання магістральних проїздів і проходів і приймається рівною 411,30 м² (22850x18000), у тому числі виробнича площа 375,30 м².

5.9. Розрахунок висоти цеху

Висоту цеху визначають виходячи з габаритів виготовляємих деталей, габаритів обладнання, розмірів і якості кранів, а також нормативів безпеки.

Висоту прольоту будівлі, оснащеного підвісними одно блочними кранами визначають за формулою:

$$H = K + z + l + f + a + h, \text{ м. [, с.19]}$$

де K – висота найбільш високого верстата;

z – проміжок між транспортованим виробом піднятим в крайнє верхнє положення, і верхньою точкою найбільш високого верстата;

l - висота найбільшого по розміру виробу положенні транспортування (контейнера);

f – відстань від верхньої брівки транспортованого виробу до центру гака в верхньому його положенні, необхідне для захвату виробу цепом чи канатом і які залежать від розмірів виробу, (приймаємо 1м).

a – резерв при верхньому положенні тросу (300-500 мм, приймаємо 300 мм)

$$h = A + m - \text{де } A = 500 \text{ мм за ГОСТ 7890 – 82, } m \geq 100 \text{ мм.}$$

Тоді :

$$H = 2430 + 570 + 400 + 1000 + 500 + 800 + 300 = 6000 \text{ мм.}$$

5.10. Розрахунок чисельності працюючих на ділянці

Чисельність працюючих ділянки складається з наступних категорій

					6261м. 03.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						85
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

працюючих: основні виробничі робочі, допоміжні робочі, спеціалісти, службовці, молодший обслуговуючий персонал.

а) Розрахунок чисельності основних робочих:

Кількість основних виробничих робітників по кожній професії визначається за наступною формулою:

$$K_{op} = \frac{TH_i}{\Phi_{ef} \cdot K_B \cdot K_M};$$

де TH_i – річний об'єм i – того виду робіт, н.-год.

Φ_{ef} – ефективний фонд часу роботи робочого, год.

(при 41 часовій робочій неділі і 24 – денному відпуст ефективний фонд часу роботи робітника складає $\Phi_{ef} = 1820$ год.)

K_B – коефіцієнт виконання норм часу.

K_M – коефіцієнт багатостатності.

Результати визначення кількості основних робітників зводимо до табл.5.4.

Розрахунок кількості основних робітників

Таблиця 5.4

Професія	Розряд	Праце- місткість робіт, н.-год	Ефектив- ний фонд часу робітника, год.	Коефіцієнт		Чисельність робітників, чол.	
				Виконан ня норм Квн	Багатостат- ності КМ	По розра- хунку Кр _п	Прий- няте Кпр
1	2	3	4	5	6	7	8
Токар	3	3735	1820	1,15	1	1,77	2
Токар	4	3868		1,15	1	1,83	2
Свердлувальник	3	3600		1,1	1	1,78	2
Зуборізник	4	14840		1,15	4	1,75	2
Шліфувальник	4	2984		1,05	1	1,54	2
Токар на верст.з цпк	4	3160		1	1	1,72	2
Шліфувальник	4	2984		1,05	1	1,54	2
Зуборізник	4	11390		1,1	3	1,88	2
Фрезерувальник	3	3572		1,1	1	1,76	2
РАЗОМ		47647				15,57	18

					6261м. 03.МР.09.05.ПЗ			Арк.
								86
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

б) Розрахунок чисельності допоміжних робітників

Кількість допоміжних робітників можна визначити:

- по кількості робочих місць, за якими ці робітники закріплені (кранівники, стропальники):
- за нормами обслуговування (налагоджує верстатів, контролери і та ін.)
- в відсотковому відношенні від кількості основних виробничих робітників.

Результати розрахунків наведено в таб.5.5.

Розрахунок кількості допоміжних робітників

Таблиця 5.5

Професія	Кількість обслу- говуваних агрегатів, шт.	Норма обслуговування	Кількість допо- міжних робіт- ників., чол.	Розряд	Режим роботи	Необхідна кіль- кість робітників
Налагоджувальник обладнання:					Двобічний	
-токарний	3	16	0,1875	4		0,375
-свердлильний	1	16	0,0625	5		0,125
-шліфувальний	2	12	0,1667	5		0,3334
-фрезерувальний	1	14	0,0714	4		0,1428
-зубофрезерувальний	7	14	0,5	5		1
Слюсар з ремонту обладнання	14	660р.о.	0,0212	3		0,0424
Електромонтер	14	1050р.о.	0,014	3		0,028
Змашувальник	14	1 на 200 чол.	0,014	3	Двобічний	0,028
Контролер	9	1 на 40 чол.	0,64	3		0,64
Комірник, роздавач інструменту та пристосувань	9	1 на 50 чол.	0,16	2		0,32
Транспортний робітник	14	1 на 50 чол.	0,28	2		0,56
Прибиральник виробничих приміщень	240 м ²	300м ²	0,2502	2		0,2502
Разом			2,3675			3,84

в) Визначення необхідної кількості службовців

Чисельність ІТР і службовців визначається відповідно до структури, що склалася, кадрів на провідних підприємствах галузі і по функціях управління. Чисельність молодшого обслуговуючого персоналу знаходиться за нормами обслуговування.

Результати розрахунків наведено в табл.5.6.

Розрахунок чисельності спеціалістів, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу

Таблиця 5.6

Професія	Норма обслуговування	Кількість обслуговуваних чоловік	Кількість за розрахунком	Оклад, грн.
<i>1. Спеціалісти:</i>				
Майстер	1 на 25 чол. (1 на зміну)	21,84	2	4900
Інженер-технолог	60	18	0,36	4700
Інженер-нормувальник	70	18	0,26	4200
Інженер-планувальник	60	18	0,3	4200
Економіст	60	21,84	0,3	4000
РАЗОМ			3,22	
<i>2. Службовці:</i>				
Табельник	200	21,84	0,109	2500
Нарядник	300	21,84	0,073	2500
Обліковець	200	21,84	0,109	1900
Бухгалтер	150	21,84	0,146	4000
РАЗОМ			0,437	
<i>3. Молодший обслуговуючий персонал</i>				
Прибиральник побутових приміщень	240	48	0,290	1750
РАЗОМ			0,290	
ВСЬОГО			3,947	

Середня кваліфікація основних робітників розраховується за формулою:

					6261м. 03.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						88
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{ср.р.}} = \frac{\sum K_{\text{ор}} \cdot P_p}{\sum K_p},$$

де K_p – число робітників даного розряду, чол.

P_p – розряд робітників.

Тоді:

- середній розряд основних робітників:

$$P_{\text{ср.р.}} = \frac{12 \cdot 4 + 6 \cdot 3}{18} = 3,7.$$

- середній розряд допоміжних робітників:

$$P_{\text{ср.д.}} = \frac{4 \cdot (0,375 + 0,1428) + 5 \cdot 1 + 3 \cdot (0,0424 + 0,028 + 0,028 + 0,64) + 2 \cdot (0,32 + 0,56 + 0,2502)}{3,84} = 3,0.$$

5.11. Зведена відомість працюючих на дільниці

Кількість і структуру працюючих на дільниці по виготовленню деталі зводимо в табл. 5.7.

Зведена відомість працюючих на дільниці

Таблиця 5.7

п/п	Категорії працюючих	Кількість працюючих, чол.	Структура, %
1	2	3	4
1	Основні робітники	18	69,8
2	Допоміжні робітники	3,84	14,89
3	Спеціалісти	3,22	1,49
4	Службовці	0,437	1,69
5	Молодший обслуговуючий персонал	0,290	1,13
	РАЗОМ	25,787	100

5.12. Визначення капітальних вкладів дільниці

Капітальні вклади дільниці являють сукупність всіх груп основних виробничих фондів.

					6261м. 03.МР.09.05.ПЗ	Арк.
						89
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі розрахунки виконуємо в табличній формі результати яких представлені в табл.5.8.

Таблиця 5.8

Визначення капітальних вкладів ділянки

Група основних виробничих фондів	Витрати		Примітка
	грн.	%	
1	2	3	4
1.Будівлі, споруди і передатні пристрої			
1.1.Будівлі виробничі	450360	12,787	1200 грн. за 1 м ²
1.2.Будівлі побутового призначення	60048	1,7056	800 грн. за 1 м ²
1.3.Силові машини і енергетичне обладнання	107900	3,064	1000 грн. за 1 кВт
Разом	618308	17,556	
2.Транспорт, СОР і вимірювальні пристрої			
2.1.Транспортні засоби	371431,31	10,546	15% від загальної вартості обладнання
2.2.Виробничо-господарський інвентар	9000	0,256	500 грн. на одного основного робітника
3. Інші	380431,31	10,802	
3.1.Робочі машини і обладнання	2476208,75	70,309	Загальна вартість обладнання
3.2.Інструмент, пристосування, виробничо-господарчий інвентар			
а) інструмент	37143,13	1,055	1,5% від загальної вартості обладнання
б) пристосування	9800	0,279	700 грн. на один верстат
Разом	2523151,9	71,643	
Разом капітальних витрат	3521891,12	100,0	

6. Організаційно-економічна частина

6.1. Склад і методика розрахунку річного фонду заробітної плати працівників дільниці

Фонд заробітної плати на дільниці складається з:

- а) фонду основної заробітної плати працюючих;
- б) фонду додаткової заробітної плати працюючих.

До основної заробітної плати відносяться витрати на виплату основної заробітної плати, нарахованої відповідно до прийнятих систем оплати праці у вигляді тарифних ставок, окладів і відрядних розцінок, а також планованого обсягу відповідних видів продукції.

Річний фонд основної заробітної плати основних робочих визначається за формулами:

- для робочих відрядників:

$$ЗП_{осн.в\dot{d}p} = \sum_{i=1}^m C\dot{c}_i \cdot T_n \quad \text{або} \quad ЗП_{осн.в\dot{d}p} = \sum_{i=1}^m P_i \cdot A_i$$

де m – номенклатура деталей;

$C_{\dot{c}i}$ – годинна тарифна ставка робочих, грн.;

T_n – трудомісткість річної програми i -го виробу, н-год;

P_i – відрядна розцінка за обробку i -ї деталі, грн./шт.;

A_i – річна програма i -го виробу, шт.

- для робочих погодинних:

$$ЗП_{осн.пог.} = C\dot{c}_i \cdot K_p \cdot \Phi_{ef.}$$

де K_p – кількість робочих погодинників, осіб;

$\Phi_{ef.}$ – ефективний річний фонд часу одного робітника, год..

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						92
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Річний фонд основної заробітної плати допоміжних робочих розраховується аналогічно $ЗП_{\text{осн.пог.}}$.

$$ЗП_{\text{осн.доп.}} = C\varphi_i \cdot K_p \cdot \Phi_{\text{ef.}}$$

Основний фонд заробітної плати спеціалістів, лічильно-контрського і молодшого обслуговуючого персоналу визначається на основі штатного розкладу цеху і діючих систем посадових окладів.

До додаткової заробітної плати відносяться витрати на виплату виробничому персоналу цеху додаткової заробітної плати, нарахованої за роботу понад установлену норму, за трудові успіхи і винахідливість, особливі умови праці. Вона включає також доплати, надбавки, гарантійні і компенсаційні виплати, передбачені законодавством. Сума додаткової заробітної плати визначається множенням суми основної заробітної плати на середні норми додаткової заробітної плати.

Розрахунок заробітної платні представлений в табл.6.1, 6.2, 6.3.

6.2. Визначення фонду заробітної платні основних робітників

Основна заробітна платня виробничих робітників розраховується по формулі:

$$З_{\text{осн.сд}} = C\varphi_i \cdot T_i$$

Розрахуємо, наприклад, основну заробітну платню фрезерувальника 3-го розряду:

- на одиницю продукції: $ЗП = 0,131 \cdot 18,986 = 2,49$ грн.;

- на програму з урахуванням супутньої продукції:

$$ЗП = 3572 \cdot 18,986 = 67817,99 \text{ грн.}$$

Розрахунок основної заробітної плати інших виробничих робітників аналогічний і зводиться в табл. 6.1.

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						93
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок основної заробітної плати виробничих робітників

Таблиця 6.1

Найменування операції	Розряд роботи	Основна заробітна платня на одиницю продукції			На програму з урахуванням супутньої продукції		
		Норма часу, н.-год.	Годинн а тарифн а ставка, грн.	Сума, грн.	Трудоем- кістка трудової річної програми, н.-год.	Годинн а тарифн а ставка, грн.	Сума, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
Токарна	3	0,623	18,986	11,83	3735	18,986	70912,71
Токарна	4	1,934	22,727	43,95	3868	22,727	87908,04
Радіально-свердлильна	3	0,605	22,727	13,75	3600	22,727	81817,2
Зубофрезерувальна	4	7,42	22,727	168,63	14840	22,727	337268,68
Круглошліувальна	4	0,150	22,727	3,41	2984	22,727	67817,34
Токарна з ЧПК	4	0,301	22,727	6,84	3160	22,727	71817,32
Внутрішньошліфу- вальна	4	0,090	22,727	2,05	2984	22,727	67817,36
Зубофрезерувальна	4	4,812	22,727	109,36	11390	22,727	258860,53
Вертикально-фрезерувальна	3	0,131	18,986	2,49	3572	18,986	67817,99
РАЗОМ		16,066		362,31	50133		1112037,1

6.3. Визначення фонду заробітної платні допоміжних робітників

Основна заробітна платня допоміжних робітників розраховується по формулі:

$$Z_{осн.повр.} = C_{чі} * K_p * \Phi_{ef}$$

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						94
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахуємо, наприклад, основний фонд заробітної платні наладника свердільних верстатів 5-го розряду:

$$ЗП=21,464*0,76*1820=29689 \text{ грн.}$$

Розрахунок основного фонду заробітної платні інших допоміжних робітників аналогічний і зводиться до табл.6.2.

Розрахунок основного фонду заробітної платні допоміжних робітників

Таблиця 6.2

Професія	Кількість, чол.	Розряд	Годинна тарифна ставка, грн	Ефективний річний фонд часу, год.	Основна заробітна платня одного робітника, грн.
1	2	3	4	5	6
1.Наладники устаткування					
-токарного	0,375	4	18,939	1820	12925,87
- свердильного	0,125	5	21,464		4883,06
-шліфувального	0,3334	5	21,464		13024,1
- фрезерувального	0,1428	4	18,939		4922,17
- зубофрезерувального	1,0	5	21,464		39064,48
Електромонтер	0,028	3	17,045		868,61
Слюсар з ремонту обладнання	0,0424	3	17,045		1315,33
Контролер	0,64	3	17,045		19854,016
Мастильник	0,028	3	17,045		868,61
Комірник	0,32	2	13,889		8088,95
Прибиральник виробничих приміщень	0,2502	2	13,889		6324,55
Транспортний робітник	0,56	2	13,889		14155,67
РАЗОМ	3,84				126295,41

6.4. Визначення фонду заробітної платні службовців, спеціалістів і молодшого обслуговуючого персоналу

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						95
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заробітна плата розраховується, на основі штатного розкладу цеху і діючої системи посадових окладів. Розрахунок зводиться в табл.6.3.

Річний фонд заробітної плати спеціалістів, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу:

$$З_{осн.сп.} = K_{сп.і} \cdot O_{мі} \cdot M ,$$

де $K_{сп.і}$ – кількість службовців і-ї групи;

$O_{мі}$ – місячний оклад, грн.;

M – число місяців роботи за рік.

Розрахунок проводиться за допомогою табл.6.3.

Розрахунок основного фонду заробітної платні спеціалістів, службовців і молодшого обслуговуючого персоналу

Таблиця 6.3

№	Категорія працюючих, найменування посади	Кількість штатних одиниць	Посадовий оклад, грн.	Кількість місяців роботи	Величина основного фонду заробітної платні, грн..
1	2	3	4	5	6
1	Спеціалісти:				
	Майстер	2	4900	11	107800
	Інженер-технолог	0,36	4700	11	18612
	Інженер-нормувальник	0,26	4200	11	12012
	Інженер-планувальник	0,3	4200	11	13860
	Економіст	0,3	4000	11	13200
	РАЗОМ	3,25			165484
2	Службовці:				
	Табельник	0,109	2500	11,2	3052
	Нарядник	0,073	2500	11,2	2044
	Обліковець	0,109	1900	11,2	2319,52
	Бухгалтер	0,146	4000	11	6540,8
	РАЗОМ	0,437			13956,32
3	Молодший обслуговуючий персонал:				
	Прибиральник побутових приміщень	0,29	1750	11,2	5684
	РАЗОМ	0,29			5684
	ВСЬОГО	3,947			185124,32

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						96
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.5 Визначення середньорічної і середньомісячної заробітної плати
працюючих на ділянці

При розрахунку додаткової заробітної плати застосовується формула:

$$З_{\text{доп}} = \frac{З_{\text{осн}} \cdot Н_{\text{ді}}}{100},$$

де $Н_{\text{д}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати, %

Середньорічна заробітна плата одного працюючого:

$$ЗП_{\text{ср}} = \frac{ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{доп}}}{K_i}$$

де K_i – кількість працюючих і-ї групи.

Середньомісячна заробітна плата одного працюючого:

$$З_{\text{ср.м.і}} = \frac{З_{\text{ср.і}}}{12},$$

Разом по графах середньорічна і середньоарифметична заробітна плата підводиться як середнє арифметичне від даних значень у колонках.

Розрахунок середньорічної і середньомісячної заробітної плати працюючих ділянки приведений у табл.6.4.

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						97
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зведена відомість річного фонду заробітної плати працюючої ділянки

Таблиця 6.4

Категорія працюючих	Чисельність	Річний фонд заробітної плати			Усього, грн.	Середньорічна зарплата одного працюючого, грн.	Середньомісячна зарплата одного працюючого, грн.
		Основна заробітна плата, з урахуванням довантаження	Додаткова				
			%	грн.			
1	2	3	4	5	6	7	8
Виробничі	18	1112037,1	30	333611,13	1445648,2	80313,79	6692,82
Допоміжні	3,84	126295,41	25	31573,85	157869,26	41111,79	3425,98
Спеціалісти	3,22	165484	30	49645,2	215129,2	66810,31	5567,53
Службовці	0,437	13956,32	25	3489,08	17445,4	39920,82	3326,74
Молодший обслуговую- чий персонал	0,29	5684	20	1136,8	6820,8	23520	1960
Разом:	25,787			419456,06	1842909,8	71466,62	5955,55

6.6. Розрахунок витрат на утримання й експлуатацію устаткування

Розрахунок витрат на утримання і експлуатацію устаткування наведено в табл.6.5.

Для включення витрат на утримання й експлуатацію устаткування в собівартість одиниці продукції визначимо % B_{yEO} по формулі:

$$\%B_{yEO} = \frac{\sum B_{yEO}}{\sum 3\Pi_{ocH}} \times 100\%$$

де $\sum 3\Pi_{ocH}$ - фонд основної заробітної плати основних робочих (результат табл.6.1).

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						98
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок витрат на утримання і експлуатацію устаткування

Таблиця 6.5

Статті витрат	Елементи витрат	Спосіб розрахунку	Величина витрат, грн.
1. Витрати на повне відновлення капітального ремонту основних виробничих фондів (устаткування, транспортних засобів, інструментів)	Амортизація	Амортизація виробничого устаткування, транспортних засобів і інструмента визначаємо по формулі: $A = \frac{F_{\text{пер}} \times H_a}{100} \text{ де,}$ $F_{\text{пер}}$ – балансова вартість устаткування, транспортних засобів і інструментів; H_a – норма амортизації, %; на устаткування – 8 %; транспортних засобів – 40 %; інструментів – 24 %. $A_{\text{уст}} = (2476208,75 \times 0,08) = 198096,7$ $A_{\text{тр}} = (371431,31 \times 0,4) = 148572,4$ $A_{\text{ін}} = (37143,13 \times 0,24) = 8914,35$	
Разом по I статті:			355583,45

2. Витрати на експлуатацію устаткування (технічний огляд і обслуговування)	Матеріали	Вартість мастильних, обтиральних матеріалів, емульсій для охолодження $M = \sum m \times R \times K_{cm} \times C_{cm} \times D_p,$ де m – норма витрат мастильних матеріалів на одиницю ремонтної складності по групах устаткування за день; $R=150$ – кількість одиниць ремонтної складності; K_{cm} – коефіцієнт змінності ($K_{cm}=2$); $C_{cm}=1,05$ – вартість одиниці мастильно-обтиральних матеріалів, грн.; $D_p=251$ – кількість робочих днів у році $M=(1 \times 0,03 + 3 \times 0,02 + 7 \times 0,23 + 1 \times 0,025 + 1 \times 0,022) \times 192,5 \times 2 \times 1,05 \times 251 = 179494,68$	179494,68
--	-----------	---	-----------

		Витрати на оплату праці робітників, що обслуговують устаткування (наладники, мастильники) визначають: а) основна заробітна плата: $З_{осн} = C_{п} \times \Phi_{эф} \times K_p$ $З_{осн} = (18,939 \times (0,375 + 0,1428) + (0,125 + 0,3334 + 1) \times 21,464 + 0,028 \times 17,045) \times 1820 =$ $(9,807 + 31,303 + 0,477) \times 1820 = 75678,81$ б) додаткова заробітна плата: $З_{доп} = З_{осн} \times 25 \%$ $З_{доп} = 75678,81 \times 25 \% = 18922,2$ в) відрахування на соціальне страхування: $З_{соц} = \frac{З_{осн} + З_{доп}}{100} \cdot 37,5 \% =$ $= 35475,38$	
--	--	---	--

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						101
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

		Витрати на електроенергію $C_{\text{эл}} = \sum_{i=1}^n N \times \Phi_{\text{ном}} \times K_{\text{исп}} \times C,$ де N – установлена потужність устаткування по групах, кВт. Φ – нормативний фонд часу роботи устаткування, рік. C – вартість одного кВт × год. електроенергії, грн. K_{вик} – коефіцієнт використання устаткування. C_{эл}=107,9×4060×0,79×0,972=336388,26	336388,26
		Витрати на воду $C_{\text{вод}} = \frac{Q \times \Phi_{\text{эф}} \times S}{1000} \times \Pi_{\text{вод}}$ де Q – норма витрати води на 1 верстат у рік, м³, 15 м³ Π_{вод} – ціна 1 м³ води, 8,928 грн. Φ_{эф} – ефективний фонд часу роботи устаткування, рік. S – число верстатів працюючих із ЗОР, шт. C_{вод} = 15×4060×14×8,928/1000=7612,01	7612,01
Разом по II статті:			653571,34
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис
			Дата
6261м. 03.МР.09.06.ПЗ			Арк.
			102

3.Витрати на проведення поточного ремонту устаткування і транспортних засобів.	Матеріали	Для устаткування, крім автоматичних ліній, можна застосовувати в розмірі 4,5% від балансової вартості устаткування, 5% від вартості інструмента і 4,5% для транспортних засобів. $C_{уст}=2476208,75 \times 0,045=111429,39$ $C_{ін}=37143,13 \times 0,05=1857,16$ $C_{тр}=371431,31 \times 0,045=16714,41$			
	Зарплата	Витрати на оплату праці робітників, зайнятих на ремонтних роботах (слюсарі, електрики й ін.) визначаються аналогічно розрахункам у другій статті. $З_{осн}=0,0704 \times 17,045 \times 1820=2183,94$ $З_{доп}=2183,94 \times 25\%=545,99$ $З_{соц.}=(2183,94+545,99) \times 37,5\%=1023,72$			
Разом по III статті:				133754,61	
4. Витрати на внутрішньозаводські переміщення вантажів	Матеріали	Вартість мастильних і обтиральних матеріалів, пального, запасних частин і інших транспортних засобів, що використовуються для експлуатації, при укрупнених розрахунках, приймається 2% від вартості транспортних засобів. $371431,31 \times 2\%=7428,63$			
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
6261м. 03.МР.09.06.ПЗ					Арк.
					103

		Зарплата	Зарплата на оплату праці робітників, зайнятих переміщенням вантажів визначається аналогічно другій статті $Z_{\text{осн}} = 0,56 \times 13,889 \times 1820 = 14155,67$ $Z_{\text{доп}} = 14155,67 \times 25 \% = 3538,92$ $Z_{\text{соц.}} = (14155,67 + 3538,92) \times 37,5\% = 6635,47$		
		Послуги	Вартість транспортних послуг допоміжних цехів, при укрупнених розрахунках, можна прийняти 2-3% від суми статей 1; 2; 3 $(355583,45 + 653571,34 + 133754,61) \times 3\% =$ $= 1142909,3 \times 0,03 = 34287,28$		
Разом по IV статті:				66045,97	
5. Знос малоцінних інструментів та тих, що швидко зношуються		Матеріали	Вартість малоцінних інструментів і пристроїв та тих, що швидко зношуються, по укрупнених розрахунках, можна прийняти на 1 верстат, грн.: $C = 190 \times 3 + 250 \times 1 + 230 \times 2 + 350 \times 1 + 280 \times 7 = 1780$	3590	
		Послуги	Суму зносу малоцінного інструменту і пристроїв та тих, що швидко зношуються, вартість їхнього заточення і ремонту можна прийняти 25-30% від їхньої вартості. $3590 \times 30\% = 1077$	1077	
Разом по V статті:				4667	
					Арк.
					104
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6261м. 03.МР.09.06.ПЗ

6. Інші.	Витрати непередбачені іншими статтями можна прийняти в розмірі 2-3% від суми попередніх статей. (355583,45+653571,34+133754,61+66045,97 + 4667 *3% = 2290485,6*0,03 = 68714,57	68714,57
Разом по VI статті:		68714,57
Усього:		2359200,1

$$\%B_{\text{уео}} = (2359200,1/1112037,1) \times 100\% = 212,15 \%$$

6.7 Визначення фактичної собівартості та фінансових результатів виготовлення деталі

6.7.1 Калькуляція виготовлення деталі.

Калькуляція – це визначення собівартості одиниці конкретного виду продукції. При визначенні виробничої собівартості продукції, що виробляється на дільниці механічного цеху, слід спиратися на стандарт бухгалтерського обліку П(С)БУ16.

Калькуляція виготовлення деталі

Таблиця 6.6

Шифр рядка	Найменування статей калькуляції	Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
1	2	3	4
01	Сировина і матеріали	2363,4	Ц _{1кг} = 60,6 грн.
02	Зворотні відходи	(73,61)	Ц _{1кг} = 4,33грн.
03	Основна заробітна плата основних виробничих робітників	362,31	Таблиця 6.1 підсумок графі 5

Шифр рядка	Найменування статей калькуляції	Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
04	Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	126,81	35% від п.03
05	Відрахування на соціальні заходи	183,42	37,5% від п.п. 03 + 04
06	Витрати на утримання й експлуатацію устаткування	768,64	212,15% від п.03
07	Загальновиробничі витрати	543,47	150% від п.03
08	Виробнича собівартість	4274,44	(01 – 02) + 03 + 04 + 05 + 06 + 07
09	Адміністративні витрати	905,78	250% від п.03
10	Витрати на збут	14,49	4% від п.03
11	Інші операційні витрати	18,12	5% від п.03
12	Повна собівартість	5212,83	08+09+10+11

6.7.2 Визначення оптової ціни річної програми

Оптова ціна – це сума прибутку та повної собівартості, розрахованої за статтями калькуляції. *Прибуток* розраховується в залежності від встановлено рівня рентабельності за формулою:

$$\text{Рентабельність} = \frac{\text{Прибуток}}{\text{Повна собівартість}} \times 100\%$$

Розрахунок вартості річного обсягу продукції в оптових цінах зведено в таблицю 6.7

Визначення оптової ціни річної програми

Таблиця 6.7

Шифр рядка	Найменування статей калькуляції	Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
01	Сировина і матеріали	4726800	A×таб.6.6 с.01
02	Зворотні відходи	(147220)	A×таб. 6.6 с.02
03	Основна заробітна плата основних виробничих робітників	724620	A×таб. 6.6 с.03

Шифр рядка	Найменування статей калькуляції	Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
04	Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	253620	А×таб. 6.6 с.04
05	Відрахування на соціальні заходи	366840	А×таб. 6.6 с.05
06	Витрати на утримання й експлуатацію устаткування	1537280	А×таб. 6.6 с.06
07	Загальновиробничі витрати	1086940	А×таб. 6.6 с.07
08	Виробнича собівартість	8548880	А×таб. 6.6 с.08
09	Адміністративні витрати	1811560	А×таб. 6.6 с.09
10	Витрати на збут	28980	А×таб. 6.6 с.10
11	Інші операційні витрати	36240	А×таб. 6.6 с.11
12	Повна собівартість	10425660	08+09+10+11
13	Рівень рентабельності		15%
14	Прибуток	1563849	п.13 від п.12
15	Оптова ціна продукції підприємства без ПДВ	11989509	п.12+п.14

6.7.3 Визначення фінансових результатів (прибутку)

Визначення фінансових результатів проводимо згідно з П(С)БУ 3 за допомогою табл.6.8.

Визначення фінансових результатів

Таблиця 6.8

Стаття		Величина витрат, грн.	Вказівки до розрахунку
1.	Доход (виручка) від реалізації продукції	11989509	п.15 табл.6.7
2.	Собівартість продукції (виробнича)	8548880	п.08 табл.6.7
3.	Валовий прибуток	3440629	п.1–п.2
4.	Адміністративні витрати	1811560	п.09 табл.6.7
5.	Витрати на збут	28980	п.10 табл.6.7
6.	Інші операційні витрати	36240	п.11 табл.6.7
7.	Фінансові результати від операційної діяльності	1563849	п.3- (п.4+п.5+п.6)
8.	Податок на прибуток від звичайної діяльності	390962,25	25% від п.7
9.	Фінансовий результат (чистий прибуток)	1172886,8	п.7-п.8

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		107

6.8. Розрахунок обсягів капітальних вкладень і строків окупності проекту

Припустимо, що освоєння випуску нової продукції починається з 1 січня 2024 року і продовжується на протязі 6 років. За цей період досягається річний обсяг випуску продукції 2000 штук.

Припустимо, що ціни на продукцію залишаються незмінними, а програмний обсяг виробництва досягається поступово (табл.6.9.).

Проектовані обсяги виробництва

Таблиця 6.9

Роки	2024	2025	2026	2027	2028	2029
Обсяг виробництва %	70	90	100	100	100	100

Обсяги інвестицій у проект включають суму вкладень в основні засоби та на створення оборотних коштів. Розрахунок обсягів інвестиційних вкладень у проект зведено в табл.6.10.

Розрахунок обсягів інвестиційних вкладень у проект

Таблиця 6.10

Показники		Величина витрат, грн.
I. Інвестиційні вкладення в основні засоби:		
	1.Будівлі, споруди і передатні пристрої	618308
	2. Транспортні засоби	380431,31
	3. Інші	2523151,9
Разом: вкладення в основні фонди		3521891, 12
II. Інвестиції в оборотні кошти		961846,69
Усього: I+II		4483737,7

Визначення інвестицій в оборотні кошти.

Інвестиції є різницею між повною собівартістю (ПС) і амортизацією

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						108
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(А). Для даної деталі повна собівартість річної програми складає 10425660 грн. (табл.6.7., п.12), амортизація – 807193,61 грн. (табл.6.11., п.2+п.3+п.4), інвестиції в оборотні кошти будуть рівні:

$$I_{\text{нв}} = \frac{ПС - А}{12} \cdot 1,2 = \frac{10425660 - 807193,61}{12} \cdot 1,2 = 961846,69 \text{ грн.}$$

У даній формулі 20% – це резервний (страховий) фонд.

Для оцінки ефективності проекту потрібно сформувати грошовий потік від реалізації інвестицій (табл.6.11).

Прибуток від випуску супутньої продукції:

$$П' = \frac{П}{ТН} \times (ТН' - ТН)$$

де П – отриманий прибуток від заданої програми, грн.

ТН – трудомісткість річної програми, н.-год.

ТН' – трудомісткість річної програми з урахуванням довантаження, н.-год.

$$П' = 1172886,8 \times (50133 - 32132) / 32132 = 657072,5 \text{ грн.}$$

Розрахунок грошового потоку

Таблиця 6.11

Показники	Значення, грн.	Вказівки з розрахунку
1. Чистий прибуток, у тому числі:	1829959,3	
а) у річному обсязі продукції	1172886,8	п.9 табл.6.8
б) прибуток від випуску супутньої продукції	657072,5	дивись розрахунок нижче
2. Амортизація 1-ї групи основних фондів	49464,64	8% від п.1 таб.6.10
3. Амортизація 2-ї групи основних фондів	152172,52	40% від п.2 таб.6.10
4. Амортизація 3-ї групи основних фондів	605556,45	24% від п.3 таб.6.10
Разом сумарний грошовий потік:	2637152,9	п.1+2+3+4

Розрахунок сумарного грошового потоку з урахуванням обсягів

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						109
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробництва по роках

Таблиця 6.12

Роки	Показники	Роки	Значення, грн.
0	Сума капітальних вкладень	початок 2024 року	(3521891, 12)
1	70% грошового потоку	2024	1846007
2	90% грошового потоку	2025	2373437,6
3	100% грошового потоку	2026	2637152,9
4	100% грошового потоку	2027	2637152,9
5	100% грошового потоку	2028	2637152,9
6	100% грошового потоку	2029	2637152,9

Визначення строків окупності проекту.

$$\text{Період окупності} = \frac{\text{Кількість років до повного відшкодування витрат}}{\text{Невідшкодований залишок у цьому році}} + \frac{\text{Грошовий потік наступного року}}{\text{Грошовий потік наступного року}}$$

Рік 1-й: - (3521891, 12) + 1846007 = (1675884,1) грн.

Рік 2-й: - (1675884,1) + 2373437,6 = 697553,5 грн.

Період окупності = $1 + \frac{1675884,1}{2373437,6} = 1,71$ року або 1 рік 9 місяців.

Проект окупиться на 10 місяць другого року.

Визначення чистої теперішньої вартості проекту

Таблиця 6.13.

Роки	Коефіцієнт дисконтування	Значення, грн.
0	$K_d = \frac{1}{(1 + k_c)^t},$ де $k_c = 15\%$ – ставка дисконтування; t – номер року $K_d = \frac{1}{(1 + 0,15)^0} = 1$	(3521891, 12)
1	Тут і далі K_d розраховується аналогічно графі (0) $K_d = 0,8696$	1605287,6
2	$K_d = 0,7561$	1794556,1
3	$K_d = 0,6575$	1733928

Роки	Коефіцієнт дисконтування	Значення, грн.
4	$K_d = 0,5718$	1507924
5	$K_d = 0,4972$	1311192,4
6	$K_d = 0,4323$	1140041,1
Разом чиста теперішня вартість проекту		3776482

Рік 1-й: $(3521891, 12) + 1605287,6 = (1916603,5)$ грн.

Рік 2-й: $(1916603,5) + 1794556,1 = (122047,4)$ грн.

Рік 3-й: $(122047,4) + 1733928 = 1611880,6$ грн.

Проект окупиться на початку третього року.

Період окупності $= 2 + \frac{251853,3}{855426,12} = 2,07$ року або 2 роки 1 місяць

Впливає, що проект з урахуванням дисконту окупиться на 2 місяць третього року.

6.9 Техніко-економічні показники дільниці

Для одержання повного уявлення про доцільність реалізації проекту дільниці механічного цеху необхідно мати комплекс підсумкових даних, що характеризують економічну сторону роботи спроектованої дільниці. Основні техніко-економічні показники дільниці зведені в табл.6.14.

Техніко-економічні показники дільниці

Таблиця 6.14.

Найменування показників	Одиниці виміру	Значення
1	2	3
1. Обсяг виробництва	штук	2000
2. Трудомісткість річної програми	н.-г.	
- заданої річної програми;		32132
- з урахуванням супутньої продукції		50133
3. Чисельність працюючих всього:	осіб	27,49
в тому числі:		

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						111
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- основних робочих		18
- допоміжних робочих		3,84
- спеціалістів		3,22
- службовців		0,437
- молодшого обслуговуючого персоналу		0,29
4. Середній розряд робочих	-	
- основних		3,7
- допоміжних		3,0
5. Фонд заробітної плати:	грн.	
- основних робочих		1445648,2
- допоміжних робочих		157869,26
- спеціалістів		215129,2
- службовців		17445,4
- молодшого обслуговуючого персоналу		6820,8
6. Середньомісячна заробітна плата:	грн.	
- основних робочих		6692,82
- допоміжних робочих		3425,98
- спеціалістів		5567,53
- службовців		3326,74
- молодшого обслуговуючого персоналу		1960
7. Вартість основних виробничих фондів всього	грн.	3521891,12
у тому числі:		
I. групи (будівлі, споруди, передатні пристрої)		618308
II. групи (транспортні засоби. ЕОМ, припади)		380431,31
III. групи (інше)		2523151,9
8. Кількість устаткування на ділянці	штук	14
9. Середній коефіцієнт завантаження устаткування	%	0,79
10. Коефіцієнт використання матеріалу	-	0,564

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						112
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Собівартість одиниці продукції	грн.	5212,83
12. Собівартість річної програми	грн.	10425660
13. Виробнича програма за оптовими цінами	грн.	11989509
14. Чистий прибуток	грн.	1172886,8
15. Чиста теперішня вартість проекту	грн.	3776482
16. Строк окупності капітальних вкладень	роки	
без дисконтування		1,71
з урахуванням дисконтування		2,07

Висновок

Випуск деталей «муфта зубчаста» є цілком доцільний, технологічно необхідний і економічно вигідний. Інвестиції окупаються протягом 1 року 9 місяців без дисконту і протягом 2 років і 1 місяць з урахуванням дисконтування.

У результаті реалізації проекту, за період його життєвого циклу підприємство отримає 1172886,8 гривень прибутку.

					6261м. 03.МР.09.06.ПЗ	Арк.
						113
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Охорона праці

Вступ

Охорона праці – це система законодавчих, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів, які забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працеспроможності людини в процесі праці.

Повністю безпечних та безшкідливих виробництв не існує. Задача охорони праці – звести до мінімальної імовірності ураження чи захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Небезпечним виробничим фактором називається такий виробничий фактор, вплив якого на працюючого в визначених умовах призводить до травмування або до іншого раптового погіршення здоров'я.

Шкідливим виробничим фактором називається такий виробничий фактор, вплив якого на працюючого в визначених умовах призводить до захворювання та зниження працездатності.

У комплекс засобів з охорони праці входять: заходи з техніки безпеки; комплекс організаційно- технічних заходів, які запобігають впливу на людину шкідливих і небезпечних виробничих факторів; заходи по забезпеченню виробничої санітарії, системи санітарно-технічних, лікувально-профілактичних заходів і засобів, які запобігають впливу небезпечних і шкідливих факторів, забезпечення пожежною та вибуховою безпечністю; система організаційно-технічних засобів, спрямованих на профілактику, сигналізацію та запобігання пожеж.

7.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів на ділянці

Механічне обладнання ділянки з виготовлення муфт має ряд недоліків, які мають з себе небезпеку для працюючих. До них відносяться: відкритий

					6261м. 03.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						115
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робочий інструмент, не захищена зона обробки, відсутність огорожі понад рухомих частин обладнання.

При роботі на механічному обладнанні нещасні випадки відбуваються від взаємодії людини з рухомими частинами обладнання - столами, інструментом, а також від влучення у нього відлітаючих із робочої зони відходів матеріалу при обробці.

Щоб запобігти нещасному випадку, небезпечні зони необхідно огорожувати. Також огорожуються робочі площадки, розташовані на висоті. При цьому огорожа не повинна знижати продуктивність обладнання.

Відлітаюча з робочої зони стружка, а також влучаючі у повітряну середу мастильні а охолоджуючі рідини створюють небезпеку травматизму і отруєння шкідливими речовинами. Доцільно застосовувати захисні екрани, ізолюючі робітника від небезпечної зони, а також уловлювачами для відходів.

Для знищення із повітря різних шкідливих для здоров'я людини газів, встановлюються вентиляційні насоси.

Пил при роботі на механічному обладнанні працівник може отримати не тільки травму. Існують різного роду професійні захворювання, виникаючі у людей, працюючих з механізмами підвищеної шумності і вібрації.

Під дією тривалого голосного шуму гострота слуху знижується. Таке тимчасове зниження слухової чутливості (адаптації слуху) уявляє з себе захисну реакцію організму. Наступаючі слідом за адаптацією слухове та загальна втома є першим симптомом патологічного процесу, який поступово розвивається в глухість, а іноді у полу глухоту.

Дія шуму на організм людини не обмежується тільки ураженням слуху. Через центральну нервову систему органи слуху зв'язані з іншими органами. Інтенсивний шум впливає, у першу чергу, на центральну нервову систему, що веде до порушення її регульованої функції. Під впливом сильного шуму (90-100 дБ) притуплюється гострість зору, з'являються головні болі та головокружіння, зростає кров'яний тиск.

Сукупність небажаних змін, які з'являються під впливом шуму в організмі людини, можна розглядати, як шумову хворобу.

					6261м. 03.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						116
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В виробничих умовах інтенсивний шум робить нерозбірливими мову і звукові сигнали, що робить важким спілкування між робітниками, негативно впливає на їх психіку і руйнує умови безпеки праці. Виникаюча від шуму втома послаблює увагу і уповільнює психічні реакції, що призводить до збільшення браку та травматизму. Шум високих рівнів знижує продуктивність праці на 15-20 %.

Гранично допустимий рівень шуму в виробничих приміщеннях за ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Загальні вимоги безпеки» і «Санітарними нормами припустимого шуму» СНіП 3077-84 складає 85 дБ.

Загальні вібрації з частотою лінії 0,7 Гц не приводять до вібраційної хвороби. Нормовані величини рівнів вібрації на робочих місцях задані з урахуванням взаємодії вібрації впродовж усього робочого дня, середньоквадратичне значення віброшвидкості 2 мм/с, рівень коливальної швидкості 92 дБ.

Джерелами вібрації і шуму на проектованій ділянці є елементи конструкцій верстатів: шліцові з'єднання, кулачкові муфти, гідравлічні системи, електродвигуни, також можуть сприяти цим явищам і не вірно підібрані амортизатори при монтажі обладнання.

Основними шляхами зниження вібрації і шуму є використання малошумних зубчастих передач і електродвигунів, високоякісних підшипників. Використання раціональних конструкцій ріжучого інструменту і приладів, жорсткість їх закріплення.

Більшість з розповсюджених небезпечних а шкідливих факторів, виникаючих у виробничих умовах, сприймаються органами чуття людини, тому їх легше виявити і запобігти заходів до попередження шкідливих наслідків. Однак, деякі з них не можуть бути виявлені, і це збільшує небезпеку ураження електричним струмом у випадку переходу напруги на частини обладнання. Тому на проектованій ділянці передбачається захисне заземлення. Необхідне за правилами улаштування електропристроїв допустимий опір заземлюючого пристрою для установок до 1000В $R_z = 4 \text{ Ом}$.

					6261м. 03.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						117
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Посібником для робочих по безпечним заходам праці і методам виконання конкретних робіт служать інструкції з техніки безпеки і виробничої санітарії.

Мікроклімат на виробничій ділянці виявляється температурою повітря t° , відносною вологістю 4 %, швидкістю руху повітря на робочому місці v м/с, барометричним тиском P , Па.

Людина постійно знаходиться у процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем. Для теплового самопочуття людини важливе повне сполучення температури, вологості і швидкості руху повітря. Вологість повітря має великий вплив на терморегуляцію людини; нормальна величина відносної вологості складає 30-60 %. Відповідно до санітарних норм ГОСТ 12.1.005-88 на проєктованій ділянці для праці середньої важкості в приміщенні з незначними надлишками явної теплоти в холодну пору року припустимими параметрами метеоумов є: $t = 17-22^{\circ}\text{C}$; ϕ не більш 75 %; v не більш 0,3 м/с;

- у теплу пору року:
- $t = 23-26^{\circ}\text{C}$; ϕ не більш 60 %; v не більш 0,5 м/с.

Запобігання дії шуму на персонал ділянці механічного цеху

Так як проєктована ділянка є ділянкою механічної обробки деталей, то на ній переважними є механічні шуми. Це шуми, які виникають від рухомих частин механічного обладнання.

Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 при розробці технологічних процесів, експлуатації обладнання у виробничих спорудах, а також при організації робочих місць слід приймати усі необхідні заходи по зниженню, діючого на людину, до значень, допустимих санітарними нормами. Для цього використовують методи колективного захисту (ГОСТ 12.1.029-80). До засобів і методів колективного захисту відносяться: технічні засоби боротьби з шумом; будівельно-акустичні засоби; використання дистанційного керування шумними машинами, організаційні заходи.

До засобів індивідуального захисту за ГОСТ 12.4.051-87 відносяться: протишумові навушники, протишумові укладки, шоломи і каски, протишумові костюми.

					6261м. 03.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						118
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У боротьбі із виробничим шумом використовують, неважаючи засобів індивідуального захисту, два основні методи: зменшення шуму в джерелі його виникнення; послаблення шуму на шляху його розповсюдження.

Перший метод є найбільш радикальним. Його можна здійснити за рахунок удосконалення технологічних операцій і використаного обладнання.

При конструюванні нових чи механізації існуючих типів обладнання, слід по можливості передбачити такі заходи зі зниженню шуму у джерелі: заміну зворотно-поступового руху деталей обертальним; використання косозубих і шевронних шестерень замість прямозубих, що знижує шум на 5 дБ; використання кліноременевих передач замість зубчастих і ланцюжних (заміна зубчастої передачі на кліноременеву знижує шум на 10-15 дБ); заміну підшипників кочення підшипниками ковзання. Що дає зниження шуму на 10-15 дБ; впровадження примусового змащення в'язкими мастилами тертивих поверхонь сполучних деталей; наявність в конструкціях обладнання і технологічної оснастки еластичних прокладок, спричиняючи послаблення шуму.

Зниження механічного шуму безпосередньо в джерелі досягається виготовленням деталей і вузлів обладнання із «незвучних» конструкційних матеріалів, які затрудняють виникнення і розповсюдження ударних шумів. До числа таких матеріалів відносяться деякі пластмаси (капрон, текстоліт, карболіт, склопластики та ін.), а також метали і сплави, хроміста сталь та ін.

Шум, видаваний соударяючимися чи тручимися поверхнями деталей, можна знизити, комбінуючи їх матеріал. Велике значення для зниження шуму має якісне виготовлення деталей і вузлів машин, ретельна статична і динамічна балансування обертаючихся деталей, складання і монтаж обладнання, його вірна експлуатація і сучасний ремонт. У випадку незадовільного технічного стану обладнання рівень шуму, який воно видає, може збільшуватися на 10 дБ.

Зазначені способи зменшення шуму у самому джерелі його виникнення відносяться до активних методів шумозаглушення, підлягаючим реалізації головним чином при розробці нових технологічних процесів і конструкцій машин і механізмів. Однак, в існуючих умовах ці методи у багатьох випадках

					6261м. 03.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						119
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

по тим чи іншим причинам застосовувати не вдається чи їх ефективність виявляється недостатньою для зниження шуму до потрібного рівня. Тоді, доводиться вживати пасивне шумозаглушення – послаблення шуму на шляху його розповсюдження, яке досягається будівельно-акустичними методами і здійснюється у двох напрямках:

- раціональне планування діляниць і цехів, а також раціональне розміщення обладнання;
- акустична обробка приміщень, звукоізоляція, екранування джерел шуму, шумозаглушення.

Для ослаблення шуму від внутріцехового транспорту слід рельсові шляхи вкладати на пружну віброізолюючу основу, а стики рельсів зварювати.

Для зниження шуму у цехах та інших виробничих приміщеннях широке використання знаходить так звана акустична обробка приміщень, основана на використанні явищ поглинання повітряного звуку волокнисто-шпаристими матеріалами. Акустична обробка приміщень заключається у розміщенні на стінах та стелях звукопоглинаючих облицювань, а також установка в приміщеннях звукопоглинаючих конструкцій – кулісних і штучних звукопоглиначів.

До числа спеціальних звукоізолюючих конструкцій, призначених для зниження шуму у тому ж приміщенні, де знаходиться його джерело, відносяться кожухи, кабінки, спостереження і дистанційного управління, бокси для особливо шумного обладнання. Кожух повинен укривати машину чи вузол з усіх боків, без яких то отворів і щілей, різко знижуючих звукоізолюючу здібність. У той же час кожух повинен закривати обладнання і не повинен затрудняти обслуговування машин і спостереження за ходом технологічного процесу, для чого у його конструкцій необхідно передбачати оглядові вікна, дверцята, які відчиняються, внутрішнє освітлення, вентиляційні прилади. Щоб запобігти зростання рівня шуму під кожухом, стінки його внутрішнього боку слід вкрити звукопоглинаючим матеріалом. Застосування звукопоглинаючих кожухів дозволяє знизити шум на 15-20 дБ.

					6261м. 03.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						120
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Якщо застосування звукоізолюючих кожухів і кабін неможливо чи недоцільно, звертаються до екранізування джерела шуму, який полягає в установці між джерелом шуму і робочим місцем звуковідображувального екрану. Екран уявляє собою перешкоду обмежених розмірів, знижуючи рівень прямого звуку від джерела шуму за рахунок виникнення акустичної тіні. Акустичні екрани виготовляють частіше усього з жорсткого листового металу. Лінійні розміри екрана повинні перебільшувати розміри джерела шуму., як найменш у 3 рази. Для збільшення ефективності екран з боку, повернутого до джерела шуму, а також стелю приміщення над екраном обліцовують звукопоглинаючим матеріалом з товщиною шару не менш 50-60 мм. Акустичні екрани і огорожі знижують шум на 5-10 дБ. Їх ефективність тим вище, чим більше їх розміри (особливо висота) і чим менше відстань від джерела шуму до екрануємого робочого місця.

7.2. Розрахунок освітлення дільниці

Штучне освітлення – освітлення помешкання штучним світлом за допомогою електричних ламп газорозрядних та ламп накаливання.

За конструктивним виконанням штучне освітлення може бути трьох систем – загальне, місцеве і комбіноване.

Загальне - освітлення, при якому світильники розміщують у верхній частині приміщення рівномірно (загальне рівномірне освітлення), чи відносно до розташування обладнання (загальне локалізоване освітлення).

Місцеве – освітлення, допоміжне до загального, створене світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Місцеве освітлення приймається тільки разом з загальним освітленням.

Комбіноване – освітлення, при якому до загального освітлення додається місцеве.

Джерела світла є важливішими складовими частинами освітлювальних приладів промислових підприємств. Вірний вибір типів і потужності ламп надає рішучий вплив на експлуатаційні якості і економічну ефективність освітлювальних установок, на відповідність штучного освітлення до вимог, які потребуються.

					6261м. 03.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						121
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У якості джерел світла для освітлення промислових підприємств застосовують газорозрядні лампи та лампи накаливання.

Газорозрядні лампи – це прилади, в яких випромінювання оптичного діапазону спектра виникає в результаті електричного розряду в атмосфері інертних газів і парів металів, а також за рахунок явища люмінесценції. Основною перевагою газорозрядних ламп перед лампами розжарювання є велика світлова віддача – 40-110 мм/Вт. Вони мають значно більший строк служби, який у деяких типів ламп досягає 8-12 тис.г.

Велике значення для забезпечення якості і ефективного освітлення необхідне застосування світильників. Світильник має з себе сукупність джерел світла і світильної арматури. По розповсюдженню світлового потоку у просторі розрізняють світильники прямого, змінно прямого, розсіяного, змінно відображаючого і відображаючого світла. За призначенням світильники поділяються на світильники загального і місцевого освітлення. За виглядом джерела світла - світильники з лампами розжарювання і світильники з газорозрядними лампами.

Для розрахунку штучного освітлення застосовуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку. Найбільш розповсюджений метод, призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь при відсутності великих предметів, які створюють тінь, з урахуванням світла, відображеного стінами і підлогою. Даний метод виявляє світловий потік і потужність ламп, а також кількість світильників, необхідних для створення заданої освітлюваності.

На проектуваній ділянці для загального освітлення використовуються світильники з газорозрядними лампами. Довжина ділянки $A = 27$ м, ширина – $B = 18$ м, висота – $H = 6$ м. Для освітлення приймаємо світильники типу ЛСП 04 [18]. Рівень мінімальної освітлюваності люмінесцентними ламами за нормами $E_{\min} = 100$ лк. Коефіцієнт відображення стелі $\rho_{\text{ст}} = 50$ %, стін $\rho_{\text{ст}} = 30$ %, робочої поверхні $\rho_p = 10$ %. Висота робочої поверхні $h_p = 1$ м.

Відстань від стелі до робочої поверхні

$$H_o = H - h_p = 6 - 1 = 5 \text{ м.}$$

					6261м. 03.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						122
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відстань від стелі до світильника

$$H_c = 0,2H_0 = 0,2 \cdot 5 = 1 \text{ м.}$$

Висота підвішування світильника над освітлюваною поверхнею

$$h = H_0 - h_c = 5 - 1 = 4 \text{ м.}$$

(величина, яка знаходиться у межах норм).

Висота підвішування світильників над підлогою

$$H_{\text{п}} = h + h_p = 4 + 1 = 5 \text{ м.}$$

Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення приймаємо відношення $L / h = 1,5$.

Тоді відстань між центрами світильників

$$L = 1,5h = 1,5 \cdot 4 = 6 \text{ м.}$$

Необхідна (орієнтовна) кількість світильників

$$N = \frac{S}{L^2} = \frac{27 \cdot 18}{6^2} = 14.$$

Знаходимо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A+B)} = \frac{27 \cdot 18}{4 \cdot (27+18)} = 2,7$$

За табл.23 [18] при $i = 2,7$; $\rho_{\text{ст}} = 50 \%$; $\rho_{\text{ст}} = 30 \%$; $\rho_p = 10 \%$ для світильника типу ЛСП-04 коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,61$.

Знаходимо світловий потік однієї лампи, з урахуванням того, що кількість ламп, встановлених в одному світильнику, дорівнює 2:

$$\Phi = \frac{E_{\text{min}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{2 \cdot N \cdot \eta},$$

E_{min} – рівень мінімальної освітлюваності за нормами, лк;

S – освітлювана площа приміщення, м²;

K_3 – коефіцієнт запасу (табл.5, [18]);

Z – коефіцієнт мінімальної освітлюваності (для люмінесцентних ламп $Z = 1,1$);

N – кількість світильників;

η – коефіцієнт використання світлового потоку ламп, які встановлені у світильнику (табл.23, [18]);

$$\Phi = \frac{100 \cdot 486 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{2 \cdot 14 \cdot 0,61} = 4069 \text{ мм.}$$

					6261м. 03.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						123
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За визначеним світловим потоком за допомогою табл.17 [18] вибираємо лампу напругою 80 Вт, яка має світловий потік 4170 лм, найбільш близький до розрахункового.

При цьому фактична освітлюваність:

$$E_{\phi} = E_n \cdot \frac{\Phi_{\text{л}}}{\Phi_{\text{р}}},$$

де $\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік обраної лампи, лм;

$\Phi_{\text{р}}$ - світловий потік лампи, отриманої розрахунком, лм;

$$E_{\text{р}} = 100 \cdot \frac{4170}{4069} = 102 \text{ лк.}$$

Загальна напруга світлювальної установки

$$P_o = P_{\text{л}} \cdot N,$$

де $P_{\text{л}}$ – напруга обраної лампи

$$P_o = 80 \cdot 2 \cdot 14 = 2240 \text{ Вт} = 2,2 \text{ кВт.}$$

Знаходимо кількість світильників, необхідних для створення заданої освітлюваності:

$$N = \frac{E_{\text{min}} \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta},$$

де $n \cdot \Phi_{\text{л}}$ - сумарний світловий потік ламп, встановлених в одному світильнику (- кількість ламп; $\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік однієї лампи, лм):

$$N = \frac{100 \cdot 486 \cdot 1,3 \cdot 1,1}{2 \cdot 4170 \cdot 0,61} = 14.$$

Освітлення ділянки буде проводитися за допомогою 14 світильників (2 ряди по 7 світильників).

					6261м. 03.МР.09.07.ПЗ	Арк.
						124
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Охорона навколишнього середовища

Вступ

Захист навколишнього середовища – це комплексна проблема, яка потребує зусиль вчених багатьох спеціальностей. Найбільш активною формою захисту навколишнього середовища від шкідливого впливу викидів промислових підприємств є повний перехід до безвідходного та маловідходного виробництва. Це потребує рішення цілого комплексу складних технологічних, конструкторських та організаційних задач, оснований на використанні новітніх науково-технічних досягнень. Важливим напрямком екологізації промислового виробництва є: удосконалення технологічних процесів і розробка нового обладнання з меншим рівнем викидів домішок і відходів в навколишнє середовище, екологічна експертиза усіх видів виробництв і промислової продукції; заміна токсичних речовин нетоксичними.

В результаті росту виробництва концентрація вуглекислого газу в атмосфері збільшилось на 5-6 %, значно виросло заповнення міст, в повітрі з'явилося багато отруйних речовин, які з'являються за виною виробників.

Складна екологічна обстановка потребує конкретних змін відношення до питань, зв'язаних з навколишнім середовищем і раціональним використанням природних ресурсів. Це задачі великої економічної і соціальної значимості, так як мова йде о здоров'ї людини і раціональному використанні природних ресурсів. Усі ці задачі знайшли відображення у земельному, водному, гірському і лісному законодавствах.

Забруднення навколишнього середовища відбувається різними шляхами: механічним, хімічним, біологічним, фізичним. Тому охорона навколишнього середовища перетворюється в глобальну проблему, виявляє собою комплекс заходів з захисту, персональному використанню і відновленню живої та неживої природи. У зв'язку з чим виникають як міжнародні організації і проекти, так і суспільні, які призивають роздроблювати і координувати дії держави з охорони навколишнього середовища.

					6261м. 03.МР.09.08.ПЗ	Арк.
						126
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.1. Заходи з охорони навколишнього середовища

Машинобудівне виробництво відрізняється різноманітністю створених їм забруднень.

Забруднення повітряної середи

Машинобудівне обладнання в процесі обробки викидає у повітряний басейн пил різного хімічного і гранулометричного складу, аерозолі олій і емульсій, випарювання олій, ЗОР. Вміст шкідливих газів, парів, пилу в повітрі робочої зони не повинно перевищувати ПДК за ГОСТ 12.1.005-88.

Для нормалізації повітряного середовища на ділянці використовують місцеві відсмоктувачі прилади зі спеціальними насадками, які розміщують у місцях інтенсивного виділення шкідливих речовин. Необхідно здійснювати ландшафтну реконструкцію земельних насаджень з посадкою квітів, кустів і посівом газонних трав.

Забруднення водного середовища

Необхідну для технологічних потреб чисту холодну прісну воду підприємства скидають у навколишні їх водойми. Машинобудівні підприємства, у більшості, забруднюють воду механічними зависями, піском, металічною стружкою, мінеральними маслами, ЗОР.

Забруднення вод нафтопродуктами відбувається в результаті зливу миючих розчинів і емульсій. Широке використання води для охолодження машин, генераторів, різних теплових установок призводить до підвищення температури стічних вод. В результаті гідросфера піддається інтенсивному тепловому забрудненню. Очистка промислових стічних вод відбувається до концентрації, відповідно до «Правил охорони поверхні вод від забруднення стічними водами» і вимогам СНіП II-32-89. Очисні споруди промислових стоків призначені для прийому, очистки і знешкодження хімічно забруднених стоків, а також зневоднення осаду, який виникає при освітленні стоків перед викидом їх до господарчо-побутової каналізації.

Відпрацьовані ЗОР необхідно збирати у спеціальні ємності. Водну і масляну фазу можна використати у якості компонентів для приготування емульсій. Масляна фаза емульсій може поступити на регенерацію чи

					6261м. 03.МР.09.08.ПЗ	Арк.
						127
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спалюється. Концентрація нафтопродуктів у стічних водах при скиданні їх в каналізацію повинна відповідати вимогам СНіП 32-89. Водну фазу ЗОР очищують до предельноприпустимої концентрації чи розбавляють до припустимого вмісту нафтопродуктів і зливають в каналізацію.

Шумові забруднення

Шумові забруднення від машинобудівного виробництва по рівню перевищує багато інших галузей промисловості. Основним джерелом шуму при роботі машинобудівного обладнання є елементи приводів (ЕД, підшипники), особливо при наявності зносу, а також процес різання і вібрація технологічної системи. Рівні шуму знаходяться у межах 85-100 дБ. Спектр шуму середньо- і низькочастотний. Найбільш високі рівні шуму зареєстровані при роботі крупних токарних, фрезерувальних, шліфувальних верстатів. Допоміжним джерелом шуму служать ручні і пневматичні прилади (88-118 дБ). До джерела аеродинамічних шумів відносяться вентиляційні системи.

Для зменшення шумового забруднення необхідно проводити вчасний огляд і ремонт обладнання, застосовувати балансування крутих елементів машин, звукоізоляцію вентиляційних систем.

Методи нейтралізації ЗОР

Методи нейтралізації ЗОР укладаються в:

- механічної очистки, призначеної для видалення частин;
- відокремлювання масла;
- нейтралізації звільненої від масла води.

Антисептичний захист потребується тільки для ЗОР, в склад яких входить вода в сполученні з продуктами нафтохімічної переробки. Загальним недоліком охолоджуючих рідин незалежно від їх складу є швидка втрата експлуатаційних якостей в результаті накопичування механічних домішок і мастильних масел.

Механічні домішки в ЗОР за їх властивостями можна підрозділити на магнітні і немагнітні. Це визначає вибір методів очистки ЗОР. Незалежно від власивостей домішок будь-який прилад повинен забезпечувати повне відокремлювання твердих частин, розміри яких перевищують задане

					6261м. 03.МР.09.08.ПЗ	Арк.
						128
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мінімальне значення, гарантувати необхідну ступінь очистки і обладати певною пропускною здібністю.

Очищену від механічних домішок ЗОР необхідно періодично перевіряти на вміст компонентів і призводити відповідну коректировку. Очистка ЗОР підвищує якість обробки, стійкість інструменту, строк служби, насосів, скорочує витрати ЗОР, дозволяє утилізувати гостродефіцитні матеріали - вольфрам, кобальт. Якість очистки оцінюється найбільшими розмірами частиць механічних домішок в ЗОР і їх допустимим масовим вмістом.

ЗОР на основі емульсола

Старіння водоемульсійних ЗОР при їх тривалій експлуатації відбувається у наслідок накопичування мастильних масел, що призводить до загущення емульсії і виникненню кислих і основних мил, бікарбонату натрія, негативний вплив яких проявляються у підвищенні кородуючої дії ЗОР.

Регенерація обробленої емульсії поділяється на два етапи:

- відокремлювання масла;
- регенерація.

Емульсію, яка загустіє, зливають у відстойник, де витримують впродовж доби. Підігрів емульсій до 30-50 °С сприяє більш інтенсивному процесу отстоювання. Масло, що спливає відокремлюють, а емульсію змішують зі свіжевиготовленою у відношенні 1:1 і використовують знову.

Появлення слабкого запаху сероводороду і його з'єднань свідчить про те, що емульсія починає гнити. Такий продукт до подальшої роботи непридатен, і його слід утилізувати. Зіпсовану емульсію зливають у ємність і при безперевному змішуванні додають розраховану кількість соляної кислоти чи повареної солі. При цьому відбувається повне розкладання емульсії. Мінеральне мастило впливає, його збирають і здають перероблюючим організаціям, нейтралізовану кислотою воду зливають в каналізацію.

Сульфозфрезол

Ознаками вироблення сульфозфрезолу є:

- зменшення сіри, що призводить до погіршення експлуатаційних якостей, а на верстатах накопичуються важковиділяємі смолисті випадки;

					6261м. 03.МР.09.08.ПЗ	Арк.
						129
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- загущення за рахунок накопичування мастильних масел і випарювання керосину.

Щоб запобігти повного вироблення сульфофрезолу і необхідності передчасної заміни слід систематично регенерувати продукт і частину його замінити свіжевикотвореним.

Для збирання відробленого сульфофрезолу всю стружку з верстатів дроблять і збирають у спеціальну ємність, яка наділена зливним патрубком. Зтікая зі стружки сульфофрезол потрапляє в маслосбірник, у нижній частині якого прокладені труби парового опалення чи обігрівачі будь-яким з освоєних методів (крім відкритого вогню і електронагрівальних приладів з відкритою спіраллю). Розчин нагрівають до 90 °С і відстоюють впродовж 4 години. Після зливу відстоюваної води, масла і механічних домішок призводиться нейтралізація сульфофрезолу 3-4 % розчином лугу. Луг необхідно додавати дуже обережно, не допускаючи дуже обережно, не допускаючи надлишку, так як це призводить до виникнення емульсій, переросходу води і надлишковим втратам сульфофрезолу.

В цілому можна затверджувати, що повністю виключити вплив сучасного промислового виробництва будь-якого типу неможливо. Але можливо істотно знизити ці впливи, не дивлячись на високий рівень матеріальних витрат, так як відновлення навколишнього середовища. У первісному вигляді в майбутньому призводить за собою несумірно великі втрати.

					6261м. 03.МР.09.08.ПЗ	Арк.
						130
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Цивільний захист

Вступ

Сучасна ракетно-ядерна зброя має величезну руйнівну і вражаючу силу. Вона здатна викликати великі людські жертви та спричинити велику матеріальну шкоду. У військових планах передбачається ураження крупних промислових центрів і районів, вузлів комунікацій та інших економічно важливих об'єктів.

Ядерною зброєю називають боєприпаси, дія котрих основана використанні внутрішньоядерної енергії, яка виділяється при вибухових ядерних реакціях.

До ядерних боєприпасів відносяться боєві частини ракет і торпед, авіаційні бомби, артилерійські снаряди, глибинні бомби та міни, споряджені ядерними зарядами.

Ядерна зброя є самою потужною зброєю масового ураження. Її вражаючими факторами є ударна хвиля, світлове випромінювання, проникаюча радіація, радіоактивне зараження і електромагнітний імпульс.

Вибухи ядерних боєприпасів можуть виконуватися у повітрі на різній висоті, на поверхні землі (води), а також під землею (водою). В залежності від цього ядерні вибухи прийнято розподіляти на наступні види: висотні, повітряні, наземні, надводні, підземні та підводні.

Значні руйнування на об'єктах народного господарства та великі втрати серед населення можуть стати причиною різкого скорочення випуску промислової і сільськогосподарчої продукції, викликати необхідність проведення рятувних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт у вогнище ураження. В зв'язку з цим виникає необхідність завчасно приймати відповідні заходи з захисту населення від дії уражаючих факторів зброї масового ураження, забезпеченню стійкої праці об'єктів народного господарства у військовий час.

					6261м. 03.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						132
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9.1. Оцінка стійкості обладнання дільниці механічного цеху

від ударної хвилі

На дільниці механічного цеху з виготовлення муфти зубчастої знаходяться:

- будівля – промислова з металевим каркасом і бетонним наповненням, і площею скління близько 30 %;
- технологічне обладнання – крани і кранове обладнання, верстати середні;
- комунально-енергетичні мережі – повітропроводи на металевих естакадах, електромережа кабельна наземна.

Необхідно оцінити стійкість механічного цеху до впливу ударної хвилі ядерного вибуху.

Початкові дані: очікувана потужність ядерного боєприпасу $q = 200$ кт; вид вибуху – повітряний; відстань від механічного цеху до центру вибуху $R_f = 3$ км; ймовірне максимальне відхилення ядерного боєприпасу від крапки прицілювання $r_{\text{відх}} = 0,1$ км.

Повітряним називається вибух, при якому область, котра світиться, не торкається поверхні землі та має форму сфери. Висота повітряних вибухів у залежності від потужності ядерних боєприпасів може коливатися від сотень метрів до декількох кілометрів.

Повітряний вибух супроводжується яскравим спалахом, слідом за яким створюється вогняна куля, яка швидко збільшується у розмірах та піднімається догори. Через декілька секунд вона перетворюється в темно-буру хмару, яка вертиться. В цей час до хмари із землі піднімається стовп пилу, котрий приймає грибоподібну форму. Максимальної висоти хмара досягне через 10-15 хвилин після вибуху, а висота підйому верхньої кромки хмари в залежності від потужності боєприпасу може досягати 5-30 км. Потім хмара втрачає свою форму і, рухаючись за напрямком вітру, розсіюється.

Повітряний ядерний вибух застосовується для руйнування наземних об'єктів та ураження людей.

					6261м. 03.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						133
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Методика досліджень

1. Визначення максимального значення надлишкового тиску ударної хвилі $\Delta P_{\text{ф max}}$, який очікується на об'єкті при ядерному вибуху.

2. Виділення основних елементів на об'єкті, від котрих залежить функціонування об'єкту і випуск необхідної продукції.

3. Оцінка стійкості кожного елементу об'єкта:

а) виділяються основні елементи цеху;

б) складаються укрупнені характеристики кожного елементу цеху;

в) визначаються ступені руйнувань елементів цеху в залежності від надлишкового тиску ударної хвилі; для цього за додатком 2 [6] для кожного елементу, згідно його характеристики, знаходять надлишковий тиск, при котрих елемент отримує слабкі, середні, сильні і повні руйнування;

г) визначається межа стійкості до ударної хвилі кожного елементу – надлишковий тиск, при якому елемент отримує таку ступінь руйнування, при котрій можливо відновлення зруйнованого елемента об'єкту і відновлення виробництва продукції за планом в короткі строки;

д) визначається межа стійкості цеха до ударної хвилі за мінімальною межею стійкості елементів, котрі входять в його склад.

4. Визначення межі стійкості об'єкта до дії ударної хвилі.

5. Висновок про стійкість об'єкту до ударної хвилі. Порівнюється знайдена межа стійкості об'єкту $\Delta P_{\text{ф lim}}$ з очікуваним максимальним значенням надлишкового тиску $\Delta P_{\text{ф max}}$. Якщо виявиться, що $\Delta P_{\text{ф lim}} \geq \Delta P_{\text{ф max}}$, то об'єкт стійкий до ударної хвилі, якщо $\Delta P_{\text{ф lim}} < \Delta P_{\text{ф max}}$ – не стійкий.

6. Визначення ступеня руйнування виконується за таблицею оцінки для елементів об'єкта при ймовірному максимальному значенні надлишкового тиску $\Delta P_{\text{ф max}}$ та можливій при цій шкоді.

7. Визначення граничного значення надлишкового тиску $\Delta P_{\text{ф}}$, котрий не призводить до зсуву верстату. Для цього визначаємо граничне значення швидкісного напору, який не призводить до зсуву верстату; потім за величиною

					6261м. 03.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						134
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta P_{\text{ск}}$, використовуючи графік (рис.8.3) [6], знаходимо надлишковий тиск ударної хвилі $\Delta P_{\text{ф}}$, при якому виникне зсув.

8. Визначення граничного значення надлишкового тиску $\Delta P_{\text{ф}}$, при якому верстат не перекинеться. Для цього визначаємо граничне значення швидкісного напору $\Delta P_{\text{ск lim оп}}$, при якому верстат ще не перекидається; потім за величиною $\Delta P_{\text{ск lim оп}}$, використовуючи графік (рис.8.3) [6], знаходимо надлишковий тиск ударної хвилі $\Delta P_{\text{ск lim оп}}$, при якому відбудеться перекидання.

9. Визначення граничного значення надлишкового тиску, при якому елемент обладнання не отримує інерційне руйнування $\Delta P_{\text{ф lim інерц}}$. Для цього визначаємо лобову силу $P_{\text{лоб}}$, яка не призводить до ударного перевантаження; надлишковий лобовий тиск, котрий може витримати елемент обладнання. В графіку (рис.8.6) по $P_{\text{лоб}}$ знаходимо надлишковий тиск $\Delta P_{\text{ск lim інерц}}$.

Розрахункова частина

1.Визначаємо максимальне значення надлишкового тиску, який очікується на території механічного цеху. Для цього знаходимо мінімальну відстань до можливого центру вибуху: $R_x = R_r - r_{\text{відх}} = 3 - 0,1 = 2,9$ км.

Потім за додатком 1 [6] знаходимо надлишковий тиск $\Delta P_{\text{ф}}$ на відстані 2,9 км для боєприпасу потужністю $q = 200$ кт при повітряному вибуху. Цей тиск є максимальним очікуваним на об'єкті: $\Delta P_{\text{ф max}} = 30$ кПа.

2.Виділяємо основні елементи механічного цеху і визначаємо їх характеристики. Основними елементами цеху є: будівля; в технологічному обладнанні – мостові крани і верстати; в комунально-енергетичній мережі – система подавання повітря і електромережа. Їх характеристики беремо з початкових даних і записуємо в зведену таблицю результатів оцінки (див.табл.9.1).

3.За додатком 2 [6] знаходимо для кожного елементу цеху надлишковий тиск, який викликає слабкі, середні, сильні та повні руйнування. Так, будівля цеху з вказаними характеристиками отримає слабкі руйнування при надлишковому тиску 10...20 кПа, середні - при 20...30 кПа, сильні – при

					6261м. 03.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						135
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30...50 кПа, повні - при 50...70 кПа. Ці дані відобразимо в таблиці за шкалою надлишкового тиску умовними знаками.

Аналогічно визначаємо та вносимо в таблицю дані по всім іншим елементам цеху.

4.Знаходимо межу стійкості кожного елементу цеху – надлишковий тиск, який викликає середні руйнування. Будівля цеху має межу стійкості до ударної хвилі 20 кПа, крани і кранове обладнання – 30 кПа, верстати – 25 кПа, повітряпроводи – 30 кПа, електромережа – 30 кПа.

Результати оцінки стійкості механічного цеху до впливу ударної хвилі

Таблиця 9.1

Найменування цеху	Елементи цеху та їх коротка характеристика	Ступінь руйнування при ΔP_{ϕ} , кПа							Межа стійкості, кПа	Вихід зі строю при $\Delta P_{\phi \max}$, %	Примітка
механічний	Будівля:промислова з металевим каркасом і бетонним наповненням з площею скління приблизно 30 %								20	20	Межа стійкості механічного цеху 20 кПа
	Технологічне обладнання: крани і кранове обладнання, верстати								30 25	10	
	КЕМ: повітряні проводи на металевих каркасах, електромережа кабельна наземна								30 30	10 10	
		Слабкі руйнування Середні руйнування						Сильні руйнування Повне руйнування			

5.Визначаємо межу стійкості цеху в цілому за мінімальною межею стійкості елементів, які входять до його складу. Порівнюючи межі стійкості всіх елементів цеху, знаходимо межу стійкості механічного цеху $\Delta P_{\phi \lim} = 20$ кПа.

					6261м. 03.МР.09.09.ПЗ					Арк.
										136
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

6.Визначаємо за окремою методикою ступені руйнування елементів цеха при очікуваному максимальному надлишковому тиску і ймовірній шкоді (відсоток виходу зі строю виробничих площ і обладнання). При $\Delta P_{\text{ф max}} = 30$ кПа в механічному цеху середні руйнування отримають будівля цеху, крани і кранове обладнання, повітряпроводи та електромережа. При цьому виходить зі строю 20 % виробничих площ, 10 % технологічного обладнання і 10 % енергопостачання.

Для повної уяви можливої обстановки на об'єкті та в районі його розташування доцільно нанести на план місцевості межі зон руйнувань в очагу ядерного ураження при заданій потужності боєприпасу.

Положення зон можливих руйнувань в ймовірному очагу ядерного ураження для розглянутого об'єкту показано на рис.9.1.

7.Визначаємо граничне значення швидкісного напору, яке не призводить до зсуву верстату за формулою:

$$\Delta P_{\text{ск}} = \frac{f \cdot m \cdot g}{C_x \cdot b \cdot h},$$

f – коефіцієнт тертя, який визначимо за табл.8.3 [6];

m – маса обладнання, кг;

g – прискорення вільного падіння, яке дорівнює $9,8 \text{ м/с}^2$;

C_x – коефіцієнт аеродинамічного опору предмета за табл.8.4 [6];

b – ширина обладнання, котре обтікається, м;

h – висота обладнання, котре обтікається, м.

Обираємо з середньої категорії верстатів, котрі знаходяться на дільниці, найбільш сприймають вплив швидкісного напору ударної хвилі. Верстат 16K20 найменший за масою і габаритами: $m = 2835$ кг; $b = 1190$ мм; $h = 1500$ мм; $l = 2505$ мм.

$$\Delta P_{\text{ск}} = \frac{0,35 \cdot 2835 \cdot 9,8}{1,3 \cdot 1,19 \cdot 1,5} = 4190 \text{ Па} = 4,19 \text{ кПа}.$$

За величиною $\Delta P_{\text{ск}} = 4,19$ кПа з графіку рис.8.3 [6] знаходимо $\Delta P_{\text{ф lim зм}} = 35$ кПа.

8. Визначаємо граничне значення швидкісного напору $\Delta P_{\text{ск lim оп}}$, при якому верстат ще не перекинеться, за формулою:

					6261м. 03.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						137
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta P_{\text{ск lim оп}} = \frac{m \cdot g \cdot l}{2C_x \cdot Z \cdot S} = \frac{m \cdot g \cdot l}{C_x \cdot h^2 \cdot b'}$$

де l – довжина верстату;

$$\Delta P_{\text{ск lim оп}} = \frac{2835 \cdot 9,8 \cdot 2,505}{1,3 \cdot (1,5)^2 \cdot 1,19} = 19994 \text{ Па} = 19,9 \text{ кПа}.$$

За величиною $\Delta P_{\text{ск lim оп}} = 19,9 \text{ кПа}$ на рис.8.3 [6] знаходимо $\Delta P_{\text{ф lim оп}} = 105 \text{ кПа}$.

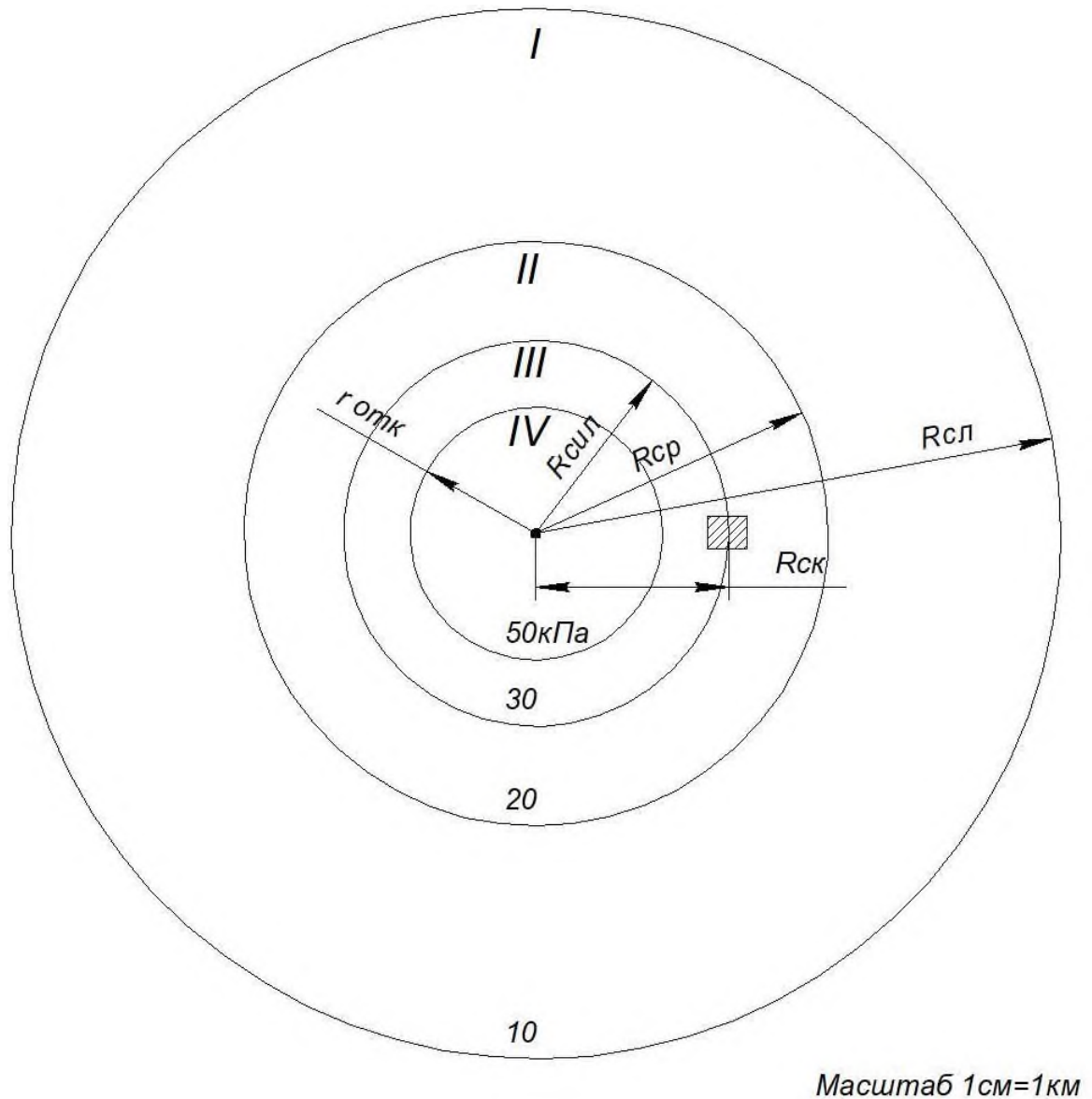


Рис.9.1. Положення зон руйнування в очагу ядерного ураження

					6261м. 03.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						138
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

з центром на відстані $R_x = 2,9$ км від об'єкту при повітряному вибуху
потужністю $q = 200$ кт:

$R_{сл} = 7,9$ км – радіус зовнішньої межі зони слабких руйнувань;

$R_{ср} = 4,4$ км – теж саме при середніх руйнуваннях;

$R_{сил} = 2,9$ км – теж саме при сильних руйнуваннях;

$R_{пов} = 1,9$ км - теж саме при повних руйнуваннях

9.Визначаємо граничне значення надлишкового тиску, при якому елемент обладнання не отримує інерційне руйнування $\Delta P_{ф \lim \text{ інерц.}}$. Характеристика електрошафи верстатів з ЧПК: довжина $l = 1300$ мм; ширина $b = 500$ мм; висота $h = 1800$ мм; маса $m = 300$ кг; припустиме прискорення при ударі $a_{доп} = 150$ м/с².

Визначимо лобову силу, яка не призводить до ударного перевантаження:

$$\Delta P_{лоб} = m \cdot a_{доп} = 300 \cdot 150 = 45000 \text{ Н.}$$

Знаходимо надлишковий лобовий тиск, котрий може витримати прилад:

$$\Delta P_{лоб} = \frac{P_{лоб}}{S} = \frac{P_{лоб}}{b \cdot h};$$

$$\Delta P_{лоб} = \frac{45000}{0,5 \cdot 1,8} = 50000 \text{ Па} = 50 \text{ кПа.}$$

За графіком рис.8.6 [6] по $\Delta P_{лоб} = 50$ кПа знаходимо надлишковий тиск $\Delta P_{ф \lim \text{ інерц}} = 44$ кПа.

9.2. Висновки

Механічний цех може опинитися на межі зон середніх та сильних руйнувань очагу ядерного ураження з ймовірним максимальним надлишковим тиском ударної хвилі 30 кПа, а межа стійкості механічного цеху до ударної хвилі 20 кПа, що менше $\Delta P_{ф \max}$, отже цех не стійкий до ударної хвилі; найбільш слабкий елемент – будівля цеху.

Можлива шкода при максимальному надлишковому тиску ударної хвилі, яка очікується на об'єкті, призведе до скорочення виробництва на 10-20 %.

Так як очікуваний на об'єкті максимальний надлишковий тиск ударної хвилі 30 кПа, а межа стійкості більшості елементів цеху більш 30 кПа, доцільно підвищити межу стійкості механічного цеху до 30 кПа. При $\Delta P_{ф} \geq 35$ кПа

					6261м. 03.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						139
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ударна хвиля спричинить зсув деяких верстатів, що відповідає середнім руйнуванням; при $\Delta P_{\phi} \geq 105$ кПа ударна хвиля спричинить перекидання, що призведе до сильних руйнувань; при $\Delta P_{\phi} \geq 44$ кПа під дією ударної хвилі ядерного вибуху електрошафи верстатів з ЧПК отримають сильні руйнування від інерційних перевантажень.

Для підвищення стійкості механічного цеху до ударної хвилі необхідно: підвищити стійкість будівлі цеху за рахунок контрфорсів, підкосів, допоміжних рамних конструкцій; кабельну електромережу і повітряпроводи прокласти під землею; вразливі вузли кранів і кранового обладнання закрити захисними кожухами.

					6261м. 03.МР.09.09.ПЗ	Арк.
						140
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Магістерська робота на тему «Удосконалення технології виготовлення муфти зубчастої ($m = 5$ мм; $z = 56$)» розроблена відповідно до діючих стандартів ЄСТД.

Аналіз технологічних вимог креслення дозволяє зробити висновок, що розміри на поверхні деталі мають відповідно оптимальні точність та шорсткість, конструктивно та технологічно обгрунтовані та відповідають вимогам технологічності та функціональному призначенню деталі в вузлі. Заготовка для виготовлення муфти приймається близькою за формою та розмірами до готової продукції.

В кваліфікаційній роботі надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обгрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення, керуючу програму для верстату 16K20Ф3С32 на чистову токарну обробку муфти, а також розглянуті питання вибору методів обробки отворів для змащування зубчастих коліс інструменту.

В магістерській роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів: опис і розрахунок затискного гідравлічного пристрою, конструкція та принцип дії пристосування для перевірки плями контакту, розрахунок і конструювання свердла-зенкер, розрахунок та конструювання черв'ячної модульної фрези. Спроектована дільниця з виготовлення деталі та розраховані її техніко-економічні показники і доцільність її проектування.

Наведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів на дільниці, розрахунок штучного освітлення дільниці, аналіз впливу виробництва та технологічного процесу виготовлення деталі на довкілля та розглянуті заходи з охорони навколишнього середовища.

Наведена оцінка стійкості обладнання дільниці механічного цеху від ударної хвилі.

Література

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування Проектування та виробництво заготовок. - Підручник. – Львів, Світ, 1996. – 368 с.
2. Бондаренко С.Г. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. - Навчальний посібник. – Київ: ІСДО, 1993. – 544 с.
3. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування. - Навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів. – Львів, Магнолія, 2007. – 567 с.
4. Горбатюк Є.О., Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування. - Навчальний посібник. – Львів, «Новий Світ-2000», 2012. – 358 с.
5. Довідник технолога-машинобудівника. в 2-х т. /Під заг.ред.А.Г.Косилової та Р.К.Мещерякова. – 5 вид., переробл. і доп. – Київ, Техніка, 1990. -
6. Івченко Л.І. Державні стандарти в машинобудуванні і металообробці/Л.І.Івченко, В.В.Петракін. – Харків, Компанія «Сміт», 2006. – 320 с.
7. Колкер Я.Д., Руднєв О.Н. Базування та бази в машинобудуванні. - Начальний посібник. – Київ, Вища школа, 1991. – 100 с.
8. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А. Технологія машинобудування. – Підручник для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування», «Металорізальні верстати та системи». – Житомир, Держ.університет «Житомирська політехніка», 2009. –
9. Обробка металів різанням. Довідник технолога /Н.А.Панов, В.В.Анікін, Н.Г.Бойм та ін. Під заг.ред. А.Н.Панова. – Київ, Техніка, 1991. – 740 с.
10. Паливода Ю.Є., Дячун А.Е., Лешук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки. – Навчально-методичний посібник. – Тернопіль: Тернопільський нац.техн.університет ім. Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

						Арк.
						142
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Пістун І.П., Кіт Ю.В., Березовецький А.П. Практикум з охорони праці. – Навчальний посібник. - /За заг.редк.т.н., І.П.Пістуна. – Суми, Вид-во «Університетська книга», 2000. – 207 с.

12. Руденко П.О., Харламов Ю.А. Проектування і виробництво заготовок у машинобудуванні. – Навчальний посібник. Під ред. В.М.Плескача. – Київ, Вища школа, 1991. – 247 с.

13. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. – Навчальний посібник для машинобудівних спец.вузів. – Київ, Вища школа, 1993. – 414 с.

14. Соловійов С.М., Шумілов О.П., Івахненко М.М., Бобошко В.О., Козленко О.О. Практикум з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей машин». – Навчальний посібник. Під заг.ред. проф. С.М.Соловійова. – Миколаїв, НУК, 2016. – 172 с.

15. Технологія машинобудівних підприємств. - Підручник /В.Л.Дикань, Ю.Є.Калабухін, Н./Каличева та ін. За заг.ред. В.Л.Диканя. – Харків, УкрДЧЗТ, 2020. – 386 с.

16. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт. – Навчальний посібник/І.І.Юрчишин, Я.М.Литвиняк, І.Е.Грицай, М.Л.Кухляк, Я.М.Кусій, В.В.Ступницький, В.А.Яцюк, А.М.Кук, Е.М.Махоркін, В.П.Свізінський. За заг.ред.І.І.Юрчишина. – Львів, Вид-во національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 528 с.

17. Ткаченко І.Г., Капаціла Ю.Б., Паливода Ю.Є. Технологія машинобудування: Вступ до спеціальності. – Навчальний посібник. – Тернопіль, Тернопільський нац.тех.університет ім.Івана Пулюя, 2013. – 84 с.

18. Ткачук К.Н., Іванчук Д.Ф. та ін. Довідник з охорони праці на промисловому підприємстві. – ДО, Техніка, 1991.

19. Тубальцев А.М. Виробниче освітлення та його розрахунок. – навчальний посібник. – Миколаїв, УДМТУ, 2001. – 84 с.

20. Хлопенко Б.К., Шумілов О.П., Івахненко М.М., Козленко О.О. Проектування технологічних процесів обробки типових деталей. – Навчальний посібник. – Миколаїв, УДМТУ, 2003. – 56 с.

					Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	
					143

21. Яковенко І.Е., Пермяков О.А., Фесенко А.В. Технологічні основи машинобудування. – Навчальний посібник для студентів спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». – Харків, НТУ «ХПУ», 2022. – 421 с.

						Арк.
						144
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		