

АЦІОНАЛЬНИЙ 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



«__» _____ 2026 р.

Пояснювальна записка

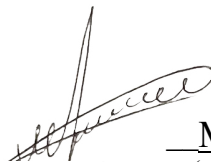
до кваліфікаційної роботи бакалавра
на тему: «Проектування технології виготовлення
втулки шліцевої ($m = 2,5$ мм; $z = 36$)»

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійна програма «Технології машинобудування»

Студент групи 4267ст3



Молочнєв В.Ю.
(прізвище та ініціали)

Керівник

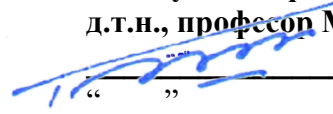


Галинкін Ю.М.
(прізвище та ініціали)

Миколаїв 2026

**Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова**

Інститут _____ Машинобудівний навчально-науковий _____
Кафедра _____ Інженерної механіки та технології машинобудування _____
Освітній рівень _____ Бакалавр _____
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

_____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент _____ Молочнєв Владислав Юрійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи „Проектування технології виготовлення втулки шліцевої ($m = 2,5$ мм; $z = 36$)”

керівник роботи к.т.н., доцент Галинкін Ю.М. _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.04.2026р. № 291-уч

2. Строк подання студентом роботи _____ 1.06.2026 р.

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

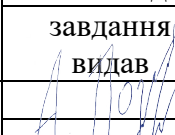
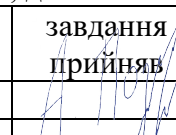
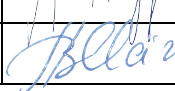
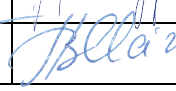
1) Загальний розділ: Призначення та аналіз технологічності деталі.

2) 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.

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

4) Охорона праці та навколишнього середовища: Розробка заходів з охорони праці та навколишнього середовища на ділянці

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,
6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	к.т.н., доц.Познанський А.С.		
Нормоконтроль	доц.Боду С.Ж.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Оформлення та затвердження технологічного процесу. Оформлення креслення деталі (роздруковка у форматі А3)	25.03.2026	
2	Оформлення загального та технологічного розділів (1, 2)	15.04.2026	
3	Оформлення конструкторського розділу (3)	25.04.2026	
4	Оформлення розділу з охорони праці та навколишнього середовища (4)	25.05.2026	
5	Оформлення креслень	25.05.2026	
	Перевірка на плагіат	1-10.06.2026	
6	Нормоконтроль (креслення у форматі А3)	1-9.06.2026	
9	Затвердження КРБ на кафедральному перегляді (ПЗ , креслення у форматі А1)	10-16.06.2026	
10	Оформлення та передача електронного варіанту роботи(текстові та графічні матеріали у форматі PDF)	12-16.06.2026	
11	Затвердження КРБ зав.кафедрою (подання, анотація)	12-16.06.2026	
12	Рецензування	16-22.06.2026	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Молочнєв В.Ю.
(прізвище та ініціали)

Галинкін Ю.М.
(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Проектування технології виготовлення втулки шліцевої ($m = 2,5$ мм; $z = 36$)» надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обґрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення деталі.

В кваліфікаційній роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів, наведені заходи з охорони праці та навколишнього середовища на ділянці.

Ключові слова: втулка шліцева, заготівка, припуски, кондуктор пневматичний, довб'як хвостовий.

ABSTRACT

In the bachelor's qualification work on the topic "Design of the technology for manufacturing a splined sleeve ($m = 2.5$ mm; $z = 36$)" a description of the purpose of the part and the characteristics of the material from which it is made are provided, an analysis of its manufacturability is made, the choice and justification of the type of production is made, a technological process for manufacturing the part is developed.

The qualification work provides calculations of special devices and cutting and measuring tools, and labor and environmental protection measures at the site are given.

Key words: splined sleeve, workpiece, allowances, pneumatic conductor, tailstock.

Зміст

Вступ	6
1. Загальна частина	8
1.1. Конструктивно-технологічна характеристика деталі	9
1.2. Визначення типу виробництва	12
2. Технологічна частина	14
2.1. Вибір метода отримання заготовки	15
2.2. Проектування заготовки	16
2.3. Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі	20
2.4. Вибір металорізального устаткування	22
2.5. Вибір пристосувань	25
2.6. Вибір ріжучого та вимірювального інструментів	27
2.7. Розрахунок режимів різання	28
2.8. Визначення норм часу	31
3. Конструкторська частина	33
3.1. Проектування спеціального засобу механічної обробки деталі	34
3.2. Проектування спеціального ріжучого інструменту	38
3.3. Проектування спеціального вимірювального інструменту	42
4. Охорона праці та навколишнього середовища	46
4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	47
4.2. Безпека праці на виробництві з ЧПК	57
4.3. Охорона навколишнього середовища	58
Висновки	60
Література	61

Вступ

Сучасний етап розвитку української промисловості ставить перед машинобудуванням амбітні завдання. Головна мета - вивести виробництво на новий рівень, зробивши його більш ефективним, якісним та економічно вигідним. Це означає постійне вдосконалення технологій, пошук інноваційних методів роботи та активне впровадження автоматизації. Науково-технічний прогрес дає нам інструменти для досягнення цих цілей, дозволяючи підвищити продуктивність праці, забезпечити високу якість продукції та мінімізувати витрати.

Для успішного вирішення цих завдань, машинобудування має зосередитись на кількох ключових напрямках:

- **Оптимізація обробки металів:** Важливо максимально зменшити етапи механічної обробки різанням. Це досягається шляхом виготовлення заготовок, які вже максимально наближені за формою, розмірами та якістю поверхні до готових деталей.

- **Використання сучасного обладнання та інструментів:** Необхідно активно застосовувати високопродуктивне автоматизоване обладнання, передові інструменти (твердосплавні, металокерамічні, алмазні), швидкодіючі пристосування та оптимізовані режими різання.

- **Забезпечення високої точності та довговічності:** Виготовлення деталей з високою точністю форми, розмірів та якості поверхні є запорукою міцності та довговічності кінцевої продукції.

- **Застосування зміцнюючих технологій:** Впровадження сучасних методів зміцнення поверхонь деталей дозволяє підвищити їх експлуатаційні характеристики.

Особливо ефективним для дрібносерійного та серійного виробництва є груповий підхід до організації праці. Завдяки уніфікації деталей, збільшуються обсяги їх виготовлення, зменшується різноманіття технологічних процесів, що відкриває шлях до застосування високопродуктивних методів, характерних для

						Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

масового виробництва.

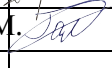
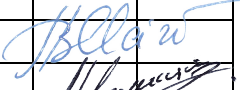
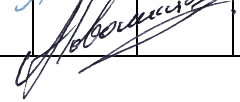
Автоматизація та цифровізація є невід'ємною частиною сучасного виробництва. Широке використання комп'ютерної техніки, верстатів з програмним керуванням (ЧПК) створює основу для автоматизованих систем управління та дозволяє оптимізувати технологічні процеси і режими обробки.

Майбутнє машинобудування пов'язане з подальшою **уніфікацією та стандартизацією** технологічних процесів, скороченням кількості верстатів та зменшенням трудомісткості. Використання високоефективного обладнання, механізація та автоматизація - це фундамент для зростання продуктивності та обсягів виробництва.

Електронно-обчислювальні машини (ЕОМ) відкривають нові горизонти для технологічної науки. Вони дозволяють виявляти та формалізувати закономірності технологічних процесів, здійснювати класифікацію та групування деталей, вибирати оптимальні режими різання, підбирати обладнання, оснащення та інструменти, а також розробляти складні технологічні процеси.

У рамках даної кваліфікаційної роботи досліджено питання технологічної якості виготовлення деталей, продуктивності праці та економічності технологічних процесів, а також підвищення ефективності використання матеріалів. Проведено впровадження нових змащувально-охолоджуючих рідин, виконано конструкторські розробки та створено програми для верстатів з ЧПК. В результаті розроблено детальний технологічний процес механічної обробки втулки шліцьової.

						Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					4267ст3.12.КРБ.04.01.ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Молочнєв В.Ю.			Загальна частина	Літ	Арк.	Аркушів
Перевірив		Галинкін Ю.М.				КРБ	8	5
Консул.						НУК		
Н.контр.		Боду С.Ж.						
Затвердив		Ткач М.Р.						

1. Загальна частина

1.1. Конструктивно-технологічна характеристика деталі

Розробка технологічного процесу проводиться для виробів, конструкції яких відпрацьовані на технологічність. Конструкція деталі безпосередньо впливає на розробку технологічного процесу, вибір верстатів, пристосувань і може бути визнана технологічною, якщо забезпечує просте і економічне виготовлення цього виробу. Від точності розмірів деталі залежить вибір робочих тієї чи іншої кваліфікації. Залежно від матеріалу вибирається спосіб отримання заготовки, її вигляд, режими обробки, інструмент.

Проаналізуємо креслення конструкції вихідної деталі й дамо якісну оцінку її технологічності.

Втулка шліцева - деталь варіатора, що передає крутний момент.

Матеріал деталі - сталь 40ХН2МА.

Хімічний склад матеріалу 40ХН2МА, %

Таблиця 1.1

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Cu
0,35-0,42	0,17-0,37	0,3-0,6	1,35-1,75	До 0,025	До 0,025	1,25-1,65	0,2-0,3	До 0,3

Сталь 40ХН2МА відноситься до високоякісних, на що вказує в кінці марки літера «А». Сталь відноситься до середньо вуглецевих, здобуває високі механічні властивості після термічного поліпшення-загартування (в олії) і високого відпуску (550-700 ° С). Дана сталь відноситься до глибоко загартованих сталей, призначених для деталей з поперечним перерізом 100мм і більше. Їх комплексне легування обумовлено тим, що застосування суто хромонікелевих сталей недоцільно, так як вони мають сильно

					4267ст3.12.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						9
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виражену схильність до оборотної відпускної крихкості. Для її усунення багато деталей невеликих розмірів з цих сталей охолоджують після високого відпуску в олії, а більші деталі - у воді. Але охолодження у воді для багатьох великогабаритних деталей з даного матеріалу не призводить до досить швидкого охолодження внутрішніх частин, в яких розвивається відпускна крихкість. Для запобігання цього дефекту сталь легують молібденом. Невеликі деталі з цієї сталі після високого відпуску можна охолоджувати на повітрі, а більші - у маслі.

Температура кування:

початку 1220°C, кінця 800°C, перерізу до 80 мм - отжиг з перекристалізацією, два переохолодження, відпуск [15].

Оброблюваність різанням:

в гарячекатаному стані при HB= 228-235, $\sigma_b = 560$ МПа, K_v тв.спл. = 0,7, K_v б.ст. = 0,4 [15].

Шорсткістю поверхні називають сукупність нерівностей поверхні з відносно невеликими кроками.

Величину шорсткості вибирають для кожної поверхні деталі залежно від конкретних конструктивних, технологічних і естетичних вимог.

Шорсткість поверхні регламентується ГОСТ 2789-73 (СТ СЭВ 638-77), він встановлює вимоги до якості поверхні, враховуючи властивості шорсткості поверхні незалежно від способу її обробки.

У втулці шліцевій більшість поверхонь мають шорсткість, торець фланця та з'єднуючі отвори у фланці - $Ra\ 1,25$, бічні поверхні шліців - $Ra\ 2,5$, посадочні діаметри - $Ra\ 1,25$, всі інші поверхні - $Ra\ 10$.

Параметр шорсткості показує середнє арифметичне відхилення профілю, мкм.

Допуск - різниця між найбільшим і найменшим граничних розмірів або абсолютна величина алгебраїчної різниці між верхнім і нижнім відхиленнями.

На кресленні допуски вказані тільки для двох розмірів: внутрішній діаметр

					4267ст3.12.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						10
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\varnothing 87,5^{+0,3}_{-0,15}$, довжина деталі $190_{-0,2}$.

Задані кресленням допуски, що обмежують відхилення геометричних параметрів поверхні деталі, встановлюються відповідно до стандартів. Стандарти Єдиної Системи Допусків і Посадок (ЕСДП). Ступінь і точність по системі ЕСДП називаються квалітетами.

Квалітет - сукупність допусків, відповідних однаковою мірою точності для всіх номінальних розмірів.

На кресленні позначені наступні квалітети: для діаметра фланця $\varnothing 212f9$, для одного посадочного діаметра $\varnothing 102js6$ валу та $\varnothing 130m7$, для отворів у фланці $\varnothing 16H7$, для ширини паза $10h12$, для всіх інших поверхонь граничні відхилення розмірів $H14$, $h14, \frac{\pm IT14}{2}$.

	0,02	Б
--	------	---

	0,02	A
--	------	---

	0,02	Б
--	------	---

Під відхиленням форми поверхні або профілю розуміють відхилення реальної поверхні або реального профілю від форми номінальної поверхні.

Відхилення розташування - це відхилення реального розташування даного елемента від його номінального розташування.

Існують також сумарні відхилення форми і розташування поверхні - це відхилення, що є результатом спільного відхилення форми і розташування розглянутої поверхні.

Вид допуску форми й розташування поверхонь і профілів.

В рамці наводяться вид допуску (перше поле), числові значення допуску (друге поле) і база (третє поле).

- позиційний допуск отворів

/ - сумарні допуски форми та розташування: допуск радіального биття, допуск

					4267ст3.12.КРБ.04.01.ПЗ	Арк.
						11
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

торцевого биття, допуск биття в заданому напрямку.

А, Б - позначення базових поверхонь.

Отвори у фланці мають метричне різьблення М10, але при ній не зазначено поле допуску. Метричне різьблення М130х1,5-6g - на зовнішньому діаметрі.

Мета аналізу конструкції на технологічність - виявлення недоліків конструкції за даними, що містяться в кресленнях і технічних вимогах, а також можливе поліпшення технологічності даної конструкції.

1.2.Визначення типу виробництва

Приблизно тип виробництва обирається у залежності від маси виготовлених деталей і річної кількості деталей одного типорозміру, які випускаються на дільниці.

Втулка має масу 22,59 кг, річна програма випуску 50 шт./рік. Умовно-річна програма складає приблизно 1500-2000 шт./рік із врахуванням різної трудомісткості виготовлення деталей. Така умовно-річна програма при масі деталей від 38,5 до 86 кг відповідає серійному типу виробництва [1, с.12].

Серійний тип виробництва характеризується:

1. Широкою номенклатурою деталей, виготовлених партіями.
2. Випуск деталей періодично повторюється.
3. Застосоване обладнання, оснастка, ріжучий і вимірювальний інструмент універсальний і частково спеціальний.
4. Обладнання розташовується по групах для обробки конструктивно і технологічно однорідних деталей.
5. Передача деталей паралельно-последовна.
6. Спеціалізація робочих місць характеризується коефіцієнтом закріплення операцій:

$$K_{з.о.} = \frac{Q}{P},$$

де – число різних операцій, які виконуються на дільниці за один місяць;

P – число робочих місць, на котрих виконуються різні операції.

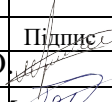
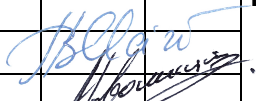
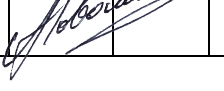
					4267ст3.12.КРБ.04.01.ПЗ	Анк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Залежність типу виробництва від обсягу випуску і маси деталі (шт.)

Таблиця 1.2

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	одинич.	мілкосер.	середньосер.	крупносерійне	масове
< 1,0	< 10	10-2000	1500-100 000	75 000-200 000	200 000
1,0-2,5	< 10	10-1000	1000-50 000	50 000-100 000	100 000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35 000	35 000-75 000	75 000
5,0-10	< 10	10-300	300-25 000	25 000-50 000	50 000
> 10	< 10	10-200	200-10 000	10 000-25 000	25 000

Виходячи з маси деталі та річного обсягу випуску деталей можна зробити висновок, що виробництво на ділянці крупносерійне [1, с.12].

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ				
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Молочнєв В.Ю.							
Перевірив		Галинкін ЮМ							
Консул.									
Н.контр.		Боду С.Ж.							
Затвердив		Ткач М.Р.							
Технологічна частина					Літ			Арк.	Аркушів
								14	18
					НУК				

2. Технологічна частина

2.1. Вибір метода отримання заготовки

Матеріал деталі - Сталь 40ХН2МА. В умовах серійного виробництва кращим способом отримання заготовок для деталі типу "втулка" є штампування. Гаряче штампування має істотні переваги перед куванням і литтям:

1) більш висока продуктивність у порівнянні з куванням;

2) отримання без напусків поковок більш складної конфігурації, ніж при куванні;

3) економія металу;

4) штамповані заготовки мають значно менші допуски, ніж при куванні;

Гаряче штампування у закритих штампах є більш точним, ніж у відкритих.

У закритих штампах в основному штампують на горизонтально кувальних машинах і на кривошипних гаряче штампувальних пресах.

ГКМ призначена для штампування з пруткового матеріалу висадкою і прошивкою поковок, форма яких близька формі тіл обертання.

Переваги штампування на ГКМ:

1) легкість штампування таких деталей, які на іншому обладнанні раціонально виготовити не можна.

2) економія металу за рахунок штампування переважно в закритих штампах і відсутності в окремих випадках штампувальних нахилів;

3) отримання поковок високої якості; можливість застосування вставок для струмків, в результаті чого економиться штампована сталь;

4) безударна, спокійна, безпечна робота;

5) легкість автоматизації (автоматичні ГКМ з горизонтальним роз'ємом матриць).

З урахуванням особливостей конструкції деталі вибираємо для виготовлення заготовок штампування на ГКМ. У зв'язку з цим вибираємо дві площини роз'єму штампа: по поздовжній вісі деталі та по площині найбільшого діаметру фланця.

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						15
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Проектування заготовки

Штампувальне обладнання - ГKM (горизонтально-кувальна машина).

1. Вибираємо дві площини рознімання штампа: по повздовжній вісі деталі та по площині найбільшого діаметра фланця.

2. Розрахунок маси кованки.

$$G_K = \gamma \times K_{\Pi} \times V_d,$$

де $\gamma = 7,71 \times 10^3 \text{ кг/м}^3$ - питома маса деталі; $V_d = 7,85 \times 10^{-5} \text{ м}^3$ - об'єм деталі; K_{Π} - коефіцієнт, що враховує наявність припусків, $K_{\Pi} = 1,02 \dots 1,08$ залежно від кількості механічно оброблюваних поверхонь (більше значення стосується кованок, що мають більше оброблюваних поверхонь). Приймаємо $K_{\Pi} = 1,06$.

$$\text{Маса кованки: } G_K = 7,85 \times 10^3 \times 1,06 \times 7,85 \times 10^{-5} = 17,39 \text{ кг.}$$

3. Визначаємо ступінь складності кованки за відношенням об'ємів кованки за описаної довкола неї простої фігури (циліндра)

$$C = V_K / V_{\Phi};$$

$$V_K = G_K / \gamma = 17,39 / (7,85 \times 10^3) = 2,215 \times 10^{-3} \text{ м}^3,$$

$$V_{\Phi} = \frac{\pi d^2}{4} \times l = \frac{3,14 \times 0,212^2}{4} \times 0,19 = 6,7 \times 10^{-3} \text{ м}^3,$$

$$C = \frac{2,215 \times 10^{-3}}{6,7 \times 10^{-3}} = 0,33$$

Ступінь складності кованки для даної деталі - C2.

4. Знаходимо вихідний індекс.

Клас точності кованки - T5 (ГKM в умовах серійного виробництва).

Група сталі - M2 (сталі з масовою часткою вуглецю від 0,35 до 0,65% чи сумарною часткою легувальних елементів від 2,0 до 5,0%).

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						16
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ступінь складності - С2.

Маса кованки - $G_K = 17,39$ кг

Вихідний індекс - 17 [1, табл. 4.1 Д.]

5. Знаходимо основні припуски на оброблення різанням та розміри поверхонь кованки.

Основні припуски на оброблення різанням визначаємо з урахуванням вихідного індексу і шорсткості поверхонь деталі за табл.4.11Д [1].

Додатковий припуск на зсування половин штапу - 0,5 мм [1, табл.. 4.9Д] і на зігнутість кованки - 0,6 [1, табл. 4.1 ОД]

Допустимі відхилення розмірів поверхонь кованки містяться в табл. 4.2Д [1].

Діаметральні розміри

Таблиця 2.1

Розмір	Шорсткість	$Z_{осн}$	$Z_{дот}$		Припустимі відхилення	Розмір кованки
			$Z_{зсув}$	$Z_{згн}$		
$\phi 130m7$	Ra 1,25	3,3	0,5	0,6	$+3,0$ $-1,5$	$\phi 140^{+3,0}_{-1,5}$
$\phi 150h14$	Ra 10	3,0	0,5	0,6	$+3,0$ $-1,5$	$\phi 160^{+3,0}_{-1,5}$
$\phi 135h4$	Ra 10	3,0	0,5	0,6	$+3,0$ $-1,5$	$\phi 145^{+3,0}_{-1,0}$
$\phi 212f9$	Ra 10	3,2	0,5	0,6	$+3,3$ $-1,7$	$\phi 222^{+3,3}_{-1,7}$
$\phi 90H14$	Ra 10	2,7	0,5	0,6	$+1,3$ $-2,7$	$\phi 80^{+1,3}_{-2,7}$
$\phi 87,7H 14$	Ra 10	2,7	0,5 0,5	0,6	$+1,3$ $-2,7$	$\phi 77^{+1,3}_{-2,7}$
$\phi 102js6$	Ra 1,25	3,3		0,6	$+3,0$ $-1,5$	$\phi 112^{+3,0}_{-1,5}$

Лінійні розміри

Таблиця 2.2

Розмір	Шорсткість	$Z_{\text{осн}}$	$Z_{\text{дот}}$		Допустимі відхилення	Розмір кованки
			$Z_{\text{зсув}}$	$Z_{\text{зігн}}$		
18h14	Ra10/Ra1.25	2,5/2,7	0,5	0,6	$+2,4$ $-1,2$	$\varnothing 27^{+2,4}_{-1,2}$
64h14	Ra10	2,7	0,5	0,6	$+2,7$ $-1,3$	$\varnothing 66^{+2,7}_{-1,3}$
74h14	Ra2.5	2,7	0,5	0,6	$+2,7$ $-1,3$	$\varnothing 83^{+2,7}_{-1,3}$
190h14	Ra10	3,2	0,5	0,6	$+3,3$ $-1,7$	$\varnothing 200^{+3,3}_{-1,7}$

6. Розрахунок припусків на штамповану поковку розрахунково-аналітичним методом.

Виконуємо аналітичний розрахунок припуску на зовнішню поверхню діаметром $\varnothing 130\text{m7}$.

Заготівка - штампування на ГKM; клас точності - T5. Поверхня має шорсткість $Ra = 1,25\text{мкм}$.

Установлюємо маршрут обробки поверхні:

- 1) токарна чорнова;
- 2) токарна чистова;
- 3) шліфування чорнове;
- 4) шліфування чистове.

Знаходимо сумарне значення просторових відхилень при обробці $\varnothing 130\text{m7}$ [5]:

$$\rho = \sqrt{\Delta_{\Sigma k}^2 + \Delta_c^2 + \Delta_{\Sigma n}^2}$$

де Δ_k - кривизна стержня після висадки фланця на ГKM [5, с. 187],

Δ_c - зміщення осі фланця відносно осі стержня при висадці його на ГKM [5, с.187],

Δ_n - відхилення від перпендикулярності торця фланця до осі поковки [5,

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						18
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

с.187].

$$\Delta_{\Sigma k} = \Delta_k \cdot l = 0,006 \times 166,5 = 0,993 \text{ мм},$$

$$\Delta_c = 0,5 \text{ мм},$$

$$\Delta_{\Sigma H} = 222 \times 0,0011 = 0,244 \text{ мм}.$$

$$\rho_{\Sigma} = \sqrt{0,993^2 + 0,5^2 + 0,244^2} = 1,140 \text{ мм}.$$

Величина залишкових припусків:

$$\text{Після чорнового обточування } \rho_1 = \rho_{\Sigma} \times K_y = 1,140 \times 0,06 = 0,068 \text{ мм},$$

$$K_y = 0,06 [5, \text{ с.190}]$$

$$\text{Після чистового обточування } \rho_2 = \rho_1 \times K_y = 0,068 \times 0,04 = 0,003 \text{ мм}.$$

Зведемо результати розрахунку в табл. 2.3.

Перевіримо правильність розрахунків на поверхню $\varnothing 130 \text{ m} 7$ за формулами:

$$Z_{\text{max}} = 136,500 - 130,055 = 6,445 \text{ мм},$$

$$Z_{\text{min}} = 134,000 - 130,015 = 3,985 \text{ мм},$$

$$Td_3 - Td_{\text{д}} = 2500 - 40 = 2460 \text{ мкм},$$

$$Z_{\text{max}} - Z_{\text{min}} = 6445 - 3985 = 2460 \text{ мм}.$$

Таблиця 2.3

Технологічні операції та переходи	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\text{min}}$	Розрахунковий розмір, мм	Допуск Td_{i-1}	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	R_{Zi-1}	h_{i-1}	ρ_{i-1}	ξ				D_{min}	D_{max}	$2Z_{\text{max}}$	$2Z_{\text{min}}$
Штамповка	200	250	1140			133,957	2500	134,0	136,5		
Токарна чорнова	50	50	68	120	3180	130,777	400	130,8	131,2	5280	0
Токарна чистова	25	25	3	6	576	130,201	160	130,2	130,36	816	576
Шліфування чорнове	10	20	0	4	118	130,083	63	130,1	130,163	215	118
Шліфування чистове	5	15	0	4	68	130,015	40	130,015	130,055	91	68

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ					Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						19

7. Знаходимо об'єм штампованої поковки.

Об'єм штампованої поковки знайдено за допомогою програми КОМПАС-3DV12.

$$V = 2,8782 \times 10^{-3} \text{ м}^3$$

8. Знаходимо масу штампованої поковки.

$$G_3 = V \times \gamma = 2,8782 \times 10^{-3} \times 7,85 \times 10^3 = 22,59 \text{ кг.}$$

9. Знаходимо коефіцієнт використання матеріалу.

$$K_{\text{вм}} = G_{\text{д}} / G_3 = 16,4 / 22,59 = 0,726.$$

2.3. Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі

Перед розробкою ТП необхідно отримати і вивчити інформацію, яка ділиться на базову, керівну та довідкову.

Базова - відомості містяться в конструкторській документації на виріб, обсяг випуску, терміни підготовки виробництва. Робоче креслення деталі містить всі розміри, технічні вимоги до якості і шорсткості, марку і твердість матеріалу.

Керівна - відомості щодо розвитку галузі, план випуску матеріалу, засобів технологічного оснащення стандарти на технологічні процеси.

Довідкова - відомості про прогресивних методів обробки, каталоги, номенклатурні довідники устаткування й оснащення. Матеріали по вибору технологічних нормативів (режими обробки, припуски, витрата матеріалу та ін.), інші довідкові матеріали.

Всю механічну обробку розбивають за операціями і таким чином виявляють послідовність виконання операцій, їх число для кожної операції, обирають устаткування і визначають конструктивну схему пристосування.

Завданням кожного попереднього переходу є підготовка поверхні заготовки подальшу обробку і кожен наступний метод (операція або перехід) повинен точніше попереднього, тобто забезпечувати більш високе значення псів якості деталі. Тому механічна обробка ділиться на :

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						20
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- чорнову обробку, коли видаляється більша частина припуску, що дозволяє виявити можливі дефекти заготовки; на перших однієї-двох операціях. При базування за чорновим баз обробляються основні технологічні бази;

- чистову обробку, коли в основному забезпечується необхідна точність;

- далі йдуть операції місцевої обробки, за раніше оброблених поверхонь, опоряджувальні операції, коли досягається необхідна шорсткість поверхні і остаточно забезпечується точність деталі.

Контроль в технологічному процесі передбачений з метою технологічного забезпечення заданих параметрів якості обробленої деталі.

Розроблений технологічний процес повинен містити загальний план обробки деталі, опис змісту операцій технологічного процесу і вибір типу обладнання. Він повинен бути прогресивним, забезпечувати підвищення продуктивності праці і якості деталі, скорочувати матеріальні та трудові витрати і бути екологічно безпечним.

Побудова технологічного маршруту обробки багато в чому визначається конструктивно-технологічними особливостями деталі. Вибір маршрутної технології істотно залежить від типу виробництва, рівня автоматизації і використаного устаткування.

Проектування технологічного процесу механічної обробки включає розробку маршрутної і операційної технології, а також карт ескізів і схем.

В результаті вивчення та аналізу креслення втулки, призначення, технічних вимог, що пред'являються до деталі, встановлюємо: оброблювані поверхні деталі і основні вимоги до точності та якості їх обробки; спосіб досягнення точності та якості оброблюваних поверхонь; послідовність обробки. Перші технологічні операції виконують на токарно-гвинторізному верстаті в дві установки. Перед чистовою механічною обробкою проводиться термічна обробка - нормалізація при $t = 860^{\circ}\text{--}880^{\circ}\text{C}$, нагрівання і витримка протягом 2-2,5 годин, охолодження на повітрі. Нормалізація покращує оброблюваність матеріалу і знімає внутрішні напруги. Чистові технологічні операції виконуються на токарному верстаті з ЧПК в дві установки. Базування деталі здійснюється в 3-х кулачковому патроні. На цій операції відбувається

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Анк.
						21
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

максимальна концентрація переходів включаючи нарізання різьби М130х1,5-6g, що зумовлює точне взаємне розташування оброблюваних поверхонь. Потім на вертикально-фрезерувальному верстаті шпоночною фрезою обробляють дві шпоночні канавки. Знявши задирки на слюсарній операції, обробляється внутрішні шліци на зубодовбальному верстаті. Обробка отворів у фланці здійснюються в спеціальному пристосуванні на радіально-свердлильному верстаті, просвердливши, прозенкерувавши та розгорнувши обробляємо отвори з різьбленням М10, з подальшим усуненням задирок на верстаку.

На круглошліфувальному верстаті обробляються попередньо поверхні з шорсткістю вище Ra 2,5 мкм. Потім перед азотуванням здійснюється лудіння поверхонь, які не підлягають азотуванню. Завершальна операція проводиться на попередньому круглошліфувальному верстаті.

Обраний маршрут механічної обробки «втулки шліцевої» дозволяє одержати задану точність і шорсткість поверхонь з мінімальними навантаженнями на верстаті і інструмент.

Після уточнення порядку операцій і переходів проводиться вибір устаткування, технологічного оснащення, вимірювального і ріжучого інструменту.

2.4. Вибір металорізального устаткування

При виборі типу і моделі металорізальних верстатів будемо керуватися наступними правилами:

- 1) продуктивність, точність, габарити, потужність верстата повинні бути мінімальними, достатніми для того, щоб забезпечити виконання вимог пред'явлених до операції;
- 2) верстат має забезпечити максимальну концентрацію переходів на операції з метою зменшення кількості операцій та обладнання, підвищення продуктивності і точності за рахунок зменшення числа перестановок заготовки;
- 3) у разі недостатнього завантаження верстата його технічні характеристики повинні дозволяти обробляти інші деталі, що випускаються даними цехом, ділянкою;

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Анк.
						22
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4) у серійному виробництві слід застосовувати переважно універсальні верстати, revolverні верстати, верстати з ЧПК.

Вибір верстата на операцію визначається можливістю виготовлення на ньому деталей необхідної конфігурації і розмірів, а також забезпечення якості поверхні. Приводимо маршрутний технологічний процес для деталі «втулка шліцева».

Токарна операція:

Токарно-гвинторізний 16K20

Максимальний діаметр заготовки, мм	
- над станиною	400
- над супортом	220
Межі швидкостей обертання шпинделя об./хв..	12,5-1600
Межі подач супорта, мм/об.:	
- повздовжніх	0,05-2,8
- поперечових	0,025-1,4
Габаритні розміри, мм	2505x1190x1500
Потужність головного двигуна, кВт	11

Токарно-гвинторізний 16K20Ф3

Максимальний діаметр заготовки, мм	
- над станиною	400
- над супортом	220

Межі швидкостей обертання шпинделя, об./хв..	12,5-2000
Межі подач супорта, мм/хв.. :	
- поздовжніх	3-1200
- поперечових	1,5-600
Габаритні розміри, мм	3360x1710x1750
Потужність головного двигуна, кВт	10
Фрезерувальна на операція: <i>Вертикально-фрезерувальний 6P12</i>	
Розміри столу, мм	320x1250
Подача столу, мм/хв.:	
- повздовжня	12,5...1600
- поперечна	12,5... 1600
- вертикальна	4,1...430
Межі швидкостей обертання шпинделя, об./хв..	31,5... 1600
Габаритні розміри, мм	2280x1965x2265
Потужність головного двигуна, кВт	7,5

Зубодовбальна операція:

Зубодовбальний 5M14

Максимальний діаметр оброблюємого колеса (з внутрішнім зачепленням), мм	550
---	-----

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						24
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільша ширина колеса, що нарізається (з внутрішнім зачепленням), мм	75
Модуль, мм	2-6
Найбільший діаметр довб'яка, мм	125
Габаритні розміри, мм	1650 x 1285
Потужність головного двигуна, кВт	3,7

Радіально-свердлильна операція:

Радіально-свердильний 2М55

Найбільший діаметр свердлення у сталі, мм	50
Відстань від нижнього торця шпинделя до робочої поверхні плити, мм	450-1600
Відстань від осі шпинделя до спрямовуючої колони, мм	375-1600
Конус Морзе отвору шпинделя	5
Межі швидкостей обертання шпинделя, об./хв..	20-2000
Подача шпинделя, мм/об.	0,056-2,5
Потужність головного двигуна, кВт	5,5
Габаритні розміри, мм	2665 x 1020 x 3430

Круглошліфувальна операція:

Круглошліфувальний 3Б161

Найбільші розміри заготовки, мм	
- діаметр	280

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Анк.
						25
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- довжина	1000
Межі швидкостей обертання шпинделя, об./хв..	63-400
Потужність головного двигуна, кВт	7,5
Габаритні розміри, мм	4100 x 2100

2.5. Вибір пристосувань

При виборі пристосувань будемо керуватися наступними правилами:

- 1) пристосування має забезпечувати матеріалізацію теоретичної схеми базування на кожній операції з допомогою опорних і настановних елементів;
- 2) пристрій має забезпечувати надійне закріплення заготовки при обробці;
- 3) пристосування має бути швидкодіючим;
- 4) затискання заготовки повинно здійснюватися, як правило, автоматично;
- 5) слід віддавати перевагу стандартним, нормалізованим, універсально-збірним пристроям, і тільки при їх відсутності проектувати спеціальні пристосування.

Для токарних верстатів з ЧПК для закріплення деталі застосовуємо стандартні 3-х кулачкові патрони відповідно до ГОСТ 24351-81 і ГОСТ 16886-71 [7].

Для закріплення втулки на вертикально-фрезерувальному верстаті застосовуємо універсальне переналаджуване пристосування, основою якого є призми [8].

Для свердлення отворів у фланці розроблено спеціальне пневмопристосування з кондукторною плитою.

Для обробки внутрішніх зубів на зубодовбальному верстаті використовується переналаджувальне пристосування з пневматичним приводом для зубодовбальних верстатів [8].

На круглошліфувальному верстаті використовуються рифльовані центри поводки для обробки втулок [8].

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Анк.
						26
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.6. Вибір ріжучого та вимірювального інструментів

При виборі ріжучого інструменту будемо керуватися наступними правилами:

- 1) вибір інструментального матеріалу визначається вимогами, з одного боку, максимальної стійкості, а з іншого мінімальної вартості;
- 2) слід віддавати перевагу стандартним і нормалізованим інструментам.

На перших двох токарних операціях застосовуємо стандартні різці з твердого сплаву Т5К10 для обробки зовнішніх поверхонь та застосовуємо стандартні різці для внутрішнього розточування в упор і канавочний різець для точіння канавки.

Для остаточної чистової токарної операції використовуємо стандартні різці та чистові і чорнові різьбові різці для нарізання метричної різьби [9].

В прохідних різцях, різьбових різцях і підрізних використовуємо твердосплавні сплави марок Т5К10 і Т15К6. Ці сплави відносяться до титановольфрамової групи твердих сплавів. Сплави групи ТК більш тверді, теплостійкі і зносостійкі. Із збільшенням змісту ТС твердість, теплостійкість та зносостійкість сплаву при обробці сталі підвищується, а його міцність знижується. Збільшення змісту кобальту спричиняє за собою підвищення міцності, але знижує твердість, зносостійкість сплаву.

На фрезерувальній операції застосована стандартна шпоночна фреза з конічним хвостовиком ГОСТ 9140-78 з швидкорізальної сталі Р6М5 [6].

На зубодовбальній операції застосовуємо спеціальний хвостовий довб'як з конічним хвостовиком з швидкорізальної сталі Р6М5.

На свердлильній операції використовуємо стандартні свердла, зенкера з конічним хвостовиком та мітчики з матеріалом ріжучої частини - швидкорізальна сталь Р6М5, розгортки з твердосплавними пластинами ВК8 з конічним хвостовиком.

Для ріжучих частин свердел, зенкерів, мітчиків застосовуємо найпоширеніші вольфрамомолібденові сталі марки Р6М5 ГОСТ 19265-73. По ударній в'язкості вона перевершує сталь Р18. Висока пластичність сталі Р6М5 в нагрітому стані робить її вельми ефективною при виготовленні інструментів методами пластичної деформації. По стійкості інструменти із сталі марки Р6М5 не поступаються інструментам із сталі

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Анк.
						27
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

марки Р18.

На круглошліфувальних операціях використовуються стандартні абразивні круги з нормального електрокорунду 13А зернистістю 40-16 та після азотування використовуємо круги монокорунда 44А зернистістю 16-20.

При виборі засобів контролю будемо керуватися наступними правилами:

- 1) точність вимірювальних інструментів і пристосувань повинна бути істотно вище точності вимірюваного розміру;
- 2) В серійному виробництві слід застосовувати інструменти загального призначення: штангенциркулі, мікрометри, довгоміри тощо, рідше - спеціального призначення;
- 3) слід віддавати перевагу стандартним і нормалізованим засобам контролю.

Для контролю як проміжного так і остаточного в основному застосовують гладкі і різьбові, і стандартні калібр-пробки. Для контролю лінійних і кутових розмірів використовують стандартні штангенциркулі з відповідними межами вимірювання і стандартні кутові шаблони.

2.7. Розрахунок режимів різання

Проводиться розрахунок режимів різання для 1-го переходу 070 радіально-свердлильної операції. На даному переході виконується попереднє свердління отвору на радіально-свердлильному верстаті 2М55 діаметром 15 мм, на глибину 18 мм.

Вихідні дані для розрахунку:

- матеріал оброблюваної деталі - сталь 40ХН2МА ГОСТ 4843-71;
- твердість деталі 228-235НВ;
- свердло Р6М5 2301-0050 ГОСТ 10903-77;
- діаметр свердління - $D = 15$ мм.

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						28
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назначаємо режими різання:

1. Глибина різання - $t = D/2 = 15/2 = 7,5$ мм.
2. За довідковими даними вибирається подача - $S = 0,2$ мм /об. [5, с.277].
3. Період стійкості свердла зі швидкорізальної сталі - $T = 45$ хв. [5, с.279].
4. Швидкість різання визначається за формулою [5, с.276]:

$$V = \frac{C_v}{T^m} \frac{D^q}{S^y} \cdot K_v$$

де $C_v = 7$ - постійний коефіцієнт [5, с.277];

$q = 0,4$ - показник ступеня при діаметрі свердління [5, с.277];

$y = 0,7$ - показник ступеня при подачі [5, с.277];

$m = 0,2$ - показник ступеня при стійкості інструменту [5, с.277].;

$T = 45$ хв. - період стійкості свердла зі швидкорізальної сталі [5, с.277];

K_v - поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання, визначається за формулою [5, с.276]:

$$K_v = K_{mv} * K_{uv} * K_{iv}$$

де $K_{mv} = 0,85$ - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу деталі [5, с.262];

$K_{uv} = 0,5$ - коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту [5, с.263];

$K_{iv} = 1$ - коефіцієнт, що враховує співвідношення глибини і діаметру

свердління [5, с.280].

$$K_v = 0,85 \times 0,5 \times 1 = 0,42$$

Обчислюємо швидкість різання:

$$V = \frac{7 \cdot 15^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} \times 0,42 = 12,51 \text{ м/хв.}$$

5. Число обертів шпинделя розраховується за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

де $D = 15$ - діаметр оброблюваної поверхні, мм;

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Анк.
						29
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot 12,51}{\pi \cdot 15} = 265,6 \text{ об./хв.}$$

6. Приймається число обертів шпинделя відповідно паспорту верстата
 $n_D = 250 \text{ об./хв.}$

7. Дійсна швидкість різання визначається за формулою:

$$V_D = \frac{\pi D n_D}{1000} = \frac{\pi \cdot 15 \cdot 250}{1000} = 11,75 \text{ м/хв.}$$

8. Крутний момент $M_{кр}$ та вісьова сила різання P_o розраховується за формулами 5, с.277 :

$$M_{кр} = 10 \times C_m \times D^{g_m} \times s^{y_m} \times K_p,$$

$$P_o = 10 \times C_p \times D^{g_p} \times s^{y_p} \times K_p.$$

де $C_m = 0,041$ та $C_p = 143$ – наступні коефіцієнти [5, с.281];

$g_m = 2$ та $g_p = 1$ – показники ступеня при діаметрі свердління [5, с.281];

$y_m = 0,7$ та $y_p = 0,7$ - показники ступеня при подачі [5, с.28];

K_p – поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання, визначається за формулою:

$$K_p = K_{mp},$$

$K_{mp} = 1,07$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу деталі на силові залежності,

$$K_p = 1,07.$$

Знаходимо крутний момент $M_{кр}$ та вісьову сил різання P_o :

$$M_{кр} = 10 \times 0,041 \times 15^2 \times 0,2^{0,7} \times 1,07 = 31,99 \text{ Нм};$$

$$P_o = 10 \times 143 \times 15^1 \times 0,2^{0,7} \times 1,07 = 7439,29 \text{ Н.}$$

9. Потужність різання визначається за формулою:

$$N = M_{кр} \times n_D / 9750 = 31,99 \times 250 / 9750 = 0,82 \text{ кВт.}$$

10. Перевіряємо достатність потужності приводу верстата:

$$N_{вер} = N_M \times \eta = 5,5 \times 0,75 = 3,85 \text{ кВт.}$$

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Анк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$N \leq N_{\text{вер}}$, обробка можлива.

11. Основний час переходу розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot s} + \frac{L}{n \cdot s_y}$$

де $S = 0,2$ мм /об. - робоча подача інструменту;

$S_y = 2,5$ - прискорена подача відведення інструмента;

$n = 250$ об./хв.. - частота обертання шпинделя;

L - довжина шляху обробки, мм, визначається за формулою:

$$L = l + l_1 + l_2,$$

де $l = 18$ мм - довжина шляху різання;

$l_1 = 3$ мм - врізання;

$l_2 = 2$ мм - перебіг.

Тоді

$$L = 18 + 3 + 2 = 23 \text{ мм.}$$

Обчислюється основний технологічний час:

$$T_o = \frac{23}{250 \cdot 0.2} + \frac{23}{250 \cdot 2.5} = 0.5 \text{ хв.}$$

2.8. Визначення норм часу

Розрахунок технічної норми часу проводять після виконання попередніх робіт по розробці технологічного процесу механічної обробки, визначення режимів різання і основного часу.

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} \times \left(1 + \frac{a_{\text{обс}} + a_{\text{от.л}}}{100} \right)$$

де $T_{\text{оп}}$ - оперативний час [10].

$a_{\text{обс}}$, $a_{\text{от.л}}$ - час на обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби % від оперативного часу [10].

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{доп}},$$

T_o - основний час;

					42613.02.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						31
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_0 = 6 \times 0,5 + 6 \times 0,12 + 6 \times 0,18 + 6 \times 0,24 + 6 \times 0,2 + 6 \times 0,14 + 6 \times 0,1 = 8,88 \text{ хв.}$$

$T_{\text{доп}}$ - допоміжний час, що складається з часу на установку і зняття деталі, часу, пов'язаного з переходом, часу на вимірювання, зміну інструменту.

$$T_{\text{доп}} = t_{\text{уст.зн.}} + t_{\text{пер.}} + t_{\text{вим.}} + t_{\text{зм.ін.}},$$

- час на установку і зняття деталі - $t_{\text{уст.зн.}} = 0,47 \text{ хв. [10]}$;
- час пов'язаний з переходами - $t_{\text{пер.}} = 12 \times 0,05 = 0,6 \text{ хв. (поставити і зняти кондукторні втулки) [10]}$;
- час на вимірювання - $t_{\text{вим.}} = 6 \times 0,11 + 6 \times 0,15 + 6 \times 0,16 = 2,52 \text{ хв. (контроль калібр-пробкой, калібр-пробкой різьбовой і вимірювання штангенглибиноміром) [10]}$;
- час на зміну інструменту - $t_{\text{змін.}} = 7 \times 0,5 = 3,5 \text{ хв. (зміна трьох свердл, зенкера, двох розгорток і мітчика) [10]}$.

$$T_{\text{доп}} = 0,47 + 0,6 + 2,52 + 3,5 = 7,09 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{оп}} = 8,88 + 7,09 = 15,97 \text{ хв.}$$

Обчислюємо штучний час:

$$T_{\text{шт.}} = 15,97 \times \left(1 + \frac{4+3}{100}\right) = 17,09 \text{ хв.}$$

					4267ст3.12.КРБ.04.02.ПЗ	Арк.
						32
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					4267ст3.12.КРБ.04.03.ПЗ				
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Молочнєв В.Ю.							
Перевірив		Галинкін ЮМ							
Консул.									
Н.контр.		Боду С.Ж.							
Затвердив		Ткач М.Р.							
Конструкторська частина					Літ			Арк.	Аркушів
					КРБ		33	12	
					НУК				

3. Конструкторська частина

3.1. Проектування спеціального засобу механічної обробки деталі

Згідно завдання пропонується розробити конструкцію свердлувального пристосування для обробки отворів та нарізання різьби. Враховуючи ступінь точності одержуваних отворів $\varnothing 16H7$ і потрібну шорсткість оброблюваної поверхні, можна стверджувати, що обробку можна виконати за допомогою свердлильної операції.

Заготівка має зручні базові поверхні: торець, установка по якому позбавляє заготовку трьох ступенів свободи і діаметр $\varnothing 102js6$ - установка по ньому позбавляє заготовку ще двох ступенів свободи (див. операційний ескіз). Таке спрощене базування достатньо для виконання даної операції, тобто забезпечує виконання необхідних розмірів і взаємного розташування оброблюваних поверхонь.

Обробка здійснюється на універсальному вертикально-свердлильному верстаті моделі 2М55.

Враховуючи метод обробки і тип виробництва, у цьому випадку доцільно застосувати систему універсально-налагоджувальних пристосувань (УНП), область застосування яких охоплює всі типи серійного виробництва.

3.1.1. Опис конструкції та принцип дії

Пристрій пневматичний з кондукторною плитою призначений для закріплення деталей типу втулок при різних видах обробки отворів на фланці.

Устрій пристосування

Основним елементом пристосування є корпус 5, на якій монтується пневмокамера 1.

До основи 5 приварені дві поздовжні стінки, на яких за допомогою гвинтів 12 кріпиться плита 6.

Деталь встановлюється на пристосуванні в стакан 8 і закріплюється за допомогою швидкозмінної шайби 23, яка з'єднана з тягою 7 за допомогою гайки 20, а тяга 7, у свою чергу, встановлена в шток мембранного діафрагменного

					4267ст3.12.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						34
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пневмопривода. Переміщення штока здійснюється подачею стисненого повітря з магістралі через штуцера 3 у верхню або нижню порожнину пневмокамери 1.

Управління проводиться краном 2.

Робота з пристроєм

- 1) Встановити пристосування на столі верстата.
- 2) Встановити деталь в стакан 7. На тягу надіти швидкозмінну шайбу 16.
- 3) Затиснути деталь шляхом повороту крана 4.
- 4) Розкріплення деталі робиться в зворотному порядку.

Заходи безпеки при роботі з пристроєм

1. Установка пристосування на верстаті здійснюється вантажопідіймальними засобами.

2. При роботі з пристосуванням на свердлильних верстатах необхідно дотримувати всі загальні норми техніки безпеки роботи на цих верстатах.

3. Розташування вузлів пристосування на столі верстата має бути таким, щоб його габарити не виходили за межі робочої площини столу.

4. Під час роботи верстата забороняється підрегулювання, підналагодження і перезакріплення пристосування.

5. Забезпечити включення верстата тільки через пневмо-електроклапан.

6. Пневмокамеру перевіряти на герметичність не рідше одного разу на півроку.

3.1.2. Виконання необхідних розрахунків

Затискні пристрої повинні задовольняти наступним вимогам:

- а) при затиску не має порушуватися спочатку вказане положення деталі;
- б) затискачі не повинні викликати деформації деталей і псування їх поверхонь;
- в) закріплення і відкріплення деталі повинне проводитися з мінімальною витратою сил і часу робочого;
- г) при закріпленні недостатньо жорстких деталей сили затиску повинні розташовуватися над опорами або можливо ближче до опор;

					4267ст3.12.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						35
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

д) сили різання по можливості не повинні сприйматися затискними пристроями.

Визначимо сили закріплення, для чого складемо схему сил і моментів, діючих

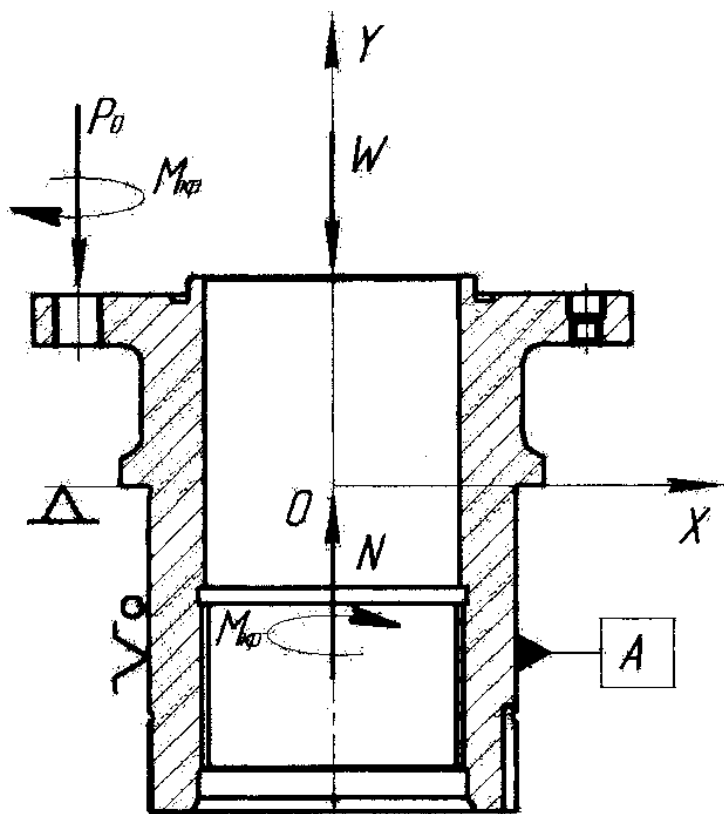


Рис. 3.1. Схема сил і моментів, діючих на заготовку при її обробці

на заготівлю при її обробки (див.рис.3.1).

На заготовку діють наступні сили: сила закріплення W , реакція опор з боку установочного кільця пристосування N , а також осьова сила різання при свердлінні P_0 . Крім того, на заготівлю при свердлінні діє крутний момент $M_{кр}$.

Заготівля в процесі обробки повинна перебувати в стані нерухомості. Це забезпечується лише в тому випадку, коли в контакті заготівка - установочне кільце буде виникати момент тертя $M_{тер}$, величина якого буде не менше величини крутого моменту, а алгебраїчна сума всіх сил, що діють в одному напрямку, дорівнює нулю.

Вісьову силу різання P_0 в даному випадку можна виключити з розрахунків, так як напрямок її дії збігається з напрямком дії сили закріплення, а її величина змінюється по глибині свердління. Складемо рівняння рівноваги заготовки:

$$\Sigma F_y = 0; W - N = 0;$$

$$\Sigma M_y = M_{kp} - M_{тер} - 0.$$

Момент тертя визначається виразом:

$$M_{тер} = f \times N \times R,$$

де f - коефіцієнт тертя, значення якого приймаємо рівним $f = 0,25$;

R - радіус тертя, який може бути визначений виразом:

$$R = \frac{1}{3} \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}$$

де D і d - діаметр кільця контакту заготовки з установочним елементом; $D = 150$ мм, $d = 130$ мм.

Тоді сила закріплення визначиться виразом:

$$W = \frac{3 \cdot K \cdot M_{kp}(D^2 - d^2)}{f(D^3 - d^3)}$$

де $M_{kp} = 31,99$ Нм; K - коефіцієнт запасу $K = 2,5$).

Сила закріплення дорівнюватиме:

$$W = \frac{3 \cdot 2,5 \cdot 31,99(0,15^2 - 0,13^2)}{0,25 \cdot (0,15^3 - 0,13^3)}$$

За цією величиною здійснюємо вибір пневмокамери.

Пневмокамера з тарільчастою мембраною з тиском в системі 0,4 МПа [8]:

- 1) діаметр мембрани $D = 160$ мм;
- 2) матеріал мембрани - гума;
- 3) вихідне зусилля на штоці:
 - в вихідному положенні - 7200 Н,
 - при ході штока $0,22D$ - 6150 Н.

					4267ст3.12.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						37
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Проектування спеціального ріжучого інструменту

Вельми розповсюдженим, продуктивним та точним методом обробки зубів циліндричних зубчатих коліс як зовнішнього, так і внутрішнього зачеплення є нарізання їх на зубодовбальних верстатах за допомогою довб'яків.

Довб'як - це загартоване та відшліфоване зубчате колесо з коригованими зубами, кожен з яких має ріжучі кромки і необхідні кути різання (передній та головний задній). Принцип нарізання циліндричного зубчатого колеса методом обкатки за допомогою довб'яка полягає в тому, що в процесі обробки відтворюється зубчате зачеплення двох коліс. Функцію одного з них виконує ріжучий інструмент (довб'як), а другого — заготовка (колесо, яке нарізають). Довб'як робить швидкий зворотно-поступальний головний рух, що обумовлює швидкість різання. При цьому ріжучими кромками він відтворює в просторі уявне продукуюче колесо, з яким нібито зачеплене безззорно колесо, що нарізується. Довб'як, крім зворотно-поступального руху, повільно обертається навколо своєї осі, роблячи кругову подачу. У взаємодії з ним обертається і заготовка. На початку нарізання довб'як, здійснюючи обертальний рух обкатки, водночас здійснює радіальну подачу до урізування на повну глибину впадини, якщо колесо нарізується за одне проходження. Після врізання довб'яка на цю глибину радіальна подача припиняється. В процесі нарізання зубів за цим методом профіль зуба отримуються автоматично, як огинаюча крива послідовних положень ріжучої кромки зуба довб'яка. Довб'яком даного модуля можуть бути нарізані зубчаті колеса цього модуля з різною кількістю зубів.

Вихідні дані для проектування прямозубого довб'яка:

- 1) модуль колеса, що нарізується, $m = 2,5$ мм;
- 2) кут профілю на ділильному діаметрі $\alpha = 30^\circ$;
- 3) число зубів колеса, що нарізується, $z_1 = 36$;
- 4) число зубів колеса, що входить в зачеплення $z_2 = 36$;
- 5) ділильні діаметри $D_1 = 90$ мм, $d_2 = 90$ мм;
- 6) товщина зуба колеса $S_t = 3,825$ мм;
- 7) зовнішні діаметри $D_{a1} = 87,5$ мм; $d_{a2} = 93,5$ мм;

					4267ст3.12.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						38
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 8) внутрішній діаметр колеса, що нарізується, $D_{fl} = 94$ мм.
- 9) точність оброблюваного колеса, Ст. 7;
- 10) матеріал оброблюваної колеса Сталь 40ХН2МА
- 11) висоту голівки h_{a1} і ніжки h_{f1} зуба колеса, що нарізується:

$h_{f1} = 0,8m = 0,8 \times 2,5 = 2$ мм, $h_{a1} = 0,5m = 0,5 \times 2,5 = 1,25$ мм. Обираємо хвостовий довб'як класу точності А, матеріал Р6М5 ГОСТ 19265-73.

Для чистового довб'яка передній кут $\gamma_B = 5^\circ$.

Задній кут на вершині приймаємо $\alpha_B = 6^\circ$.

Фактичний кут профілю довб'яка визначаємо по формулі:

$$\tan(\alpha_H) = \frac{\tan \alpha_w}{1 - \tan(\alpha) \cdot \tan(\gamma_B)_*} = \frac{\tan 30^\circ}{1 - \tan(6^\circ) \cdot \tan(5^\circ_B)_*} = 0,5827$$

Боковий задній кут в перерізі по ділильному циліндру визначаємо по формулі:

$$\tan(\alpha_6) = \tan(\alpha_H) \cdot \tan(\alpha_B) = \tan(30^\circ 13' 47'') \cdot \tan(6^\circ) = 0,0612$$

$$\alpha_6 = 3^\circ 30' 17''$$

Задній кут на бокових сторонах зубів у нормальному перетині до профіля визначаємо по формулі:

$$\tan(\alpha_n) = \sin(\alpha_H) \cdot \tan(\alpha_B) = \sin(30^\circ 13' 47'') \cdot \tan(6^\circ) = 0,0529$$

$$\alpha_n = 3^\circ 01' 45''$$

Визначення вихідних даних

1. Число зубів довб'яка визначаємо в залежності від обраного діаметра ділильного кола. Крім цього, при виборі z_H повинна виконуватись умова $z_1 - z_H \geq 18$ для внутрішнього зачеплення

$$z_H = \frac{d_0}{m} = \frac{38}{2,5} = 15,$$

де d_0 - номінальний діаметр ділильного кола (ГОСТ 9323-79).

$$z_1 - z_H = 36 - 15 = 21 > 18.$$

2. Діаметр ділильного кола довб'яка.

					4267ст3.12.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						39
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d'_0 = z_H m = 15 \times 2,5 = 37,5.$$

3. Теоретичний діаметр основного кола довб'яка.

$$d_{wo} - d'_0 \cos \alpha_w = 37,5 \times \cos(30^\circ) = 32,475 \text{ мм.}$$

4. Боковий задній кут в площині, паралельній осі довб'яка.

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{бок}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \alpha_w} = \frac{\operatorname{tg}(3^\circ 01' 45'')}{\cos 30^\circ} = 3^\circ 30' 17'',$$

де $\alpha = 3^\circ 01' 45''$.

Визначаємо параметри довб'яка в вихідному перетині

5. Діаметр зовнішнього кола довб'яка в вихідному перетині.

$$d'_a = d'_0 + D_{f1} - D_1 = 37,5 + 94 - 90 = 41,5 \text{ мм,}$$

6. Товщина зуба на ділильному колі по нормалі.

$$S'_{to} = \pi m - S_{a1} = \pi \times 2,5 - 3,825 = 4,025 \text{ мм.}$$

7. Висота головки зуба

$$h_{ao} = h_{f1} = 2 \text{ мм.}$$

8. Висота ніжки зуба

$$h_{f1} = h_{a1} + c = 1,25 + 0,75 = 2 \text{ мм,}$$

де c - величина радіального зазору, $c = 0,3m = 0,3 \times 2,5 = 0,75 \text{ мм.}$

9. Кут тиску на головці.

$$\cos \alpha'_{aH} = \frac{d_{wo}}{d'_{ao}} = \frac{32,476}{41,5} = 0,78255,$$

$$\alpha'_{aH} = 38^\circ 30' 2''.$$

10. Товщина зуба на його вершині.

$$S'_{tao} = d'_{ao} \left(\frac{S'_{to}}{d'_{ao}} + \operatorname{inv} \alpha_w - \operatorname{inv} \alpha'_{aH} \right) = 41,5 \times \left(\frac{4,025}{37,5} + \operatorname{inv} 30^\circ - \operatorname{inv} 38^\circ 30' 24'' \right) = 1,558 \text{ мм.}$$

Визначення вихідних відстаней

11. Додатна вихідна відстань, яка забезпечує повну обробку робочої частини профілю зуба, що нарізується.

$$A_H = \frac{(\operatorname{inv} \alpha'_H - \operatorname{inv} \alpha_w)(D_1 - d'_0)}{2 \operatorname{tg} \alpha_{\text{бок}}} = \frac{(\operatorname{inv} - \operatorname{inv} 30^\circ) \times (90 - 37,5)}{2 \operatorname{tg}(3^\circ 30' 17'')} = 1,404 \text{ мм.}$$

					4267ст3.12.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						40
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Найбільша допустима величина сточування довб'яка.

$$H = A_H = 1,4 \text{ мм.}$$

Визначення розмірів довб'яка по передній поверхні на кресленні

13. Верстатний кут зачеплення нового довб'яка

$$\text{inv } \alpha_H = \text{inv } \alpha_w + \frac{2 \text{Atg } \alpha_{\text{бок}}}{D_1 + d_o} = \text{inv } 30^\circ + \frac{2 \times 1,4 \times \text{tg}(3^\circ 30' 17'')}{90 + 37,5} = 0,055096,$$

$$\alpha_H = 30^\circ 15'.$$

14. Зовнішній діаметр нового довб'яка

$$d_{ao} = \frac{d_{f1} \cos \alpha_w + d_{wo}}{\cos \alpha_p} = \frac{94 \cdot \cos(30^\circ) + 32,475}{\cos(30^\circ 15')} = 41,8 \text{ мм.}$$

15. Приймаємо довжину зубів довб'яка

$$b_o = 15 \text{ мм.}$$

16. Товщина зуба по ділильному колу по нормалі

$$S_{to} = S S'_{to} + 2 \text{Atg } \alpha_{\text{бок}} = 4,025 + 2 \cdot 1,4 \cdot \text{tg}(3^\circ 30' 17'') = 4,196 \text{ мм.}$$

17. Висота головки зуба довб'яка по передній поверхні

$$h_{ao} = \frac{d_{ao} - d_o}{2 \cos \gamma} = \frac{41,8 - 37,5}{2 \cdot \cos(5^\circ)} = 2,158 \text{ мм,}$$

де $\gamma = 5^\circ$ для чистових довб'яків.

18. Повна висота зуба довб'яка

$$h_{on} = h_{o1} + 0,3m = 3,25 + 3 \times 2,5 = 4 \text{ мм.}$$

19. Корегований торцевий профільний кут довб'яка, зменшуючий викривлення профілю зуба колеса, що нарізується, від наявності переднього і заднього кута

$$\text{tg } \alpha_K = \text{tg } \alpha_w + \text{tg } \gamma \text{tg } \alpha_{\text{бок}} = \text{tg } 30^\circ + \text{tg } 5^\circ \cdot \text{tg } 3^\circ 30' 17'' = 30,2297,$$

$$\alpha_K = 30^\circ 13' 47''.$$

20. Діаметр основного кола при шліфуванні профілю довб'яка

$$d_{wo} = d'_o \cos \alpha_K = 37,5 \cdot \cos 30^\circ 13' 47'' = 32,401 \text{ мм.}$$

Для заточення зі швидкорізальних та інструментальних сталей застосовуються кола Э9 зернистістю 16-25, твердістю СМ1-СМ2 на керамічній зв'язці. При доведенні дрібнозернистими колами зернистість кола зменшується до 10-20 номери, зв'язка - бакелітова.

Окружна швидкість кола приймається рівною 20-25 м/с, подача на глибину шліфування не повинна перевищувати 0,03-0,05 мм.

					4267ст3.12.КРБ.04.03.ПЗ	Анк.
						41
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Проектування спеціального вимірювального інструменту

Калібр (фр. calibre, calibre a limites) - беспікальний інструмент, призначений для контролю розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь деталі.

Калібри бувають граничними і нормальними. Нормальний калібр (шаблон) застосовується для перевірки складних профілів. Граничний калібр має прохідну і непрохідну сторони (верхнє і нижнє відхилення номінального розміру), що дозволяє контролювати розмір в полі допуску. Граничні гальмо застосовуються для вимірювання циліндричних, конусних, різьбових і шліцьових поверхонь. При конструюванні граничних калібрів повинен виконуватися принцип Тейлора, згідно з яким прохідний калібр є прототипом сполученої деталі і контролює розмір по всій довжині з'єднання з урахуванням похибок форми. Непрохідний калібр повинен контролювати тільки власне розмір деталей і тому має малу довжину для усунення впливу похибок форми.

Види граничних калібрів: калібр-скоба, калібр-пробка, різьбовий калібр-пробка, різьбовий калібр-кілеце та ін.

При розрахунку виконавчих розмірів гладких калібрів приймаються наступні умовні позначення (див також ГОСТ 24 853 - 81) :

D - номінальний діаметр виробу;

D_{min} - найменший граничний розмір виробу;

D_{max} - найбільший граничний розмір виробу;

T - допуск виробу;

H - допуск на виготовлення калібрів для отвору;

HI - допуск на виготовлення калібрів для валу;

HP - допуск на виготовлення контрольного калібру для скоби;

Z - відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для отвору, щодо найменшого граничного розміру виробу;

$Z1$ - відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для вала, щодо найбільшого граничного розміру виробу;

Y - припустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для

					4267ст3.12.КРБ.04.03.ПЗ	Арк.
						42
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

отвору за кордон поля допуску виробу;

Y1 - допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для валу за кордон поля допуску виробу;

α - величина компенсації похибки контролю калібрами отворів розмірами понад 180 мм;

α_1 - величина компенсації похибки контролю валів з розмірами понад 180 мм;

ПР - прохідний калібр (пробка, скоба або кільце);

НЕ - непрохідний калібр (пробка, скоба або кільце);

К-ПР - гладка контрольна пробка для прохідного калібру - скоби;

К-НЕ - гладка контрольна пробка для непрохідного калібру - скоби;

К- I - гладка контрольна пробка для контролю зносу прохідного калібру - скоби.

Розрахунок калібр-скоби

1. Визначаємо найбільший та найменший граничні діаметри валу, що контролюються.

$$\varnothing 130m7$$

$$Td = IT = 40 \text{ мкм}$$

$$es = +55 \text{ мкм}$$

$$ei = +15 \text{ мкм}$$

$$d_{max} = d + es = 130 + 0,055 = 130,055 \text{ мкм}$$

$$d_{min} = d + ei = 130 + 0,015 = 130,015 \text{ мкм}$$

3. Обираємо координати полів допусків калібр-вала [4].

$$z_1 = 6 \text{ мкм}$$

$$\gamma_1 = 4 \text{ мкм}$$

					4267ст3.12.КРБ.04.03.ПЗ	Анк.
						43
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_1 = 0$$

$$H_p = 3,5 \text{ мкм}$$

$$H_1 = 8 \text{ мкм}$$

3. Визначаємо розміри калібрів [4]

$$PR_{min}^B = d_{max} - z_1 - \frac{H_1}{2} = 130,055 - 0,06 - \frac{0,008}{2} = 130,045 \text{ мм}$$

$$PR_{исп}^B = 130,045^{+0,008}$$

$$PR_{изм}^B = d_{max} + \gamma_1 - z_1 = 130,015 + 0,004 - 0,006 = 130,053 \text{ мм}$$

$$HE_{min}^B = d_{min} + \alpha_1 - \frac{H_1}{2} = 130,015 + 0 - \frac{0,008}{2} = 130,011 \text{ мм}$$

$$HE_{исп}^B = 49,990^{+0,004}$$

$$K - И_{max} = d_{max} + \gamma_1 - \alpha_1 + \frac{H_p}{2} = 130,055 + 0,004 - 0 + \frac{0,0035}{2} = 130,0607 \text{ мм}$$

$$K - И_{исп} = 130,0607_{-0,0035}$$

4. Конструкція і основні розміри односторонніх калібр-скоб відповідно ГОСТ 18630-93.

$$D_1 = 240 \text{ мм} \quad d_1 = 15 \text{ мм}$$

$$H = 185 \text{ мм} \quad d_2 = 3 \text{ мм}$$

$$h = 70 \text{ мм} \quad \Gamma = 80 \text{ мм}$$

$$B = 19 \text{ мм} \quad z_2 = 98 \text{ мм}$$

$$5 = 7 \text{ мм} \quad A = 69 \text{ мм}$$

$$h_1 = 35 \text{ мм}$$

$$A_1 = 94 \text{ мм}$$

5. Зображуємо схему полів допусків калібру (рис.3.2).

					4267ст3.12.КРБ.04.03.ПЗ	Анк.
						44
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

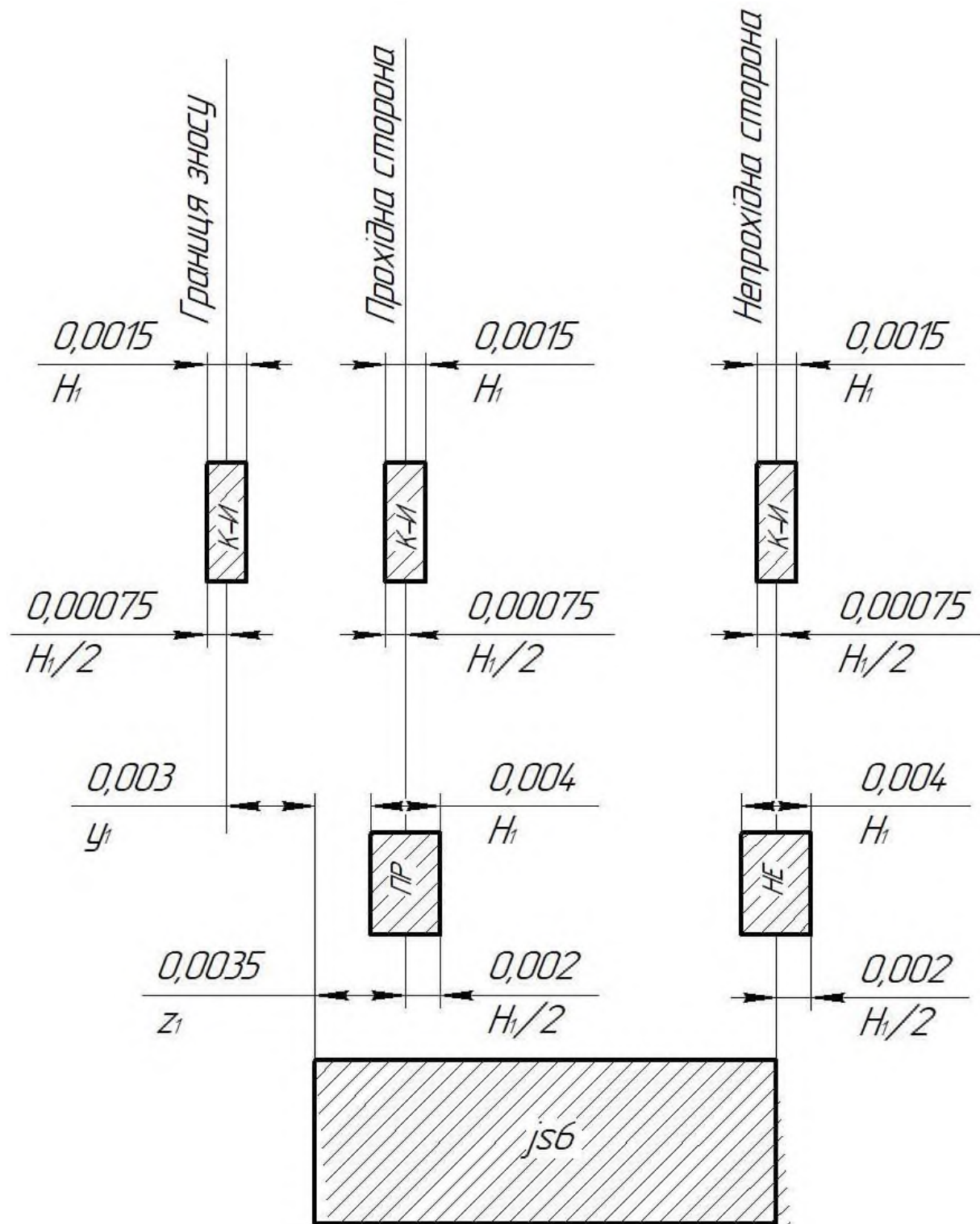


Рис.3.2. Схема полів допусків калібру

Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4267ст3.12.КРБ.04.03.ПЗ

Арк.

45

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ				
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Молочнев В.Ю.							
Перевірів		Галинкін Ю.М.							
Консул.		Познанський АС							
Н.контр.		Боду С.Ж.							
Затвердив		Ткач М.Р.							
Охорона праці та навколишнього середовища					Літ			Арк.	Аркушів
					КРБ			46	13
					НУК				

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Вступ

Безпека на робочому місці передбачає створення таких умов, за яких працівники не піддаються впливу небезпечних або шкідливих факторів виробничого середовища. Небезпечні чинники можуть спричинити травми або раптове погіршення стану здоров'я, тоді як шкідливі фактори здатні викликати хронічні захворювання або знизити працездатність людини.

Техніка безпеки включає комплекс організаційних заходів і використання спеціальних технічних засобів, які допомагають уникнути контакту працівників із небезпечними виробничими факторами. Водночас виробнича санітарія спрямована на мінімізацію або повне усунення впливу шкідливих факторів за допомогою відповідних організаційних і технічних рішень.

Охорона праці охоплює широкий спектр заходів, що включають законодавчі норми, соціально-економічні, організаційні, технічні, гігієнічні та медичні методи. Вона спрямована на забезпечення безпеки, збереження здоров'я та підтримання працездатності людей під час виконання ними своїх професійних обов'язків.

4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

На виробництві існує низка чинників, які можуть негативно впливати на здоров'я та безпеку працівників. Ці чинники класифікуються за чотирма основними групами: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Фізичні чинники поділяються на небезпечні та шкідливі. До *небезпечних* належать ті, що можуть спричинити травму або раптове погіршення стану. Це, наприклад, рухомі частини машин та механізмів, підйомно-транспортне обладнання, незахищені елементи устаткування (як-от приводні ремені чи ріжучі інструменти), відлітаючі частинки матеріалів, електричний струм, а також надмірно гарячі поверхні.

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Шкідливі фізичні чинники впливають на організм поступово, спричиняючи захворювання або зниження працездатності. До них відносяться: екстремальні температури повітря (як високі, так і низькі), надмірна вологість, сильний рух повітря, високий рівень шуму, вібрації, ультразвуку, а також різні види випромінювань (теплові, іонізуючі, електромагнітні тощо). Також до цієї категорії входять запиленість та загазованість повітря, недостатнє освітлення робочих місць, проходів, а також надмірна яскравість світла чи його пульсація.

Хімічні чинники також можуть бути як небезпечними, так і шкідливими. За характером впливу на людину їх поділяють на: загальнотоксичні (отрують весь організм), подразнюючі (спричиняють запалення), сенсibiliзуючі (викликають алергію), канцерогенні (сприяють розвитку раку) та мутагенні (впливають на спадковість). До цієї групи належать пари та гази (наприклад, бензолу, чадного газу, сірчистого ангідриду), аерозолі металів (як-от свинець) та токсичний пил, що утворюється під час обробки певних матеріалів. Агресивні рідини, такі як кислоти та луги, також є небезпечними, оскільки можуть спричинити хімічні опіки.

Біологічні чинники включають мікроорганізми (бактерії, віруси) та макроорганізми (рослини, тварини), контакт з якими може призвести до травм або захворювань.

Психофізіологічні чинники пов'язані з надмірним навантаженням на організм. Це можуть бути фізичні перевантаження (як статичні, так і динамічні) та нервово-психічні перевантаження, що виникають через розумове напруження або перенапруження органів чуття (слуху, зору).

Важливо розуміти, що шкідливі та небезпечні чинники часто взаємопов'язані. Наприклад, висока вологість та наявність струмопровідного пилу (шкідливі фактори) можуть значно підвищити ризик ураження електричним струмом (небезпечний фактор).

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для захисту працівників встановлені *гранично допустимі рівні* впливу шкідливих виробничих чинників. Ці норми визначаються відповідними стандартами та санітарними правилами. Гранично допустиме значення – це максимальний рівень шкідливого чинника, який при щоденній роботі протягом усього трудового стажу не призводить до зниження працездатності, захворювань як під час роботи, так і в майбутньому, а також не шкодить здоров'ю майбутніх поколінь.

Нещасні випадки на виробництві – це завжди трагедія, яка має свої причини. Щоб ефективно запобігати їм, важливо розуміти, звідки вони беруться. Умовно всі причини можна поділити на три великі групи:

1. Технічні причини:

Ця категорія охоплює все, що стосується безпосередньо обладнання та технологій. Якщо машина має конструктивні недоліки, верстат несправний, а транспортна система не відповідає стандартам безпеки – це прямий шлях до біди. Сюди ж відносяться застарілі або недосконалі технологічні процеси, а також відсутність чи несправність захисних пристроїв, таких як огорожі. Простіше кажучи, якщо інструмент або система, з якою працює людина, небезпечна сама по собі, ризик нещасного випадку значно зростає.

2. Організаційні причини:

Навіть найсучасніше обладнання не врятує, якщо порушується технологічний процес, робоче місце організовано неправильно, а обладнання розміщено хаотично. Використання невідповідних інструментів, відсутність або низька якість засобів індивідуального захисту (наприклад, неякісні рукавички чи каски) – все це також організаційні прорахунки. Величезне значення має і кваліфікація персоналу: залучення до роботи неспеціалістів, відсутність належного керівництва та нагляду з боку інженерно-технічного персоналу, а також недостатнє навчання працівників безпечним прийомам праці – це прямі порушення, що призводять до нещасних випадків. Сюди ж відноситься і свідоме застосування небезпечних прийомів роботи та ігнорування вимог охорони праці.

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Санітарно-гігієнічні причини:

Ця група стосується умов, в яких працює людина. Ненормальні метеорологічні умови (екстремальні температури, висока вологість, протяги), погане освітлення, забруднене повітря (шкідливі пари, гази, пил), надмірний шум і вібрація, а також шкідливі випромінювання (радіоактивні, електромагнітні) – все це негативно впливає на здоров'я та концентрацію працівників, збільшуючи ризик нещасних випадків. Крім того, порушення правил особистої гігієни, антисанітарний стан виробничих та побутових приміщень, а також відсутність або незадовільний медичний нагляд також можуть стати причиною травм та захворювань на виробництві.

Розуміння цих трьох груп причин є ключовим для розробки ефективних програм з охорони праці та створення безпечного робочого середовища.

Шум

та

вібрація

Шум на виробництві – це не просто неприємність, а серйозна загроза для здоров'я працівників та ефективності виробництва. Інтенсивний шум негативно впливає на слух, нервову, серцево-судинну та інші системи організму, призводить до зниження продуктивності праці, збільшення браку та ризику травматизму. Фізіологічний вплив шуму залежить від його інтенсивності, частотного складу, тривалості дії та індивідуальних особливостей людини.

Для ефективного зниження виробничого шуму необхідний комплексний підхід, що включає:

1. *Усунення або ослаблення шуму в джерелі його виникнення:*

Це найбільш радикальний метод. Ідеально, якщо зниження шуму закладається ще на етапі проектування обладнання. Досвід показує, що модернізація вже експлуатованих машин менш ефективна.

2. *Зниження шуму на шляху його розповсюдження:*

Цей метод включає використання звукопоглинаючих матеріалів, акустичних екранів та ізольованих приміщень.

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. *Застосування індивідуальних засобів захисту:* Навушники, беруші та інші засоби захисту є обов'язковими, коли інші методи не забезпечують достатнього зниження шуму.

У машинобудуванні основними джерелами шуму та вібрації є:

- *Металорізальні верстати:* Особливо великогабаритні токарські, револьверні, фрезерувальні, карусельні верстати, що працюють з твердими сплавами. Шум створюють приводи, електродвигуни та ріжучий інструмент.
- *Пневмосистеми:* Викид стисненого повітря в атмосферу є джерелом інтенсивного високочастотного шуму.

Практичні рішення для зниження шуму та вібрації:

- Для металорізальних верстатів:
 - o *Оптимізація режимів різання:* Застосування менш інтенсивних режимів може значно знизити шум.
 - o *Акустична ізоляція:* Розміщення верстатів в ізольованих приміщеннях зі звукопоглинаючими стелями та стінами.
 - o *Захисні огорожі:* Обладнання верстатів огорожами з шумопоглинаючим покриттям внутрішньої поверхні.
 - o *Акустичні екрани:* Використання екранів для відокремлення робочих місць.
 - o *Облицювання цеху:* Облицювання стелі та стін цеху звукопоглинаючими матеріалами. Існують порівняно дешеві та ефективні облицювання для металообробних цехів.
- Для пневмосистем:
 - o *Зниження тиску повітряного струменя:* Зменшення тиску призводить до зниження швидкості витікання та значного зниження звукової потужності.

- *Усунення витоків стисненого повітря:* Систематичне усунення витоків службою механіка є важливим кроком у боротьбі з шумом.

Вимірювання показують, що рівні шуму в механічних цехах часто перевищують допустимі санітарні норми (90-100 дБ). Однак, сьогодні існують реальні можливості для зниження шуму до безпечних рівнів. Впровадження організаційно-планувальних рішень, використання сучасних звукопоглинаючих матеріалів та технологій, а також постійний контроль за станом обладнання дозволять створити комфортні та безпечні умови праці, підвищити продуктивність та якість продукції

На сучасному виробництві, де технології розвиваються стрімкими темпами, питання безпеки праці набувають особливої актуальності. Серед найважливіших проблем, що потребують комплексного вирішення, є боротьба з вібрацією та забезпечення електробезпеки.

Вібрація

Вібраційна хвороба, що посідає друге місце серед професійних захворювань після пневмоконіозів, є серйозною загрозою для здоров'я працівників. Її профілактика починається з усунення джерел вібрації. Це досягається шляхом вдосконалення кінематичних схем та покращення роботи механізмів. Для окремих частин конструкцій застосовують пружну підвіску, амортизацію та ізоляцію опор. Ефективним методом є також ізоляція фундаменту, що запобігає передачі коливальних рухів до навколишнього ґрунту або від нього до фундаменту.

Якщо технічні заходи не дозволяють знизити рівень вібрації до встановлених норм, необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту. До них належать взуття на товстій підошві, що гасить вібрацію, та антивібраційні рукавиці.

Адміністрація підприємства, що експлуатує вібруючі інструменти та обладнання, зобов'язана забезпечити дотримання санітарних норм та наступних вимог:

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- До експлуатації допускаються лише справні машини.
- Працівники, що піддаються впливу вібрації, повинні проходити попередній та періодичні медичні огляди не рідше одного разу на рік.
- Працівники повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту від вібрації та шуму.

Електробезпека: захист від небезпечного струму

Метою забезпечення електробезпеки на будь-якому виробництві є обмеження впливу небезпечних факторів електричного струму, електричної дуги та електромагнітних випромінювань на персонал, обладнання та споруди.

Електробезпека досягається шляхом:

- Захисту персоналу та обладнання від струмів наведення та статичної електрики.
- Захисту персоналу від грозових розрядів.
- Виключення можливості потрапляння електричної напруги на зовнішні металеві частини виробів.

Електробезпека забезпечується:

- Конструкцією електропристроїв та установок.
- Технічними засобами та засобами їх захисту.
- Організаційними та технічними заходами, що регламентуються відповідними правилами та стандартами.

Технічні способи та засоби захисту, що забезпечують електробезпеку, повинні бути встановлені з урахуванням:

- Номінальної напруги, роду та частоти струму електричної установки.
- Способу електрозабезпечення та режиму нейтралі джерела живлення.
- Виду виконання (стаціонарні, пересувні, переносні).
- Умов зовнішнього середовища (особливо небезпечні приміщення, підвищеної небезпеки, без підвищеної небезпеки, на

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відкритому повітрі);

- Можливостей зняття напруги з струмоведучих частин.
- Характеру можливого дотику людини до елементів ланцюга струму.
- Можливостей наближення до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, або потрапляння в зону розтікання струму.
- Видів роботи (експлуатація, монтаж, налагодження, випробування).

Електричні пристрої та вироби повинні бути належним чином заземлені відповідно до вимог державних стандартів, а опори ізоляції електричних мереж та пристроїв повинні відповідати встановленим нормам. Це комплексний підхід, що охоплює як інженерно-технічні рішення, так і організаційні заходи, спрямовані на мінімізацію ризиків та забезпечення безпечного робочого середовища.

Важливо розуміти, що боротьба з вібрацією та забезпечення електробезпеки – це не просто формальні вимоги, а необхідні умови для збереження здоров'я працівників, запобігання аварійним ситуаціям та забезпечення стабільної роботи підприємства. Постійне вдосконалення технологій, підвищення кваліфікації персоналу та суворе дотримання правил безпеки є ключовими факторами у досягненні цих цілей. Інвестиції в безпеку – це інвестиції в майбутнє, що гарантують як людське благополуччя, так і економічну ефективність виробничих процесів.

На будь-якому об'єкті, особливо там, де є ризик виникнення пожеж чи вибухів, ключовим є комплексний підхід до безпеки. Це стосується як запобігання небезпечним ситуаціям, так і створення комфортних умов для працівників. Розглянемо основні аспекти вибухобезпеки та організації мікроклімату.

Вибухобезпека об'єкта: Запобігання та захист

Щоб об'єкт був вибухобезпечним, необхідно діяти за кількома напрямками:

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. *Усунення джерел небезпеки:* Найкращий спосіб – це повністю виключити можливість виникнення іскор, відкритого вогню чи інших джерел, які можуть спричинити загоряння або вибух.

2. *Контроль середовища:* Важливо не допустити утворення небезпечних концентрацій вибухо- та пожежонебезпечних речовин у повітрі.

3. *Мінімізація ризиків:* Використовувати на об'єкті лише ті матеріали та засоби, які є мінімально пожежонебезпечними.

4. *Системний захист:* Впровадити комплексний протипожежний та противибуховий захист, що відповідає державним стандартам (ГОСТ 12.1.004-85, ГОСТ 12.1.010-84).

Цей захист складається з двох основних частин:

- *Пасивний захист:* Це заходи, спрямовані на запобігання виникненню пожеж та вибухів, а також на обмеження їх поширення.

Сюди входить:

- Запобігання загорянням, пожежам та вибухам.
- Обмеження поширення полум'я та диму з аварійного приміщення, а також запобігання їх проникненню в сусідні приміщення.
- Забезпечення безпечних шляхів евакуації для персоналу.
- Пасивний захист реалізується через правильне планування приміщень, використання вогнестійких матеріалів та конструкцій, герметичність вибухо- та пожежонебезпечних приміщень, а також застосування спеціального електрообладнання.

- *Активний захист:* Це системи, які реагують на вже виниклу небезпеку. До них належать:

- Системи контролю та пожежна сигналізація, що виявляють пожежу на ранніх стадіях.

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Стаціонарні системи пожежогасіння, які автоматично або вручну ліквідують пожежу.
- Активна безпека забезпечується технічними засобами, що виявляють пожежу та автоматично сигналізують про неї, а також системами, що локалізують та ліквідують пожежі на будь-якій стадії, навіть ті, що викликані зовнішніми факторами.

Організація мікроклімату на робочих місцях

Комфортний мікроклімат на робочих місцях є запорукою здоров'я та високої працездатності працівників. Його організація регулюється стандартами ГОСТ 12.1.005-88 та СНіП 2.2.4.548-96. Головна мета – підтримувати тепловий баланс людини з навколишнім середовищем, забезпечуючи оптимальний або допустимий тепловий стан організму.

Ключові показники мікроклімату:

- Температура повітря
- Температура поверхонь
- Відносна вологість
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання.

Ці параметри визначаються залежно від типу роботи та мають на меті створити умови, за яких людина почуватиметься комфортно протягом усієї робочої зміни, її організм не зазнаватиме зайвого навантаження для підтримки температури, а працездатність буде на високому рівні.

Контроль за дотриманням цих норм проводиться у певні періоди року. Взимку вимірювання здійснюються в дні, коли температура на вулиці не надто відрізняється від середньої зимової. Влітку – коли зовнішня температура близька до середньої максимальної літньої. Частота вимірювань залежить від стабільності виробничих процесів та роботи систем вентиляції й опалення.

При виборі місць та часу для вимірювань враховуються всі фактори, що впливають на мікроклімат: від фаз виробничого процесу до роботи систем опалення та вентиляції. Зазвичай, вимірювання проводяться тричі за зміну: на

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

початку, в середині та наприкінці. Якщо ж показники мікроклімату значно коливаються через технологічні особливості, проводяться додаткові вимірювання в моменти найбільшого та найменшого теплового впливу на працівника.

Вимірювання проводяться безпосередньо на робочих місцях. Якщо робоче місце охоплює кілька зон, вимірювання здійснюються в кожній з них.

Для підтримки належних умов мікроклімату застосовуються різні методи: від механізації та автоматизації процесів до встановлення систем вентиляції, кондиціонування та опалення. Важливу роль відіграє також правильне планування робочого часу та відпочинку для працівників, які працюють в умовах підвищеної температури.

4.2.Безпека праці на виробництві з верстатами ЧПК

Сучасне виробництво з використанням верстатів з ЧПК вимагає особливої уваги до питань охорони праці та екологічної безпеки. Хоча ці машини значно підвищують ефективність, їх експлуатація пов'язана з певними ризиками, особливо під час обслуговування та ремонту.

Безпека праці: ключові аспекти

Для мінімізації травматизму, який найчастіше трапляється при ремонті та обслуговуванні верстатів, необхідно чітко регламентувати робочий процес. Важливо виділяти спеціальний час для таких операцій, як зміна інструментів, регулювання, налагодження, змащування, чищення та дрібний ремонт. Всі ці роботи повинні виконуватися виключно на знеструмленому обладнанні.

Планування виробничих ділянок з верстатами ЧПК має забезпечувати зручний та безпечний доступ персоналу до всього обладнання – як основного, так і допоміжного. Якщо на ділянці використовуються маніпулятори, що створюють роботизований технологічний комплекс, його необхідно надійно захистити та позначити сигнальними кольорами та знаками безпеки згідно з ГОСТ 12.4.026-76. При цьому конструкція огорожі не повинна перешкоджати візуальному контролю оператором за роботою верстата.

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення безпечних умов праці застосовуються різноманітні технічні засоби: захисні, запобіжні, блокуючі, сигналізуючі та інші. Перед початком роботи оператор зобов'язаний переконатися у відсутності сторонніх предметів, інструментів та приладів на робочому місці. Лише після усунення всіх відзначених недоліків та переконавшись у справності основного та допоміжного обладнання, а також засобів безпеки, можна приступати до роботи.

4.3. Охорона навколишнього середовища

Підвищення екологічності виробництва та економне використання ресурсів є пріоритетними завданнями. Це досягається шляхом вилучення цінних матеріалів з відходів виробництва. У багатьох випадках це економічно виправдано, і розробляються цілі виробничі схеми для отримання вторинної сировини.

Ефективне управління металевими відходами, особливо кольоровими металами, стикається з низкою викликів. Недостатня організація процесу збору призводить до значних втрат цінної сировини. Підприємства, що спеціалізуються на переробці, такі як "Вторкольормет", стикаються зі складними технологічними процесами. Найбільш поширеними видами брухту є алюмінієвий, свинцевий, мідний та цинковий. Переробка цих матеріалів вимагає значних інвестицій у дороге обладнання, оскільки кольорові метали часто присутні у вигляді сплавів, що ускладнює їх виділення в чистому вигляді.

Особливу екологічну небезпеку становлять відходи машинобудівної галузі, зокрема, ті, що утворюються на гальванічних виробництвах. Ці відходи можна класифікувати за джерелами їх походження:

- **Використані технологічні розчини:** Це охоплює широкий спектр рідин, включаючи електроліти для нанесення покриттів, розчини для їх зняття, а також лужні та кислі розчини для травлення.
- **Промислові стічні води:** Вода, що використовується для промивання деталей та обладнання на різних етапах виробництва.

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- **Гальванічні шлами:** Тверді відходи, що утворюються в процесі гальванічних робіт.

Для зменшення негативного впливу на довкілля та оптимізації використання ресурсів, відпрацьовані електроліти, що містять кольорові метали, підлягають регенерації. Цей процес дозволяє відновити їх робочі властивості для повторного використання, а також вилучити цінні метали.

Щодо очищення та регенерації електролітів, то передбачається їх коригування кожні три місяці. Повна заміна електролітів проводиться значно рідше – один раз на два роки, що свідчить про ефективність застосовуваних методів.

					4267ст3.12.КРБ.04.04.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В кваліфікаційній роботі бакалавра на тему «Проектування технології виготовлення втулки шліцевої ($m = 2,5$ мм; $z = 36$)» виконана згідно до вимог ЄСТД та ЄСКД. В ній надано опис призначення деталі та характеристика матеріалу, з якого вона виготовлена, зроблено аналіз її технологічності, вибір та обґрунтування типу виробництва, розроблено технологічний процес виготовлення деталі.

Втулка шліцева - деталь варіатора, що передає крутний момент.

Матеріал деталі - сталь 40ХН2МА. Сталь 40ХН2МА відноситься до високоякісних, на що вказує в кінці марки літера «А». Сталь відноситься до середньо вуглецевих, здобуває високі механічні властивості після термічного поліпшення-загартування (в олії) і високого відпуску ($550-700^{\circ}\text{C}$).

Задані кресленням допуски, що обмежують відхилення геометричних параметрів поверхні деталі, встановлюються відповідно до Єдиної Системи Допусків і Посадок (ЕСДП).

В кваліфікаційній роботі наведені розрахунки спеціальних пристосувань та ріжучого і вимірювального інструментів: свердлувального пристосування для обробки отворів та нарізання різьби, довб'як хвостовий, калібр-скоба. Зроблено аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів при механічній обробці деталі. Розглянуті метеорологічні умови на ділянці, безпека праці на виробництві з верстатами з ЧПК. Наведені заходи з охорони праці та навколишнього середовища на ділянці.

						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ЛІТЕРАТУРА

1. Практикум з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей машин». – Навч. пос. / С.М.Соловйов, М.М.Івахненко, О.П.Шумілов, В.О.Бобошко, О.О.Козленко. – Під заг.ред.проф.С.М.Соловйова. – Миколаїв: НУК, 2006. – 172 с.
2. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник. – Львів, Світ, 1996. – 368 с.
3. 2.Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування: Навчальний посібник для студентів вищих технічних навчальних закладів. – Львів, Магнолія, 2007. – 567 с.
4. 3.Довідник техноога-машинобудівника . В 2-х т./Під заг.ред. А.Г.Косілової та Р.К.Мещерякова. – 5 вид., перероб. І доп. – Київ, Техніка, 1990.
5. Зенкін А.С. Допуски і посадки в машинобудуванні. – 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. 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.
8. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник для машинобудівних спеціальностей вузів. – Київ, Вища школа, 1993. – 414 с.
9. Яковенко І.Е., Пермяков О.А., Фесенко А.В. Технологічні основи машинобудування: Навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування». – Харків, НТУ «ХПУ», 2022. – 421 с.

						Арк.
Ізм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61