

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

(бакалавр/магістр)

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код та назва)

освітньо-професійної програми «Технології машинобудування»

(освітньо-професійної/освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення маточини шляхом

застосування алмазного інструменту з метою підвищення якості оброблених

поверхонь.

Здобувача (ки) групи ТМ.м-21

(шифр групи)

Медведєв Богдан Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Богдан МЕДВЕДЄВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівники доцент, канд. техн. наук, доцент Сергій НЕКРАСОВ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант

з питань

охорони праці ст. викладач, канд. техн. наук Віра ФАЛЬКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Нормоконтролер доцент, канд. техн. наук, доцент Олександр ІВЧЕНКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2023

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет	<i>TeSET</i>
Кафедра	<i>технології машинобудування, верстатів та інструментів</i>
Освітньо-науковий рівень	<i>другий (магістерський)</i> (назва)
Спеціальність	<i>131 «Прикладна механіка»</i> (шифр і назва)
Освітня програма	<i>«Технології машинобудування»</i> (назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«___» _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) ЗДОБУВАЧА

Медведєв Богдан Вадимович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) *Удосконалення технологічного процесу виготовлення маточини шляхом застосування алмазного інструменту з метою підвищення якості оброблених поверхонь*

керівник проєкту *Некрасов Сергій Сергійович, канд. техн. наук, доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від *04.12.2023* року № *1401-VI*

2. Строк подання студентом роботи (проєкту) *15.12.2023* року

3. Вихідні дані до роботи (проєкту) _____

3.1 Робоче креслення деталі маточина».

3.2 Річний обсяг випуску деталей – 150 шт.

3.3 Базовий технологічний процес виготовлення маточина.

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

4.1 Технологічна частина

4.2 Конструкторська частина

4.3 Науково-дослідницька частина

4.4 Організаційна частина

4.5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення деталі

5.2 Креслення заготовки

5.3 Графіки порівняння твердосплавного та алмазного різців

6. Інша конструкторська та технологічна документація

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Фалько В.В., старший викладач</i>		

6. Дата видачі завдання «___» _____ 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	<i>Технологічна частина</i>	<i>30.11.2023</i>	
2	<i>Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>05.12.2023</i>	
3	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>07.12.2023</i>	
4	<i>Оформлення креслень та презентації</i>	<i>15.12.2023</i>	

Здобувач

_____ (підпис)

Богдан Медведєв

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівники роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Сергій Некрасов

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Записка: 67 с., 9 рис., 26 табл., 32 джерел

Деталь маточина є основною деталлю конструкції переднього колеса трактора МТЗ і через підшипники обертається на осі колеса. Вона відноситься до класу "деталь обертання", виготовлена із сірого чавуну СЧ15. До зовнішньої сторони маточини кріпиться колеса автомобіля, а у внутрішню частину вставляється вісь маточини з підшипниками.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є удосконалення технологічного процесу виготовлення маточини шляхом застосування алмазного інструменту з метою підвищення якості оброблених поверхонь

Об'єкт дослідження – технологічний процес виготовлення деталі Маточина, розточна операція.

Предмет дослідження – процес обробки на розточній операції, алмазний інструмент.

**ВЕРСТАТ, МАТОЧИНА, РІЗЕЦЬ, АЛМАЗНИЙ ІНСТРУМЕНТ,
ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ**

ABSTRACT

Note: 67 pp., 9 figures, 26 tables, 32 sources

The hub part is the main part of the design of the front wheel of the MTZ tractor and rotates on the wheel axis through bearings. It belongs to the "turning part" class, made of gray cast iron GSI15. Car wheels are attached to the outside of the hub, and the hub axle with bearings is inserted into the inner part.

The purpose and objectives of the study. The purpose of the research is to improve the technological process of manufacturing the hub by using a diamond tool in order to improve the quality of the treated surfaces

The object of the study is the technological process of manufacturing the Hub part, the boring operation.

The subject of the study is the process of processing in a boring operation, a diamond tool.

MACHINE, HUB, CUTTER, DIAMOND TOOL, QUALITY INCREASE

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. Технологічна частина.....	6
1.1. Призначення деталі в складальній одиниці, аналіз технічних вимог на деталь.....	6
1.2. Розрахунок такту випуску	7
1.3. Якісна оцінка технологічності конструкції деталі	8
1.4. Вибір методу одержання заготовки	12
1.5. Розробка маршруту обробки основних поверхонь деталі	12
1.6. Вибір технологічних баз.....	14
1.7. Вибір технологічного обладнання	17
1.8. Визначення міжопераційних припусків	18
1.9. Розрахунок режимів різання.....	20
1.10. Розрахунок технічної норми часу	24
2. Конструкторська частина.....	29
2.1. Проектування верстатного затискного пристрою	29
2.1.1 Опис роботи електроприводу	29
2.1.2 Опис роботи 3-х кулачкового патрона	30
2.1.3 Розрахунок похибки базування.....	31
2.1.4 Розрахунок затискного механізму пристосування	31
2.1.5 Розрахунок зусилля затискача	33
2.1.6 Розрахунок електромеханічного приводу	33
2.2. Проектування контрольного пристрою	34
2.2.1 Опис та принцип роботи контрольного пристрою	34
2.2.2 Опис пристрою індикатора	35
2.2.3 Розрахунок контрольного пристрою на точність.....	36
2.3. Засоби автоматизації.....	37
3. Науково-дослідницька частина.....	39
3.1. Аналіз питання підвищення якості деталей шляхом застосування алмазних пластин	39
3.2. Міцність алмазних ріжучих пластин	39
3.3. Тепловий режим різання.....	41
3.4. Дослідження впливу різних факторів на якісні показники	42
3.4.1 Аналіз шорсткості оброблюваної поверхні.....	42
3.4.2 Дослідження мікротвердості оброблюваної поверхні.....	43

3.4.3 Аналіз кількості залишкового аустеніту при точінні	43
3.4.4 Дослідження показника точіння	44
4. Організаційна частина.....	45
4.1. Визначення такту, ритму та темпу виробництва	45
4.2 Визначення необхідної кількості обладнання (робочих місць)	46
4.3. Визначення коефіцієнта завантаження обладнання, використання обладнання та часу роботи для виконання змінного завдання	47
4.4. Визначення складу працюючих на потоковій лінії.....	48
4.4.1. Визначення числа основних робітників-верстатників.....	48
4.4.2. Визначення числа робітників-ремонтників.....	49
4.4.3. Визначення керівників та спеціалістів	49
4.5. Розрахунок площі ділянки.....	49
Висновок.....	50
Перелік джерел посилань.....	51
Додаток А.....	54
Додаток Б.....	55
Додаток В.....	56
Додаток Г.....	57
Додаток Д.....	58

ВСТУП

Основною вимогою до результатів діяльності сучасної промисловості є підвищення якості продукції та продуктивності праці, що в основному визначається технологією виробництва та ступенем застосування в ній новітніх прогресивних методів обробки деталей обладнання та засобів оснащення, контролю та автоматизації.

Основні напрямки розвитку машинобудування пов'язані із застосуванням:

- Потокового методу виробництва;
- механізації та автоматизації виробництва;
- Концентрації операцій;
- малоопераційної та маловідходної технології, роботизації та повної автоматизації технологічних процесів обробки та контролю якості деталей; сучасних та прогресивних методів обробки, складання та транспортування деталей та виробів;
- нових високопродуктивних багатопшпіндельних, багатопозиційних, багатомісних та інших видів верстатів, завантажувально-розвантажувальних пристроїв та контрольних автоматів;
- напружених режимів різання, високоміцних та економічних матеріалів та конструкцій різальних інструментів;
- високоточних, продуктивних, неруйнівних та автоматизованих методів контролю якості деталей та виробів.

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1. Призначення деталі в складальній одиниці, аналіз технічних вимог на деталь

Ця маточина є основною деталлю конструкції переднього колеса трактора МТЗ і через підшипники обертається на осі колеса. Вона відноситься до класу "деталь обертання", виготовлена із сірого чавуну СЧ15. До зовнішньої сторони маточини кріпиться колеса автомобіля, а у внутрішню частину вставляється вісь маточини з підшипниками.

Маточина має 4 ступені зменшення діаметрів зовні та 4 ступені всередині (рис. 1.1), чистота обробки більшості поверхонь маточини 5 мкм, а підшипникових діаметрів Ø62P7 та Ø72P7 мм - чистота обробки 0,8 мкм. Основною високою вимогою до деталі пред'являється радіальні биття торцевих поверхонь щодо підшипникових діаметрів – 25 мкм. Для контролю цього параметра використовується індикатор, контролю діаметрів використовуються калібровані пробки.

З погляду механічної обробки деталь виготовляється досить просто без особливих труднощів. Вона досить технологічна, тому допускає застосування високопродуктивних методів та режимів обробки, має досить добрі базові поверхні.

Хімічний склад та механічні властивості матеріалу наведені в таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1. Хімічний склад

Матеріал	Масовий вміст елементів, %					
	Вуглець	Кремній	Марганець	Хром, не більше	Сірка, не більше	Фосфор, не більше
СЧ 15 ДСТУ 8833:201 9	3,0-3,5	0,17-0,37	0,2-0,6	0,25	0,04	0,035

Таблиця 1.2. Механічні властивості

Матеріал	σв, МПа	σт, МПа	δ, %	Ψ, %	КСУ, кДж/м ²	НВ
СЧ 15 ДСТУ 8833:2019	1000	800	23	50	60	170

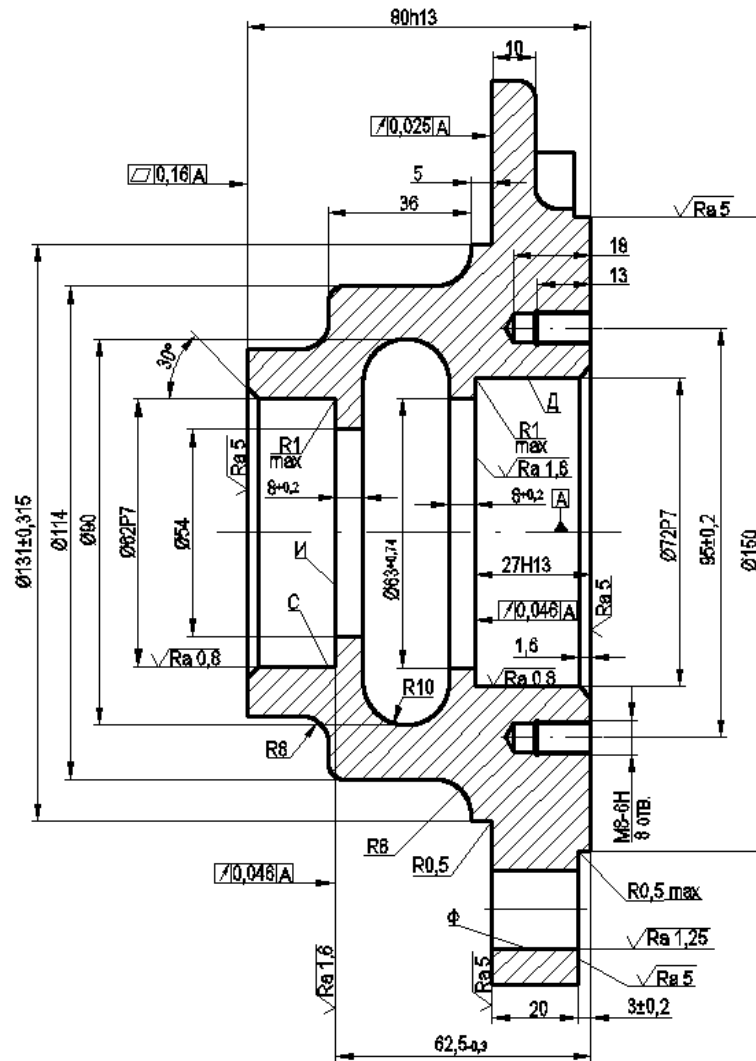


Рисунок. 1.1 - Ескіз деталі

Деталь не має складних для обробки поверхонь, тому може бути опрацьована на універсальному обладнанні з використанням стандартного інструменту.

1.2. Розрахунок такту випуску

Тип виробництва згідно з ДСТУ 2974-95 характеризується коефіцієнтом закріплення операції за одним робочим місцем чи одиницею обладнання. Тип виробництва визначається коефіцієнтом:

$$K_{з.о.} = Q / P_M \quad (1.1)$$

Де Q – число різних операцій;

P_M - кількість робочих місць, у яких виконуються дані операції.

Так як на даному етапі розрахунку невідомі вищезазначені показники для розрахунку, то для попереднього визначення типу виробництва можна

використовувати річний обсяг та масу деталі.

Таблиця 1.3

Маса деталі, кг	Тип виробництва				
	Одиничн е	Дрібносерій не	Середньосерій не	Великосері йне	Масове
<1,0	<10	10-2000	2000-75000	75000-200000	>200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	>100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	>75000
5,0-10,0	<10	10-300	300-25000	25000-50000	>50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	>25000

Так як маса деталі 6,1 кг, а річна програма випуску 150 шт., Тип виробництва дрібносерійний.

Дрібносерійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються партіями, що періодично повторюються, і порівняно більшим обсягом випуску, ніж у одиничному виробництві. У дрібносерійному виробництві на відміну масового і великосерійного технологічний процес виготовлення виробу переважно сконцентрований, тобто. однакові види обробок виконуються одному обладнанні і одному робочому місці.

Такт випуску:

$$\tau = 60 * F_g * K / N \quad (1.2)$$

Де F_g - ефективний річний фонд робочого часу обладнання за заданої кількості робочих змін, год.

N – річна програма випуску, шт.

K – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання 0,8-0,95.

$$\tau = 60 * 2,2 * 0,9 / 150 = 0,8 \text{ хв.}$$

1.3. Якісна оцінка технологічності конструкції деталі

При конструкції окремих деталей необхідно досягти задоволення не тільки експлуатаційних вимог, а також вимог найбільш раціонального та економічного

виконання виробу. Технологічною вважається така конструкція деталі, яка дозволяє виготовляти деталь найбільш раціональним та економічним способом. Основними критеріями технологічності є трудомісткість та собівартість виготовлення деталей.

Чим менша трудомісткість виготовлення деталі та собівартість, тим більше економічність.

Таблиця 1.4 Аналіз технологічності деталі "Маточина"

Показники технологічності	Вимога технологічності	Аналіз ТКД з креслення	Висновок щодо технологічності
1. Оброблювані поверхні	Повинні бути взаємно паралельними або взаємно перпендикулярними	Поверхні взаємно паралельні або взаємно перпендикулярні	T
2. Оброблювані поверхні	Повинні бути наскрізними без Внутрішніх канавок та виточок	Наскрізні отвори відсутні	T
3. Відстань між осями отворів	Повинні бути не менше 25 мм, що дозволяє застосовувати багатопшпіндельні свердлильні верстати	Відсутнє	T
4. Довжина різбових поверхонь	Має бути не більше двох номінальних діаметрів різблення	Відсутнє	T
5. Розташування пазів	Повинні бути доступні для обробки на металорізальних верстатах	Відсутнє	T
6. Наявність обробки по місцю	Обробка за місцем повинна відсутні в конструкції деталі	Відсутнє	T
7. Відповідність точності та шорсткості поверхні	Точні за розмірами поверхні повинні мати відповідні параметри шорсткості	Точні поверхні мають відповідні параметри шорсткості.	T
8. Розміри конструкторських баз	Повинні мати розміри за типовими правилами базування	Мають розміри за типовими правилами базування	T
9. Методи обробки	Конструкція деталі повинна бути такою, що при її виготовленні можна було застосовувати високопродуктивні методи обробки	Можливе застосування високопродуктивних методів обробки	T

Розраховуємо коефіцієнт технологічності деталі:

$$K_T = T/N, \quad (1.3)$$

Де Т - кількість показників ТКД, що відповідають вимогам технологічності.

N - загальна кількість аналізованих показників.

$$K_T = 9/9 = 1.$$

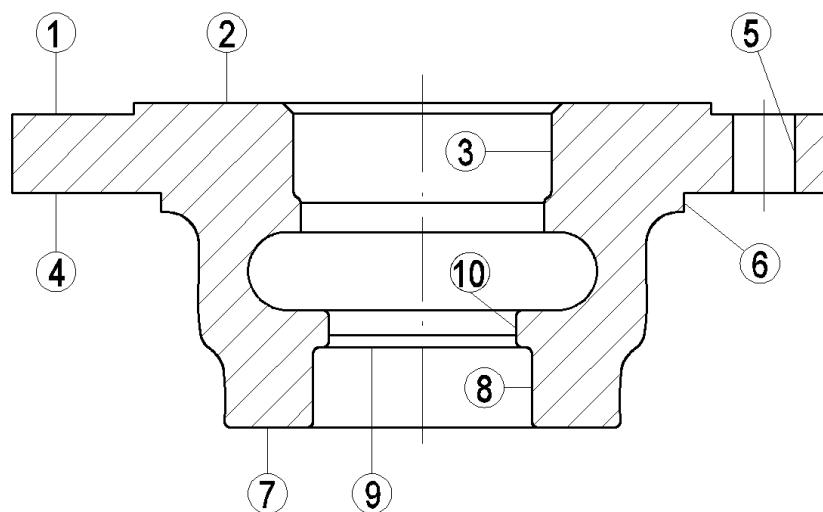


Рисунок. 1.2 - Ескіз деталі з позначенням поверхонь

Таблиця 1.5 Аналіз технологічності конструкції деталі за точними вимогами

№ поверхні	Найменування поверхні	Загальна кількість	Кількість поверхонь оброблених за такими кваліфікаціями точності								
			Висока точність				Середня точність		Вільний розмір		
			6	7	8	%	11	12	13	%	
6	Зовнішні циліндричні	1	-	-	-	-	-	-	-	1	100
3,5,8, 10	Внутрішні циліндричні	4	-	3	-	75	-	-	-	-	25
1,2,4, 7,9	Торцеві	5	-	-	-	-	-	1	-	4	80
Разом		9		3				1		5	

Висновок: квалітет точності 7 для поверхонь 3, 8 і 5 досягається зенкеруванням і тонким точінням для 3 і 8, а для поверхні 5 свердлінням, зенкеруванням і розгортанням. Для інших поверхонь квалітети точності 12 і 13 досягається чорновим та чистовим точінням.

Таблиця 1.6. Аналіз технологічності конструкції деталі за величиною параметрів шорсткості оброблюваних поверхонь

№ поверхні	Найменування поверхні	Загальна кількість	Кількість поверхонь оброблених за такими кваліфікаціями точності				
			10	5	1,6	1,25	0,8
6	Зовнішні циліндричні	1	-	1	-	-	-
3,5,8,10	Внутрішні циліндричні	4	-	1	-	1	2
1,2,4,7,9	Торцеві	5	-	4	1	-	-
Разом		9	-	6	1	1	2

Висновок: Шорсткість для поверхонь 3 і 8 досягається зенкеруванням і тонким точінням, а для поверхні 5 свердління, зенкерування та розгортанням. Шорсткості 5 і 1,6 мкм досягаються чорновим і чистовим точінням.

Таблиця 1.7. Аналіз технологічності конструкції деталі за відповідністю можливості виконання принципу сталості баз

№ поверхні	Найменування поверхонь використовуваних як бази	Для виконання технологічних операцій	Кількість використовуваних баз
1, 2, 4, 6, 7 b 10	Зовнішня поверхня (подвійна напрямна база) та торець (опорна база)	Чернове і чистове точіння	1
3 та 5	Зовнішня поверхня (подвійна напрямна база) та торець (опорна база)	Свердління, зенкерування та розгортання	1
3,8 та 9	Центрувальні отвори та торцева поверхня (подвійні напрямні та опорна бази)	Чистове та тонке розточування	1
Разом			3

Технологічність деталі задовольняє всі вимоги до виробу. Наведений вище аналіз показав, що деталь в цілому технологічна.

1.4. Вибір методу одержання заготовки

Заготовку маточини отримують литтям у піщано-глинисті форми. Для отримання виливки виготовляють верхню та нижню половини форми виливка. Моделі для виливки виготовляють із дерева. Спочатку формують робочий шар форми товщиною 20-40мм, який включає спеціальні рідкостійкі речовини. Потім набивають опоку піщано-глинистою сумішшю, утрамбовують. Потім вдавлюють верхню половину моделі у форму. Видалення моделей литників і прибутків роблять шляхом переміщення їх вгору, а верхню частину виштовхуванням вниз, таким самим способом роблять нижню частину форми. Потім з'єднують їх і заливають у ливарну форму розплавленим чавун при температурі 750-850°C, температура вибивання заготовки форми 200°C. Після цього проводиться термічне загартування:

- 1) Завантажують деталь в електропіч із температурою 530-540°C;
- 2) Витримують при цій температурі 1,0-1,5 години;
- 3) Охолоджують у воді за температури 50-60 °C;

Потім виробляють старіння:

- 1) Завантажують деталь у піч із температурою 150°C;
- 2) Витримують при цій температурі 2-2,5 години;
- 3) Охолоджують на повітрі;

Маса поковки: $M_{\text{пок}} = 7,5$ кг

$$\text{Коефіцієнт використання матеріалу: } K_{\text{ИМ}} = \frac{M_{\text{дет}}}{M_{\text{пок}}} = \frac{6,1}{7,5} = 0,81$$

1.5. Розробка маршруту обробки основних поверхонь деталі

Призначення методів обробки зробимо табличним методом.

Таблиця 1.8

№ поверхні	Вид поверхні	Квалітет точності	Величина шорсткості, Ra (мм)	Найменування методів обробки
1,2,4,7	Торець	h14	5	Точіння
5	Циліндрична	H7	1,25	Свердління, зенкерування, розгортання

6	Циліндрична	js13	5	Точіння
3,8	Циліндрична	P7	0,8	Розточування
9	Торець	h12	1,6	Точіння (підрізування)
10	Циліндрична	H14	5	Точіння

Таблиця 1.9

№ операції	найменування операції	Устаткування	Пристосування	Ріжучий інструмент	Засоби виміру
005	Токарна	Ток. напівавтомат мод. 1734	Налагодження 402.11223; Кулачки 402.12424	Різець 864-11; 25x20x150; Пластина 03111-120412 BK6 ДСТУ 19049:2008	Штангенциркуль ШІ ІІ-250-0,05-1 ДСТУ 13385-1:2018
010	Токарна	Ток. напівавтомат мод. 1734	Налагодження 402.11223; Кулачки 402.12424	Різець 864-11; 25x20x150; Пластина 03111-120412 BK6 ДСТУ 19049:2008	Штангенциркуль ШІ ІІ-250-0,05-1 ДСТУ 13385-1:2018
015	Свердлильна	Спец. свердл. верстат мод. АМ-7787	Пристрій 404-11898; Плита кондукторна 40411899	Свердло 397-0,8 Ø 6,8/10; Зенкер 747-21 Ø 71А4 BK8; Свердло 563-100 Ø 16 Зенкер 742-5030 Ø 17,7-0,035 BK8; Розгортка 728-5045 Ø 18Н9 BK6; Мітчик 85-12 М8Н12	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1-1 ДСТУ 13385-1:2018 Пробка ГМ8-7Н СТП 202.395-88; Пробка 71Н11 СТП 202.392-78; Пробка 18+0,035 СТП 202.392-78; Пробка різьблення. М8-7Н СТП202.565-85
020	Свердлильна	Спец. свердл. верстат мод. АМ-7787	Пристрій 404-11900; Плита кондукторна 40411901	Зенкер 747-20 Ø61 А4BK8; Зенкер 747-03 А Ø54,5Н11BK8; Свердло 397-08 Ø6,8/10; Мітчик 85-12 М8-Н2	Пробка 61Н11 СТП 202.392-78; Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1-1 ДСТУ 13385-1:2018 Пробка ГМ8-7Н СТП 202.395-88; Пробка 54Н14 СТП 202.392-78; Пробка різьблення. 2-1,25x470
025	Алмазно-розточувальна	Спец. розточ. верстат мод. ОС-4555	Налагодження РО-9137А	Різець 518-20 Ø16 x 50 BK3	Скоба 62,5-0,3 М20-8727; Нутромір НІ 50-100-1 ДСТУ 13385-1:2018; Пробка 62Р7 СТП 202.392-78; Пробка 72Р7 СТП 202.392-78
030	Токарна	Ток. багаторізцев	Пристрій 40212706;	Різець 529-09; 25x16x140 BK6	Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,05-1 ДСТУ 13385-1:2018

		ий ст. мод. 1Н713	Кулачки 402.12424		Скоба 132,315 h13 СТП 202.507-80
035	Слюсарна	Верстат №1910	-	Напильник Е 315 №1 ДСТУ 1465-80	-
040	Контрольн а	Стіл ВТК	-	-	Все вищезазначене

Операція 005. Токарна

Начорно точити торці 1 та 2 (рис. 1.2).

Операція 010. Токарна

Чорно точити поверхню 6.

Начорно точити торці 4 та 7.

Операція 015. Свердлильна

Зенкерувати поверхню 3.

Перехід 1. Свердлити відп. 5.

Перехід 2. Зенкерувати відп. 5.

Перехід 3. Розгортати відп. 5.

Перехід 1. Свердлити на поверхні 2 отвори.

Перехід 2. Нарізати різьблення у просвердлених отворах.

Операція 020. Свердлильна

Зенкерувати поверхню 8.

Перехід 1. Свердлити на поверхні 7 отвори.

Перехід 2. Нарізати різьблення у просвердлених отворах.

Операція 025. Алмазно-розточувальна

Начисто точити поверхні 3 та 8.

Операція 030

Начисто точити торці 1, 2 та 4.

Начисто точити поверхню 6.

1.6. Вибір технологічних баз

При обробці деталей на верстатах заготовки повинні бути правильно орієнтовані щодо основних поверхонь і вузлів верстата. Завдання взаємного

орієнтування деталей і складальних одиниць у машинах під час їх збирання і заготовок на верстатах під час виготовлення деталей вирішуються їх базуванням.

Базуванням називають надання заготовці або виробу необхідного положення щодо обраної системи координат. При механічній обробці заготовок на верстатах базуванням прийнято вважати надання заготовці необхідного положення щодо елементів верстата, певної траєкторії руху подачі обробного інструменту. Для підвищення точності виготовлення деталей, а, отже, і кращих експлуатаційних результатів, прагне щоб конструкторські, технологічні та вимірвальні бази являли собою одні й самі поверхні. У цьому полягає принцип єдності і поєднання баз. У процесі обробки деталі базових поверхонь використовують як необроблені чорнові поверхні, і оброблені чистові. Чорною базою можуть бути поверхні щодо яких при першій операції обробляються поверхні, що використовуються як бази при наступних операціях. Потрібно прагнути, щоб чорнова база використовувалася лише один раз для обробки чистових установочних баз. Як чорнові бази слід вибирати поверхні з найменшими припусками. Чистові бази слід вибирати, так що чистові настановні бази були конструкторськими, це виключає похибку базування. Чистові бази повинні мати найбільшу точність форми та розмірів та малу шорсткість. Подвійні напрямні бази повинні мати найбільшу стійкість при базуванні та забезпечувати найменшу деформацію заготовки від затискання та впливу сил різання.

Принципи сталості баз полягають у тому, що з виборі чистових баз необхідно прагнути до того що, щоб оброблені поверхні усім операціям здійснювалося з використанням тих самих настановних баз. Це диктується тим, кожна установка на нову технологічну базу незмінно призводить до появи додаткової похибки.

Таблиця 1.10 Операційні схеми базування

№ операції	Найменування обробки ро етапу технологічного процесу	Теоретична схема базування	Схема встановлення
005, 010	Формування торців попереднім точінням		
015, 020	Формування отворів свердлінням, зенкеруванням та розгортанням		
025, 030	Формування торців, зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь		

1.7. Вибір технологічного обладнання

Послідовність виконання операцій залежить від наступних факторів: конструктивної форми та розмірів деталі, розмірів виробничої програми, властивостей оброблюваного матеріалу, шорсткості та техпроцесу.

Вибраний верстат повинен забезпечувати виконання технічних вимог до деталі.

Потужність і жорсткість, кінематичні можливості верстата повинні дозволяти обробку на оптимальних режимах різання з найменшими витратами часу і собівартістю.

Виходячи з усіх вимог підбираємо верстати:

Свердлильний верстат мод. АМ-7787:

призначений для свердління та подальших обробок отворів;

Найменший і найбільший діаметр виробу, що обробляється - 20...90 мм;

найменша та найбільша довжина обробки - 100...200 мм;

кількість барабанів - 1;

кількість лещат для кріплення заготовок -6.

Свердлильна головка:

Межі чисел оборотів шпинделя - 250 ... 2410;

межі робочих подач – 20...300 мм/хв.

Токарний багаторізцевий ст. мод. 1Н713:

Найбільший діаметр обробки: на станині - 400 мм

над супортом - 250 мм;

найбільша довжина ходу переднього супорта - 250 мм;

найбільша відстань між центрами – 450 мм;

найбільша довжина робочого ходу заднього супорта – 135 мм;

найбільший робочий хід копіювального супорта - 510 мм;

межі чисел оборотів шпинделя - 125...1250 об/хв;

габарити - 2750 x 1050 x 2025 мм.

Силова головка ТЕМ23:

зенкерування та розгортання

$N_{\text{вд}} = 1,2 \dots 15$ кВт;

витрати потужності приводу насоса подачі - 1,7 кВт;

робочий хід - 400...630 мм;

максимальний діаметр зенкерування - 85 мм;

діапазон чисел оборотів шпинделя - 138...1119 об/хв;

діапазон подач - 0,7...1,5 мм/об;

діапазон швидкостей подач – 15...650 м/хв;

регулювання подач - безступінчасте;

швидкість ХХ – 6,5 м/хв;

зусилля подачі – 5000 кг;

орієнтовна вага - 1260...1760 кг

1.8. Визначення міжопераційних припусків

Визначення аналітичним методом операційних припусків та міжопераційних розмірів:

поверхня $\varnothing 62P7$:

Маршрут обробки:

1. Зенкерування;
2. Чистове точіння;
3. Точне точіння;

$$2Z_{\min i} = 2 * (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.4)$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході,

h_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході (вибілений або безвуглицевий шар),

ρ_{i-1} - сумарне просторове відхилення розташування обточеної поверхні щодо базових поверхонь,

ε_i – похибка установки заготовки на переході, що виконується:

де ε_6 – похибка базування;

Мінімальний припуск:

- під зенкерування:

$$2Z_{\min 1} = 2 * (200 + 250 + 1425) = 3750(\text{мкм});$$

- під чистове розточування:

$$2Z_{\min 2} = 2 * (50 + 50 + 96) = 392(\text{мкм});$$

- під тонке розточування:

$$2Z_{\min 3} = 2 * (30 + 30 + 64) = 248(\text{мкм}).$$

Визначення міжопераційних розмірів:

$$D_{\max} = 61,979 \text{ мкм}$$

$$D_{\min} = 61,949 \text{ мкм}$$

а. Визначення розмірів під тонке розточування:

$$D_{\max i-1} = D_{\max i} - 2Z_{\min i} = 61,979 - 0,248 = 61,742 \text{ мм}$$

$$D_{\min i} = D_{\max i-1} - T_{d_{i-1}} = 61,742 - 0,05 = 61,692 \text{ мм}$$

б. Визначення розмірів під чистове розточування:

$$D_{\max i-1} = D_{\max i} - 2Z_{\min i} = 61,742 - 0,392 = 61,35 \text{ мм}$$

$$D_{\min i-1} = D_{\max i-1} - T_{d_{i-1}} = 61,35 - 0,1 = 61,25 \text{ мм}$$

в. Визначення розмірів під зенкерування:

$$D_{\max i-1} = D_{\max i} - 2Z_{\min i} = 61,35 - 3,75 = 57,6 \text{ мм}$$

$$D_{\min i-1} = D_{\max i-1} - T_{d_{i-1}} = 57,6 - 3,2 = 54,4 \text{ мм}$$

Усі значення заносимо до таблиці 1.11:

Елемент поверхні деталі та маршрут обробки	Елементи припуску				2zm in	Розрахунковий розмір	TD мкм	Прийняті розміри		Граничні припуски	
	Rz	h	ρ	E i				dmax	dmin	2z max	2z min
Заготовка	200	250	1425	0	-	54,4	3200	54,4	57,6	-	-
Зенкерування	50	50	96	0	3750	61,25	100	61,35	61,25	4200	3750
Чистове розточування	30	30	64	0	392	61,69	50	61,74	61,69	514	392
Тонке розточування	3,2	-	-	-	248	-	30	61,98	61,95	350	248

Таблиця 1.12 Табличний розрахунок припусків інші розміри

Елементарна Поверхня деталі та технологічний маршрут її обробки	Розрахунковий припуск $2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий мінімальний розмір, мм	Допуск на виготовлення, мкм	Прийняті розміри переходів, мм		Отримані граничні припуски, мкм	
				D_{max}	D_{min}	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
Поверхня $\varnothing 72P7$							
Заготовка	-	64,	360	67,8	64,2	-	-
Зенкерування	374	2	0	71,44	71,34	4250	3540
Чисте	0	71,	100	71,735	71,73	514	392
розточування.	392	34	50	71,98	71,95	350	248
Тонкий	248	71,	30				
розточувач.		73					
		71,					
		95					
Між торцями 80x13							
Заготовка	-	85,	360	87,8	85,2	-	-
Чорнове	400	2	0	80,55	79,75	7300	4000
точіння	0	79,	800	80	79,4	550	400
Чистове	400	75	600				
точіння		79,					
		4					

1.9. Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання виконуємо за допомогою довідника інженера-технолога. Розрахунки зробимо для токарної та свердлильного обробок, для інших видів обробок розрахунки зробимо на комп'ютері.

1. Операція 005: токарна:

Поперечний супорт: підрізати торці маточини, витримуючи розміри: 24 – 0,52 мм та 2,3+0,2 мм на максимальному діаметрі $\varnothing 210$ мм.

Глибина різання: $t = 1$ (мм).

Довжина робочого ходу супорта визначається за такою формулою:

$$L_{P.r.} = L_{piz.} + y = 100 \text{ (мм)}, P_m \quad (1.5)$$

де $L_{\text{різ}}$ - Довжина різання, мм;

u – довжина підведення, врізання та перебігу, мм.

Таблична подача супорта на оборот шпинделя:

$$S_{\text{табл}} = 0,31,3 \text{ мм/об.}$$

Подача верстата:

$$S_{\text{ст}} = 0,30,12 \text{ мм/про.}$$

Визначаємо стійкість інструменту:

$$T = T_{\text{Т}} * k_{\text{ти}} * k_{\text{тс}} * k_{\text{тф}} * k_{\text{Г}} = 60 * 1,7 * 1,4 * 1 * 1 = 142,8 \quad (1.6)$$

де $T_{\text{Т}}$ - Табличне значення стійкості;

$k_{\text{ти}}$; $k_{\text{тс}}$; $k_{\text{тф}}$; $k_{\text{Г}}$ - Коефіцієнти при багатоінструментальній обробці.

Швидкість різання визначається за такою формулою:

$$V_{\text{рез}} = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{420 \times 0,3}{142,8^{0,2} \times 1^{0,15} \times 0,4^{0,2}} = 105,5 \text{ (м/хв)}, \text{ Рм} \quad (1.7)$$

де C_v , m , x , y - коефіцієнт та показники ступенів;

T - стійкість інструменту, хв;

t - глибина різання, мм;

S - подача, скоригована за паспортом верстата, мм/об;

K_v - поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{\text{mv}} \times K_{\text{пв}} \times K_{\text{ив}} = 0,3, \quad (1.8)$$

де K_{mv} - Коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;

$$K_{\text{mv}} = K_{\text{Г}} (750 / \sigma_{\text{В}})^{n_v},$$

де $K_{\text{Г}}$ - коефіцієнт, що характеризує групу чавуну з оброблюваності;

n_v - показник ступеня;

$K_{\text{пв}}$ - Коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

$K_{\text{ив}}$ - Коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту.

Частота обертання визначається за такою формулою:

$$n = 1000 * V_{\text{різ}} / (\pi * D_{\text{max}}) = 1000 * 105,5 / (3,14 * 210) = 159,9 \text{ (хв -1)}, \quad (1.9)$$

де D_{max} - максимальний діаметр ділянки, що обробляється, мм.

Коригуємо отриману частоту обертання за паспортними даними верстата: $n_{\text{ст}} = 160 \text{ (хв -1)}$.

Визначаємо фактичну швидкість верстата:

$$V_{\phi} = \pi * D * n_{\text{пр}} / 1000 = 3,14 * 210 * 160 / 1000 = 105,5 \text{ (м/хв)}. \quad (1.10)$$

Визначаємо силу різання за такою формулою:

$$P_z = 10^{C_p * t^x * S^y * V^n * K_p} = 10300110,350,75105,5-0,151,1 = 1066,95 \text{ (Н)}, \quad (1.11)$$

де C_p , x , y , n – постійна та показники ступеня;

K_p – добуток коефіцієнтів, визначається за довідником.

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N_{\text{рез}} = P_z V_{\text{різ}} / (60 * 1020) = 1066,95 * 105,5 / (60 * 1020) = 1,8 \text{ (кВт)}. \quad (1.12)$$

Основний технологічний час:

$$T_{01} = L_{\text{р.г.}} / (n_{\text{ст}} * S_o) = 100/160 * 0,4 = 1,56 \text{ (хв)}. \quad (1.13)$$

Операція 015: вертикально - свердлильна:

У цій операції зробимо розрахунок для свердління 5 отв., Так як для даної обробки потрібна максимальна потужність верстата.

Свердлити одночасно 5 отворів на прохід д 16 мм.

Глибина різання визначається за такою формулою:

$$t = 0,5 * D = 0,5 * 16 = 8 \text{ (мм)}, \quad (1.14)$$

де D – діаметр свердла, мм.

Подачу вибираємо за допомогою довідника:

$$S_{\text{табл}} = 0,150,23 \text{ (мм/об)}.$$

Подача верстата: $S_{\text{ст}} = 0,11,16 \text{ (мм/об)}$.

Швидкість різання при розсвердлюванні обчислюється за формулою:

$$V_{\text{різ}} = \frac{C_V * D^q}{T^m * t^x * S^y} * K_V = \frac{16,2 * 16^{0,4}}{20^{0,2} * 8^{0,2} * 0,15^{0,5}} * 0,57 = 9,1 \text{ (м/хв)}, \quad (1.15)$$

де C_V , q , m , x , y – коефіцієнт та показники ступеня;

T - період стійкості, $T = 20$,

K_V – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_V = K_{MV} * K_{IV} * K_{IV}, \quad (1.16)$$

де K_{MV} - коефіцієнт на оброблюваний матеріал, $K_{MV} = 0,57$;

K_{IV} - Коефіцієнт на інструментальний матеріал, $K_{IV} = 1$;

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує глибину свердління; при розсвердленні даний коефіцієнт не враховується і формула набуває вигляду:

$$K_V = K_{MV} * K_{IV} = 0,57 * 1 = 0,57. \quad (1.17)$$

Частота обертання інструменту або заготовки, хв -1, визначимо за формулою:

$$n = 1000 * V_{різ.} / (\pi * D_{max}) = 1000 * 9,1 / (3,14 * 16) = 181,1 \text{ (хв -1)}. \quad (1.18)$$

Коригуємо за паспортом верстата. Отримуємо $n_{ст} = 180$ (хв -1).

Крутний момент при розсвердлюванні, $N^*_{м}$, і осьову силу P_o , N розраховують за формулами:

$$M_{кр} = 10 * C_M * D^q * t^x * s^y * K_p = 10 * 0,09 * 16^1 * 8^{0,9} * 0,21^{0,8} * 0,79 = 21,21 \text{ (Н * м)}; \quad (1.19)$$

$$P_o = 10 * C_p * t^x * s^y * K_p = 10 * 67 * 8^{0,9} * 0,15^{0,8} * 0,79 = 1249 \text{ (Н)}, \quad (1.20)$$

де C_M , C_p , q , x , y – коефіцієнти та показники ступенів;

K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки, що обробляється і визначається виразом:

$$K_p = K_{mp} = 0,79.$$

Потужність різання, кВт визначають за формулою:

$$N_e = \frac{M_{кр} * n_{ст}}{9750} = 0,98 \text{ (кВт)}. \quad (1.21)$$

Основний технологічний час, необхідний виконання цієї операції, обчислимо за формулою:

$$T_o = L_{р.х.} / (n * S) = 30 / 180 * 0,15 = 1,1 \text{ (хв)}, \quad (1.22)$$

де $L_{р.х.}$ – довжина робочого ходу багатошпindelної свердлильної голівки.

На інші операції розрахунок режимів різання зробимо на комп'ютері.

Таблиця 1.12 Вибір режимів різання при розточувальній обробці на операції 025

Максимальний діаметр D , мм, що обробляється	72
Фактична швидкість верстата v_f , м/с	85,7
Подача різця на один оберт S_0 , мм/об	0,2
Частота обертання шпинделя, що забезпечується верстатом n , хв -1	440
Потужність різання, кВт	0,06
Глибина різання t , мм	0,3
Довжина робочого ходу інструменту, мм	30
Технологічний час T_e , хв	0,34

Таблиця 1.13 Вибір режимів різання під час зенкерування на операції 015

Оброблюваний діаметр отвору D , мм	71
Фактична швидкість верстата v_f , м/с	24,5
Подача інструменту на один оберт S_0 , мм/об	0,25

Частота обертання шпинделя, що забезпечується верстатом n, хв -1	110
Потужність різання, кВт	0,1
Глибина різання t, мм	0,8
Довжина робочого ходу інструменту, мм	30,5
Технологічний час T _e , хв	1,1

Таблиця 1.14 Вибір режимів різання під час розгортання на операції 015

Оброблюваний діаметр отвору D, мм	18
Фактична швидкість верстата v _ф , м/с	31
Подача інструменту на один оберт S ₀ , мм/об	0,51
Частота обертання шпинделя, що забезпечується верстатом n, хв -1	540
Потужність різання, кВт	0,01
Глибина різання t, мм	0,05
Довжина робочого ходу інструменту, мм	38
Технологічний час T _e , хв	0,14

1.10. Розрахунок технічної норми часу

Технічні норми часу за умов даного виробництва встановлюються розрахунково-аналітичним методом.

У дрібносерійному виробництві розраховується норма штучного часу T_{шт}, додатково підготовчо-заклучний час T_{п-з} та штучно-калькуляційний час T_{шт-к}.

Норма штучного часу розраховується за такою формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{об} + T_{отд}, \quad (1.23)$$

де T_{шт}- норма штучного часу, хв;

T_o - основний технологічний час, хв;

T_v - допоміжний час, хв;

T_{об} - час обслуговування робочого місця, хв;

T_{отд} - час перерв на відпочинок та особисті потреби, хв.

Визначення основного (технологічного) часу

Основний (технологічний) час T_o витрачається на безпосереднє здійснення технологічного процесу, тобто на зміну форми, розмірів та якості оброблюваної поверхні деталі. Розрахунок основного часу проводиться на підставі кінематики даного методу обробки та вибраних режимів різання.

У нашому випадку основний (технологічний) час для операції, що нормується, розрахований у розділі «Розрахунок режимів різання».

Визначення допоміжного часу

Допоміжний час T_v витрачається робітником на дії, що забезпечують виконання основної роботи. При розрахунку норми штучного часу враховується лише частина допоміжного часу, яка не перекривається машинним часом.

При визначенні норми допоміжного часу підсумовують його елементи:

час на встановлення та зняття деталі (якщо воно не перекривається машинним часом при роботі на багатопозиційних верстатах);

час на керування верстатом. Сюди входить час, що витрачається на пуск та зупинку верстата, включення та вимикання подачі, зміна числа обертів шпинделя або величини подачі, поворот та переміщення частин верстата та пристроїв, зміну інструменту в швидкозмінному патроні, зміну швидкозмінних кондукторних втулок та інші прийоми, що безпосередньо забезпечують виконання ;

час на вимірювання деталей (якщо його не може бути перекрито машинним часом).

Таким чином, визначимо допоміжний час за такою формулою:

$$T_d = T_{вст} + T_z + T_{кер} + T_{вим}, \quad (1.24)$$

де $T_{вст}$ - час на встановлення та зняття деталі, хв;

T_z – час на закріплення та відкріплення деталі, хв;

$T_{кер}$ - час на керування верстатом, хв;

$T_{вим}$ - час вимірювання деталі, хв.

Допоміжний час T_d разом із основним (технологічним) часом T_o складає оперативний час $T_{оп}$:

$$T_{оп} = T_o + T_d. \quad (1.25)$$

Визначення часу обслуговування робочого місця та часу перерв на відпочинок та особисті потреби

Час на обслуговування робочого місця $T_{об}$ складається із двох частин:

часу на технічне обслуговування робочого місця $T_{тех}$, яке витрачається на зміну різального інструменту, що затупився, на регулювання і підналагодження верстата під час роботи і на прибирання стружки на робочому місці під час роботи:

$$T_{\text{тех}} = 2,5\% \cdot T_o, \quad (1.26)$$

часу на організаційне обслуговування робочого місця $t_{\text{орг}}$, яке потрібне для розкладання інструменту на початку зміни та прибирання його наприкінці зміни, огляду та випробування обладнання, отримання інструктажу протягом робочого дня, змащення та чищення верстата протягом зміни та прибирання робочого місця наприкінці зміни :

$$T_{\text{орг}} = 1,2\% \cdot T_{\text{оп}}. \quad (1.27)$$

Таким чином, час на обслуговування робочого місця $T_{\text{об}}$ визначається за такою формулою:

$$T_{\text{об}} = T_{\text{тех}} + T_{\text{орг}}. \quad (1.28)$$

Визначення часу перерв на відпочинок та особисті потреби

Час перерв на відпочинок та особисті потреби $T_{\text{отд}}$ залежить від ваги оброблюваної деталі, відсотка машинного часу, величини оперативного часу, характеру подачі та визначається у відсотках від оперативного часу $T_{\text{оп}}$ у великосерійному виробництві:

$$T_{\text{отд}} = 5\% \cdot T_{\text{оп}}. \quad (1.29)$$

Визначення норми штучно-калькуляційного часу

Норма штучно-калькуляційного часу $T_{\text{шт-к}}$ визначається за такою формулою:

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п-з}/n}, \quad (1.30)$$

де $T_{\text{шт}}$ - норма штучного часу, хв;

$T_{\text{п-з}}$ - підготовчо-заключний час, хв;

n - розмір партії (число деталей), шт.

До складу підготовчо-заключного часу входить ознайомлення з роботою, налаштування обладнання виконання даної роботи і необхідні режими різання, пробна обробка деталей, отримання робочому місці завдань, заготовок, інструменту, пристосувань, здавання продукції і доставка робоче місце інструменту і пристосувань.

Підготовчо-заключний час задається за нормативами та залежить від характеру та обсягу підготовчих робіт.

Підготовчо-заключний час визначимо за формулою:

$$T_{\text{п-з}} = a + (b \cdot Ni) + (c \cdot Pp), \quad (1.31)$$

де a, b, c - Постійні коефіцієнти;

N_i - Число ріжучих інструментів, шт.;

P_p — кількість вихідних режимів роботи верстата, що встановлюються.

Значення коефіцієнтів: $a = 11,3$; $b = 0,8$; $c = 0,5$.

Розмір партії (число деталей у партії) n знаходимо за такою формулою:

$$n = N \cdot a / \Phi, \quad (1.32)$$

де N - річна програма випуску деталей, шт.;

a - число днів запасу заготовок на складі (50 днів);

Φ - число робочих днів на рік ($\Phi = 260$ днів).

1. Визначаємо штучно - калькуляційний час для 005 операції: токарна за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{п-з} / n + T_o + (T_{вст.} + T_{з.о.} + T_{кер} + T_{вим}) + T_{об} \quad (1.33)$$

Результати визначення $T_{шт-к}$ записуємо у табл. 1.15.

Таблиця 1.15 Зведена таблиця технічних норм часу

Номер та найменування операції	005 Токарна
1	2
Основний технологічний час	1,56
Визначення допоміжного часу	
Час на встановлення та зняття деталі $t_{ус}$, хв	0,7
Час на прийоми керування верстатом $t_{кер}$, хв	0,26
Час на вимір деталі $t_{вим}$, хв	0,05
Допоміжний час T_d , хв	1,01
Оперативний час $T_{оп}$, хв	2,57
Визначення часу обслуговування робочого місця та часу перерв на відпочинок	
Час на обслуговування робочого місця $T_{об}$, хв	0,067
Час на відпочинок $T_{отд}$, хв	0,12
Визначення норми штучного часу	
Норма штучного часу $T_{шт}$, хв	2,757
Визначення норми штучно-калькуляційного часу	
Річна програма випуску деталей N , прим.	150
Число різальних інструментів N_i , шт.	3
Число встановлюваних вихідних режимів роботи верстата P_p	2
Норма штучно-калькуляційного часу $T_{шк}$, хв	2,8

На інші операції розрахунок штучно - калькуляційного часу зробимо за допомогою ЕОМ. Результати розрахунку зведемо у табл. 1.16.

Таблиця 1.16 Розрахунок штучно-калькуляційного часу $T_{ш-к}$ за допомогою ЕОМ

Операція	$T_o,$ хв	$T_d,$ хв	$T_{оп},$ хв	$T_{об},$ хв	$T_{отд},$ хв	$T_{шт},$ хв	$T_{ш-к},$ хв
1	2	3	4	5	6	7	8
005 Токарна	1,56	1,01	2,57	0,067	0,12	2,76	2,8
010 Токарна	1,45	1,01	2,46	0,067	0,12	2,65	2,7
015 Свердлильна	1,5	1	2,5	0,07	0,12	2,69	2,75
020 Свердлильна	1,5	1	2,5	0,07	0,12	2,69	2,75
025 Алмазно-розточувальна	0,9	0,5	1,4	0,26	0,046	1,47	1,5
030 Токарна	2,5	1,01	3,51	0,07	0,15	3,73	3,8
Разом:						15,99	16,3

2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1. Проектування верстатного затискного пристрою

Дане затискне пристосування, застосовується на токарній операції механообробки маточини, що обробляється на верстаті мод. 1Н713. Пристрій повинен мати необхідну жорсткість конструкції, точність і достатню силу затиску. Як пристосування розробляємо 3-х кулачковий патрон. Патрон встановлюватиме у передню бабку верстата. Так як виробництво автоматизована і маточина обробляється на автоматичній лінії, то до патрона розробляємо ще й електромеханічний привід, який затискатиме і розтискатиме оброблювану деталь без участі людини, під час подачі або захоплення промислового робота.

2.1.1 Опис роботи електроприводу

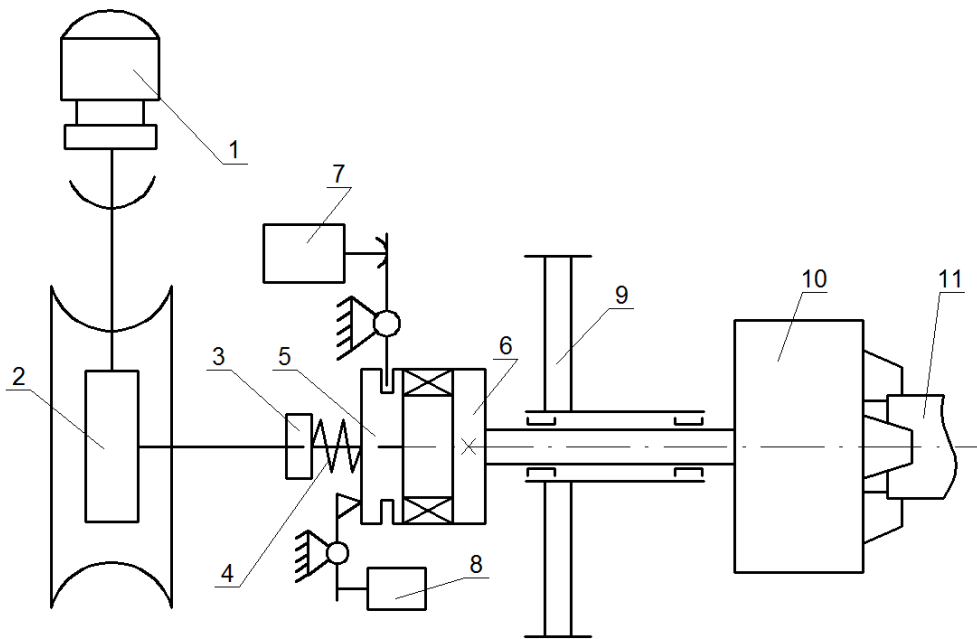


Рисунок 2.1 - Кінематична схема електромеханічного приводу.

Для закріплення та розкріплення заготовки було розроблено затискний патрон з електромеханічним приводом. Двигун 1 (рис. 2.1) задає момент приводу, що крутить, через черв'ячний редуктор 2 зменшується частота обертання затискного механізму. Кулачки патрона 10 затискають вал 11 до певного зусилля, як потрібне зусилля заготовки досягнуто в процесі опору зуб'я напівмуфт 5 і завдяки своєму геометричному конструктиву виходять з зачеплення. Внаслідок чого рухома в

осьовому напрямку напівмуфта 5 зміщується назад стискаючи пружину 4 тисне через важіль на вимикач 8, який знеструмлює двигун 1 і вимикає привід, також подається сигнал на клапан 7, який подає шток на важіль і тримає напівмуфту 5 поза зачеплення 6. Гайкою 3 можна регулювати момент виходу з зачеплення напівмуфт 5 і 6, затягуючи пружина гайку 4 здавлюється, момент збільшується, розслаблюючи момент зменшується. Зубчасте колесо 9 закріплене на валу шпинделя входить у зачеплення з шестернею механізму головного руху верстата і шпинделя задає головне обертання при токарній обробці.

2.1.2 Опис роботи 3-х кулачкового патрона

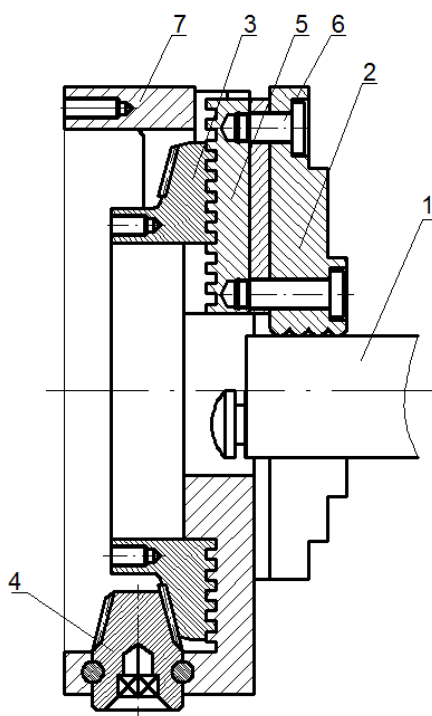


Рисунок 2.2 - 3-х кулачковий патрон.

Оброблювана деталь 1 затискається трьома кулачками 2 (рис. 2.2), кулачки наводяться в русі за допомогою різьбового з'єднання від кола 3, який закріплений на валу приводу. Також в зачепленні з колом знаходяться три конічні шестерні 4, які працюють як стопор від розгортання кола і ослаблення затискача заготовки в процесі обробки. Кулачки 2 прикріплені до зубчастих рейок 5 гвинтами 6. Дані рейки здійснюють поступальні рухи в пазах корпусу 7. Дане пристосування забезпечує рівномірний затискач і центрування заготовки. Силкові частини патрона корпус 7, кулачки 2, зубчасті рейки 5 і коло 3 виконані з сталі міцності 45 ДСТУ 7809:2015

2.1.3 Розрахунок похибки базування

Базування – це надання заготовки або виробу необхідне положення щодо обраної системи координат.

Стосовно механічної обробки на верстатах, при базуванні заготовок проводиться надання заготовки необхідного положення щодо елементів верстата, що визначає траєкторію руху подачі обробного інструменту.

Вибір технологічної бази починається з вибору технологічної бази із першої операції. База на першій операції називається чорновий і її можна використовувати лише один раз.

Основи різняться за призначенням:

Конструкторська - база, що використовується для визначення положення деталі або складальної одиниці у виробі;

Технологічна – база, що використовується визначення положення заготовки чи виробу у процесі виготовлення чи ремонту.

Вибір базових поверхонь обробки деталі є важливим етапом проектування технологічного процесу.

При застосуванні розроблюваного пристрою додаток зусилля закріплення відбувається в напрямку, перпендикулярному торцевій поверхні, в результаті чого забезпечується стабільність базування деталі. Basisю оброблюваного діаметра є вісь маточини, а маточина кріпиться в кулачці по осі. Так як установча та вимірвальна база збігаються, то похибка базування дорівнює нулю.

2.1.4 Розрахунок затискного механізму пристосування

Для цього розрахунку необхідно знати зусилля різання при токарній обробці підшипникових діаметрів:

глибина різання $t = 0,6$ мм

призначаємо подачу $S_0 = 0,6$ мм/про

період стійкості різця $T = 60$ хв

Швидкість різання

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (2.1)$$

Де $C_v = 350$

$X_v = 0,15$

$Y_v = 0,3$

$m = 0,20$

K_v – добуток коефіцієнтів.

$K_v = K_{MV} K_{ПV} K_{IV} = 1 * 0,8 * 1 = 0,8$

K_{MV} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки.

$K_{MV} = 1$

$K_{ПV}$ - коефіцієнт враховує стан поверхні

$K_{ПV} = 0,8$

K_{IV} - коефіцієнт враховує вплив матеріалу інструменту

$K_{IV} = 1$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 0,6^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,8 = 170 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 170}{3,14 \cdot 308} = 153 \text{ об/хв} \quad (2.2)$$

Коригуємо частоту обертання шпинделя за паспортними даними

верстата: $n_{ст} = 150 \text{ об / хв}$

Тоді дійсна швидкість різання дорівнює:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 308 \cdot 150}{1000} = 175,8 \text{ м/хв} \quad (2.3)$$

Визначаємо головну складову сили різання:

$$P_Z = 10 C_P t^x S^y V^n K_P \text{ хв} \quad (2.4)$$

Де $C_P = 300$

$x = 1$

$y = 0,75$

$n = -0,15$

K_P – добуток ряду коефіцієнтів, що враховують

фактичні умови різання.

$$K_P = K_{MP} K_{\varphi P} K_{\gamma P} K_{\lambda P} \text{ хв} \quad (2.5)$$

$$\text{Де } K_{MP} = 0,74$$

$$K_{\varphi P} = 0,94 \quad (\varphi=60^\circ)$$

$$K_{\gamma P} = 1 \quad (\gamma=10^\circ)$$

$$K_{\lambda P} = 1 \quad (\lambda=0^\circ)$$

$$K_P = 0,74 * 0,94 * 1 * 1 = 0,69$$

$$P_Z = 10 * 300 * 1^1 * 0,6^{0,75} * 176^{-0,15} * 0,69 = 760 \text{ Н}$$

2.1.5 Розрахунок зусилля затискача

Визначимо необхідну величину затискного зусилля валу за умови неприпустимості прокручування його в кулачках, при кількості кулачків рівним трьом.

$$W = P_Z K / (f \cdot 3) \text{ хв} \quad (2.6)$$

Де f – коефіцієнт тертя; $f = 0,15$

$$W = 760 \cdot 2,56 / (0,15 \cdot 3) = 4632 \text{ Н}$$

Крутний момент на валу кола 3 (рис. 2.2) дорівнюватиме:

$$M_{кр} = 1/3 \cdot f \cdot W \cdot (D_3 - d_3) / (D_2 - d_2) \text{ хв} \quad (2.7)$$

f - коефіцієнт тертя в різьбовому з'єднанні між колом 3 та кулачками 5;

D – діаметр кола 3;

d - оброблюваний діаметр маточини на даній операції;

$$M_{кр} = 1/3 \cdot 0,25 \cdot 4632 \cdot (2053 - 1503) / (2052 - 1502) = 86007 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 86 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2.1.6 Розрахунок електромеханічного приводу

Для нормальної роботи приводу приймаємо частоту обертання кола кола 3 рівним 150 об/хв.

$$\text{Кутова швидкість валу дорівнює: } \omega = 3,14 \cdot 150 / 30 = 15,7 \text{ с}^{-1}$$

$$\text{Потужність на валу дорівнює: } P = \omega \cdot M_{кр} = 15,7 \cdot 86 = 1350 \text{ Вт} = 1,35 \text{ кВт}$$

Підбираємо електродвигун під дані параметри:

$$\text{частота обертання двигуна: } n_{дв} = n \cdot U_p = 150 \cdot 5 = 750 \text{ об / хв}$$

U_p - передавальне число черв'ячного редуктора

потужність двигуна: $P_{дв} = P/(\eta \cdot U_p) = 1,35/(0,65 \cdot 5) = 0,42$ кВт

η - сумарне ККД підшипників та черв'ячної передачі приводу.

На підставі розрахунків вибираємо електродвигун трифазний короткозамкнутий серії 4А закритий обдувається з синхронною частотою обертання 750хв-1 4А132М4, з параметрами $P_{ном} = 5$ кВт, $n_{ном} = 750$ хв -1.

2.2. Проектування контрольного пристрою

2.2.1 Опис та принцип роботи контрольного пристрою

Призначення.

Пристосування застосовується для комплексного контролю радіального биття поверхонь деталей обертання, а також площинності.

Показником кінематичної точності поряд з допуском на кінематичну похибку обертової основи пристосування 2 (див. креслення), на яке встановлена деталь, що перевіряється, є допуск на коливання підшипників 16, що залежить від ступеня точності самих підшипників

Таким чином, контроль радіальних і торцевих биття деталі проводиться за допомогою індикатора 5, прикріпленого до стійки 3 разом з тримачем 4. Утримувач може пересуватися вгору і вниз у певні стійки. У право,

ліворуч пересувається стійка індикатора по напрямних утримувача.

Закріплення заготовки відбувається за допомогою гайки 9, загортаючи гайку відбувається тиск у гідросистемі і під дією олії в гідропорожнині корпусу 1 шпонка тисне на внутрішню поверхню деталі, що перевіряється. Для розкріплення деталі необхідно на кілька обертів відвернути гайку.

Показання торцевого і радіального биття деталі обертання відображаються на електронному дисплеї 5. Точність даного пристрою залежить від допусків вхідних деталей в механічну частину пристрою, що обертається, і повинна бути не більше 0,01 мм. Дане пристосування компактне і зручне у використанні, не вимагає додаткових технологічних оснащень.

2.2.2 Опис пристрою індикатора

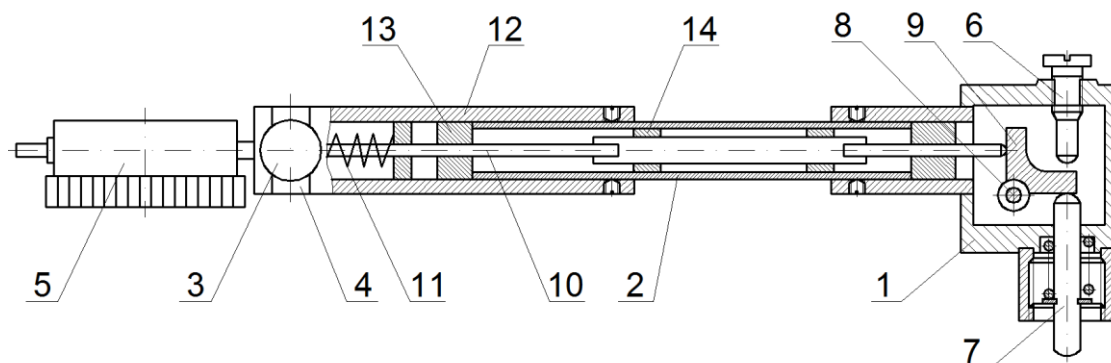


Рисунок 2.3 - Влаштування індикатора I-160М.

Для контролю діаметрів та радіального биття валу використовуємо індикатор моделі I-160М ДСТУ ГОСТ 868:2009 1 класу точності та з ціною поділу індикатора 0,01 мм.

Таблиця 1. Технічні характеристики індикатора I-160М

Межа основної похибки, що допускається, мм		Вимірювальне зусилля, Н
на будь-якій ділянці 1 мм діапазону вимірювань	в межах всього переміщення вимірювального стрижня	
0,010	0,015	5-9

Індикатор (рис. 2.3) складається з корпусу 1 і труби 2, на якій кріпляться ручка 3 та затискач 4. Затискач служить для закріплення всього індикатора. У корпус повертається гвинт 6, який обмежує тиск штока 7 на важіль 9. Шток 7 під дією пружини повертається у вихідне положення при ослабленні тиску на нього. Даний шток через важіль 9, що сидить на осі 8 переміщає вимірювальний стрижень індикатора 10. Вимірювальне зусилля індикатора дорівнює сумі зусилля пружини штока 7 і зусилля пружини 11. Монтаж і закріплення індикатора в пристосуванні

цього пристрою проводиться по трубі 2, а з циферблатом 5 і закріплюється гвинтами до труби 2. Внутрішні штоки індикатора пересуваються в осьовому

напрямку посадки в направляючих втулках 13 і 14. Ці втулки запресовані в трубу 2 і циліндричні корпуси по жорсткій посадці.

Комплект змінних вимірювальних стрижнів дозволяє проводити встановлення індикатора на розмір у межах діапазону вимірювань.

2.2.3 Розрахунок контрольного пристрою на точність

Для того щоб контрольний пристрій забезпечував правильність контролю, потрібно, щоб його похибка була не більше допуску на контрольований параметр:

$$\Delta_{\text{ПП}} \geq \sum_{i=1}^n \varepsilon_i ; \text{хв} \quad (2.8)$$

де $\sum \varepsilon_i$ – сумарне значення похибок у процесі виміру;

TD – допуск контрольованого розміру, мм.

Так як контрольне пристосування встановлюється на супорт верстата, всі похибки крім похибки вимірювання інструменту і похибки самого контрольного пристосування беремо з розрахунків верстатного пристосування.

Похибки у процесі виміру:

ε_6 – похибка базування ($\varepsilon_6 = 0$);

ε_3 – похибка закріплення ($\varepsilon_3 = 0$);

$\varepsilon_{\text{в}}$ – похибка верстата ($\varepsilon_{\text{в}} = 0,01$ мм);

$\varepsilon_{\text{вим. засоб}}$ - похибка індикатора ($\varepsilon_{\text{вим. засоб}} = 0,01$ мм - за паспортом індикатора).

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – похибка контрольного пристосування ($\varepsilon_{\text{пр}} = 0,05$ мм – сума полів допусків площинності кондукторної плити, посадкових розмірів стійки та кронштейна контрольного пристосування);

$$\sum \varepsilon_i = (0,012 + 0,012 + 0,032) 1/2 = 0,031 \text{ мм}$$

Допуск на оброблюваний діаметр 70 мм дорівнює 0,05 мм,

Умова $\Delta_{\text{ПП}} \geq \sum_{i=1}^n \varepsilon_i$ виконано, пристосування придатне для застосування.

2.3. Засоби автоматизації

Для заміни фізичної праці робітника дана потокова лінія, на якій виконується механообробка маточини забезпечена міжопераційними порталними роботами моделі ПРЦ-1 та автоматизованою транспортно-накопичувальною системою. Портальний робот встановлений біля кожного верстата, його функція полягає у захопленні заготовки у міжопераційному накопичувачі та подачі його в затискне пристосування верстата. Після того, як закінчиться повний цикл обробки деталі, робот захоплює заготовку та передає її назад у накопичувальний бункер, у відсік оброблених деталей.

Для передачі деталей між верстатами використовується транспортно-накопичувальна система (рис. 2.4), яка забирає оброблені на цій операції деталі з накопичувального бункера, і передає накопичувальний бункер наступній операції.

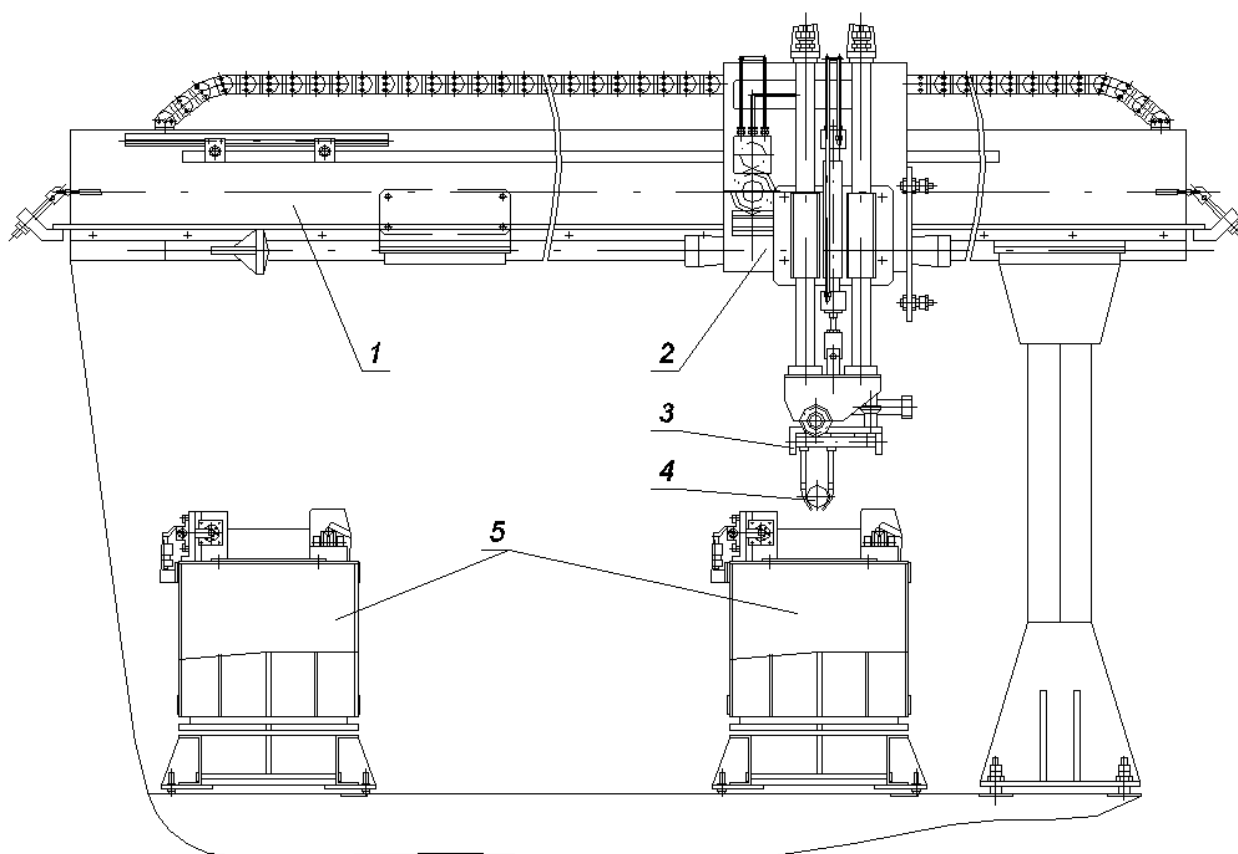


Рисунок 2.4 - Транспортно-накопичувальна система

2 - Пересувний промисловий робот; 3- Рука робота; 4- Заготовка, що захоплюється; 5- Міжопераційні накопичувачі;

Основними елементами транспортно-накопичувальної системи є: міжопераційні накопичувачі, що складаються з двох відсіків, оброблених та майбутніх обробок на даній операції заготовок, лінії системи та маніпулятора моделі “Універсал-5”. Даний маніпулятор може пересуватися вздовж лінії системи так і поперечно їй, завдяки цьому верстати можуть розташовуватися по обидва боки міжопераційної маршрутної лінії.

3. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

3.1. Аналіз питання підвищення якості деталей шляхом застосування алмазних пластин

Одним із шляхів підвищення ефективності виробництва та якості виробів є все ширше застосування обробки деталей абразивними, алмазними та іншими інструментами. Алмазна обробка дозволяє забезпечити необхідні точність і якість деталей при високій продуктивності, а значить забезпечити високу надійність і довговічність машинобудівної продукції в процесі експлуатації, тому обсяг і роль оздоблювальних операцій у сучасному машинобудуванні безперервно зростають.

Властивості будь-якого алмазного інструменту залежать від його конструкції, виду та властивості алмазного матеріалу, природного складу та технології їх виробництва, подальшої технології формування алмазного різального інструменту за допомогою механічних, термічних, хімічних та інших видів впливу.

Алмазні інструменти мають суттєві переваги в порівнянні з інструментами з твердосплавних матеріалів при обробці високолегованих сталей та сплавів, коли лімітуючими факторами є високі вимоги до відсутності припалів та тріщин. Вони мають хорошу самозаточність і дозволяють обробляти деталі з меншим виділенням тепла в зоні різання в порівнянні зі звичайними інструментами.

3.2. Міцність алмазних ріжучих пластин

До міцності алмазних пластин висувають дуже високі вимоги, виконання яких гарантує безпечну експлуатацію різців. Найбільша напруження у алмазних пластин виникає на поверхні кріплення до корпусу різця:

$$\sigma_{t \max} = \frac{\rho * \omega^2}{160 * g} * [(3 + \mu) * d_k^2 + (1 - \mu) * d^2], \text{ хв} \quad (3.1)$$

де ρ – щільність алмазу, г/см³;

ω - кутова швидкість заготовки;

μ - коефіцієнт Пуассона;

d_k, d – діаметри відповідно отвори кріплення пластин;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Вважаючи відношення діаметрів $d/d_k = 0,36$ і коефіцієнт Пуассона $\rho = 0,25$, це співвідношення набуде вигляду:

$$\sigma_{\mu\xi} = 0,085 \cdot \rho \cdot v_k, \quad (3.2)$$

де $v_k = \omega \cdot \left(\frac{d_k}{2} \right)$ окружна швидкість, м/с.

Постійний коефіцієнт у цій формулі справедливий лише для прийнятого співвідношення $d/d_k = 0,36$.

Щільність крупнокристалічних алмазів твердістю СМ1 зазвичай знаходиться в межах 1,5 - 2,00 г/см³, у середньо-кристалічних тієї ж твердості - 2,0 - 2,2 г/см³. Тому максимальна напруга у великокристалічних буде відповідно меншою. Це також підтверджується експериментальними даними щодо визначення межі міцності на розрив у формі вісімок (табл. 3.1.).

Таблиця 3.1 Межа міцності зразків при випробуванні на розрив, МПа

Структура	Ступінь твердості		
	М3	СМ2	С2
великокристалічна	8,0	10,0	11,0
середньо кристалічна	7,6	9,6	10,2

За експериментальними даними зміна ступеня твердості від СМ1 до СТ1 підвищує межу міцності абразивних зразків більш ніж удвічі.

У разі збільшення об'ємного вмісту пороутворювача з 10 до 20 % спостерігається незначне зменшення межі міцності зразків на розрив (табл. 4.2.2.2.).

Таблиця 3.2 Відносне зменшення межі міцності зразків на розрив зі збільшенням обсягу пороутворювача з 10 до 20 %

Пороутворювач	СМ1	СМ2	3 1	С2	СТ1
МСП 80	1,33	1,23	1,33	1,25	1,16
ПСС 80	1,09	0,88	1,05	1,08	1,0
ПСС 125	1,52	1,07	1,04	1,10	1,05

3.3. Тепловий режим різання

Найбільш трудомісткими операціями алмазної обробки є операції точіння деталей зі сталей і сплавів, схильним до наплавлень і тріщин. Тут ефективність і якість є тісно пов'язаними показниками: можна досягти необхідної якості за рахунок зниження продуктивності праці або високої продуктивності на шкоду якості. Дослідження показали, що припали, що виникають у процесі точіння, що викликають структурні зміни, значною мірою знижують довговічність деталей і стійкість інструменту.

Введення в сталь легуючих добавок вольфраму, молібдену, нікелю, ванадію та ін. різко знижує оброблюваність. Пояснюється це зниженням теплопровідності та утворенням твердих карбідів. Особливо теплопровідність знижується при введенні в сталь хрому та нікелю.

Зі зменшенням теплопровідності велика кількість тепла концентрується в поверхневому шарі деталі, погіршується відведення його із зони контакту, зростає налипання частинок металу на ріжучі частки алмазного матеріалу, що погіршує можливість появи тріщин і припалів. Зі структурних складових сталей найнижчу теплопровідність має аустеніт. У порядку зростання теплопровідності структурні складові розташовуються так: аустеніт, мартенсит, мартенсит відпустки, троостит, сорбіт, перліт. При точінні деталей із сталей, загартованих на мартенсит в результаті аустенітного перетворення, відбуваються об'ємні зміни, що викликають внутрішні напруження в поверхневому шарі. Легуючі добавки хрому, вольфраму, молібдену, ванадію утворюють тверді карбіди, які погіршують оброблюваність сталей.

Для поліпшення теплового режиму різання пропонується використовувати схему переривчастого точіння, суть якої полягає у застосуванні ріжучих пластин, що складаються з сегментів або з пропилами. Така конструкція ріжучої кромки дозволяє переривати процес точіння, дає можливість деталі остигати, зменшує теплові навантаження на деталь, сприяє кращому самозаточуванню різця. Поряд з перевагами ці кола мають недоліки, що полягають у ударному характері їх роботи (у період врізання та виходу інструменту з металу). Внаслідок цього виникають вібрації

технологічної системи ВПД, що викликають на поверхні деталі хвилястість та огранювання, а також зменшення довговічності обладнання. До недоліків цих видів алмазів слід також віднести порівняльну складність їх виготовлення. Тому ріжучі інструменти з переривчастою поверхнею мають обмежене застосування. Вважають, що для зменшення температури точіння слід застосовувати алмазні інструменти з вищими кристалами.

Для зменшення наплавлень при точінні часто переходять до більш відкритої структури, при цьому до зони точіння подаються спеціалізовані ЗОР.

3.4. Дослідження впливу різних факторів на якісні показники

3.4.1 Аналіз шорсткості оброблюваної поверхні

Під час досліджень за допомогою профілометра було проведено контроль шорсткості за параметром Ra. Зразки точили з подачею на глибину 0,02 - 0,06 мм, знімається припуск дорівнював 0,5 мм. Деякі результати експериментів наведено у табл. 3.3.

Таблиця 3.3. Шорсткість поверхні, що точиться, мкм

Ступінь міцності заготовки	Марка алмазного матеріалу	Глибина точіння, мм				
		0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
С	24А	0,40	0,50	0,60	0,70	0,70
	24А	0,65	0,55	0,85	1,00	0,90
	37А	0,35	0,55	0,40	0,55	0,85
В	24А	0,30	0,40	0,80	0,85	1,00
	24А	0,45	0,58	0,53	0,80	0,78
	24А	0,45	0,45	0,60	0,75	0,55
	24А	0,40	0,60	0,50	0,45	0,68
	24А	0,50	0,70	0,75	0,90	0,75
	24А	0,50	0,60	0,60	0,75	0,90
	37А	0,40	0,55	0,55	0,50	0,80
	91А	0,32	0,70	0,85	0,80	0,80
	24А	0,42	0,60	0,50	0,70	0,70
	24А	0,57	0,60	0,65	0,75	0,75

Примітка: С – заготовка середньої пористості,
В – заготовка підвищеної міцності.

Аналіз даних, наведених у табл. 3.3 дозволяє зробити два висновки: зі збільшенням глибини точіння t_f збільшується шорсткість поверхні; при багатопрохідному точінні в режимі затуплення висококристальний алмазний інструмент забезпечує шорсткість поверхні на рівні звичайного інструменту.

Аналіз графіків показує, що з однакових режимів шорсткість поверхні, обробленої крупнокристалічним алмазом, вище 1 – 2 розряду.

3.4.2 Дослідження мікротвердості оброблюваної поверхні

При дослідженні залежності мікротвердості від температури в зоні різання алмазними різцями з різними характеристиками при різних швидкостях деталі був зроблений важливий висновок, що на якість поверхневого шару впливає лише температура точіння, незалежно від того, інструментом з якою геометрією рельєфу ріжучої поверхні вона отримана.

Аналізуючи залежність мікротвердості від фактичної глибини точіння, було помічено, що для алмазу із середньокристалічною решіткою спостерігається найбільш інтенсивне зниження твердості. Більш плавно твердість із збільшенням фактичного знімання зменшується при точінні великими алмазами. І навіть зменшення швидкості деталі в 3 рази при точінні крупнокристалічним алмазом не погіршує якості поверхні порівняно із середньо кристалічним алмазом. Продуктивність точіння крупно-алмазним інструментом за умови забезпечення однакової якості обробки на рівні границі безприжогової зони може бути збільшена в 1,5 - 2,0 рази в порівнянні з середньо кристалічним.

3.4.3 Аналіз кількості залишкового аустеніту при точінні

З графіків залежності кількості залишкового аустеніту від фактичної глибини при точінні алмазним інструментом і твердосплавних інструментів, представлених у графічній частині дипломного проекту видно, що великі значення кількості залишкового аустеніту A зафіксовані на зразках після обробки твердосплавними інструментами. Ця обставина підкреслює перевагу використання алмазного інструменту.

3.4.4 Дослідження показника точіння

Цікавим є порівняння показників точіння різців з однаковими параметрами геометрії рельєфу при одночасному зміні структури інструменту. Показники точіння всіх досліджених різців з урахуванням і без урахування редагування змінювалися в такий спосіб. При переході від твердосплавних різців до алмазних показник обробки збільшується на 25 - 30%.

В результаті проведених випробувань великокристалічного алмазного інструменту встановлено наступне: застосування алмазних різців покращує показники процесу точіння, збільшує загальну стійкість між перепадами температур; при виробничих режимах забезпечує обробку без припалів та тріщин, що у ряді випадків знижує брак.

4. ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

4.1. Визначення такту, ритму та темпу виробництва

Такт потокової лінії – проміжок часу між запуском чи випуском окремих виробів.

$$\tau = \Phi_d / B_{\text{год}} = 325 * 60 / 15000 = 1,3 \text{ хв/шт.} \quad (4.1)$$

де Φ_d – річний фонд часу, необхідний виготовлення річної програми випуску (325 год.);

Угод – річна програма випуску;

Таблиця 4.1 Технологічний маршрут та нормувальні дані обробки деталі

№	Найменування операції	Розряд роботи	Т _е , мін	Т _в , хв	Т _{оп} , хв	Т _{об} сл, хв	Т _{от} д, хв	Тшт, хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Базовий варіант								
005	Токарна	4	1,56	1,01	2,57	0,067	0,12	2,76
010	Токарна	4	1,45	1,01	2,46	0,067	0,12	2,65
015	Свердлильна	4	1,5	1	2,5	0,07	0,12	2,69
020	Свердлильна	4	1,5	1	2,5	0,07	0,12	2,69
025	Розточувальна	4	0,4	0,2	0,6	0,02	0,12	1,34
030	Токарна	4	2,5	1,01	3,51	0,07	0,15	3,73
035	Шліфувальна	4	0,6	0,5	1,1	0,26	0,046	1,17
Разом:			9,51	5,73	15,24	0,624	0,796	17,03
Проектний варіант								
005	Токарна	4	1,56	1,01	2,57	0,067	0,12	2,76
010	Токарна	4	1,45	1,01	2,46	0,067	0,12	2,65
015	Свердлильна	4	1,5	1	2,5	0,07	0,12	2,69
020	Свердлильна	4	1,5	1	2,5	0,07	0,12	2,69

025	Алмазно-розточувальна	4	0,9	0,5	1,4	0,26	0,046	1,47
030	Токарна	4	2,5	1,01	3,51	0,07	0,15	3,73
Разом:			9,41	5,53	14,94	0,604	0,676	15,99

$$R = p * \tau = 1 * 1,3 = 1,3 \text{ хв}; \quad (4.2)$$

R – ритм роботи;

p - кількість деталей у транспортній партії;

4.2 Визначення необхідної кількості обладнання (робочих місць)

$$C_{\text{розн.і}} = T_{\text{шт.і}} / \tau; \quad (4.3)$$

Де $C_{\text{розн.і}}$ - розрахункова кількість обладнання на і-ю операцію;

$T_{\text{шт.і}}$ – штучне час на і-ю операцію;

τ – такт потокової лінії;

Таблиця 4.2 Розрахункова і прийнята кількість обладнання

№ опер.	Розрахунковий Кількість	Прийнята кількість
1	2	3
Базовий варіант		
005	2,12	2
010	2,04	2
015	2,07	2
020	2,07	2
025	1,03	1
030	2,87	3
035	0,9	1
Проектний варіант		
005	2,12	2
010	2,04	2
015	2,07	2
020	2,07	2
025	1,13	1
030	2,87	3

Таблиця 4.3 Зведена відомість обладнання

№	Найменування і тип обор-ія	Кількість	Потужність, кВт		Вартість об-ія, тис. руб.	
			одного	всього	одного	всього
1	2	3	4	5	6	7
Базовий варіант						
1	Ток. напівавтомат мод. 1734	4	5	20	2000	8000
2	Спец. свердл. верстат мод. АМ-7787	4	5	20	2500	10000
3	Ток. багаторізцевий ст. мод. 1Н713	3	3	9	3000	9000
4	Верстат розточувальний 2431	1	3	3	2200	2200
5	Шліфувальний верстат 3Б61	1	2	2	1700	1700
Разом:		13		54		30900
Проектний варіант						
1	Ток. напівавтомат мод. 1734	4	5	20	2000	8000
2	Спец. свердл. верстат мод. АМ-7787	4	5	20	2500	10000
3	Ток. багаторізцевий ст. мод. 1Н713	3	3	9	2500	7500
4	Спец. розточ. верстат мод. ОС-4555	1	5	5	3500	3500
Разом:		12		54		29000

4.3. Визначення коефіцієнта завантаження обладнання, використання обладнання та часу роботи для виконання змінного завдання

$$\eta_{\text{зав. } i} = Z_{\text{розр. } i} / C_{\text{пр. } i}; \quad (4.4)$$

де $\eta_{\text{зав. } i}$ – коефіцієнт завантаження;

$C_{\text{розр. } i}$ - розрахункова кількість обладнання;

$C_{\text{пр. } i}$ - прийнята кількість обладнання;

$$\eta_{\text{вик. } i} = T_{\text{осн. } i} / T_{\text{шт. } i}; \quad (4.5)$$

$\eta_{\text{вик. } i}$ – коефіцієнт використання обладнання;

$T_{\text{осн. } i}$ - основний час на i -ю операцію;

$T_{\text{шт. } i}$ – штучне час на i -ю операцію;

$P_{\text{шт. } i} = T_{\text{шт. } i} * V_{\text{см}/\text{мі}}$;

$P_{\text{шт. } i}$ – час, необхідне виконання завдання одним верстатом;

m_i – кількість верстатів-дублерів на i -операції;

$$V_{\text{зм}} = T_{\text{зм}}/\tau; \quad (4.6)$$

$V_{\text{см}}$ – змінне завдання;

$T_{\text{см}}$ – тривалість робочої зміни (8 год.);

Таблиця 4.4 коефіцієнт завантаження обладнання, використання обладнання та часу роботи для виконання змінного завдання

№	$Z_{\text{розр. } i}$	$C_{\text{прий. } i}$	$\eta_{\text{загр. } i}$	$\eta_{\text{вик. } i}$	$V_{\text{зм, хв}}$	m_i	$P_{\text{шт. } i, \text{ хв}}$
1	2	3	4	5	6	7	8
Базовий варіант							
005	2,12	2	1,06	0,57	369,2	2	509,5
010	2,04	2	1,02	0,55	369,2	2	489,2
015	2,07	2	1,04	0,56	369,2	2	496,6
020	2,07	2	1,04	0,56	369,2	2	496,6
025	1,03	1	1,03	0,3	369,2	1	494,7
030	2,87	3	0,96	0,67	369,2	3	459
035	0,9	1	0,9	0,51	369,2	1	432
Проектний варіант							
005	2,12	2	1,06	0,57	369,2	2	509,5
010	2,04	2	1,02	0,55	369,2	2	489,2
015	2,07	2	1,04	0,56	369,2	2	496,6
020	2,07	2	1,04	0,56	369,2	2	496,6
025	1,13	1	1,13	0,61	369,2	1	542,7
030	2,87	3	0,96	0,67	369,2	3	459

4.4. Визначення складу працюючих на потоковій лінії

4.4.1. Визначення числа основних робітників-верстатників

$$P_{\text{осн}} = T_{\text{шт}} * V_{\text{год}} / (F_{\text{д}} * 60); \quad (4.7)$$

Де $T_{\text{шт}}$ - штучний час всього техпроцесу:

F_d - дійсний річний фонд часу робітника (1820 год);

$V_{год}$ – річна програма випуску;

Для бази $P_{осн} = 2,4$ приймаємо 3;

Для проекту $P_{осн} = 2,2$ приймаємо 3;

4.4.2. Визначення числа робітників-ремонтників

$$P_{рем} = \Sigma C_{пр} * K_{см} / 8; \quad (4.8)$$

Де $\Sigma C_{пр}$ – кількість верстатів на потоковій лінії;

$K_{см}$ - число змін (1 зміна);

8 – норма обслуговування верстатів на наладчика за зміну;

Для основи $P_{рем} = 1,6$ приймаємо 2;

Для проекту $P_{рем} = 1,5$ приймаємо 2;

4.4.3. Визначення керівників та спеціалістів

Приймаємо 1 майстер – зайнятість 40%, 1 поч. дільниці - зайнятість 15%, 1 інженер-технолог - зайнятість 20%.

4.5. Розрахунок площі ділянки

Площа, займана ділянками механічної обробки, визначається із співвідношення:

$$F_{мо} = C_{пр} N_c, \quad (4.9)$$

де N_c - питома площа на один верстат, $N_c = 30$ м²;

$C_{пр}$ – кількість верстатів.

Для основи $C_{пр} = 390$ м²;

Для проекту $C_{пр} = 360$ м²

ВИСНОВОК

З метою підвищення продуктивності та ефективності обробки на розточувальній операції підшипникових діаметрів маточини був використаний розточувальний верстат підвищеної точності та різець з алмазно-ріжучою кромкою замість звичайного розточувального верстата з твердосплавним інструментом, що використовується в базовому техпроцесі. Внаслідок цього зникла необхідність у шліфувальній обробці даних діаметрів, що дозволило скоротити трудомісткість та зменшити кількість обладнання на один верстат.

У конструкторській частині виконано конструктивну розробку 3-х кулачкового патрона для токарної операції, а також представлено контрольний пристрій для перевірки торцевого та радіальних биття маточини.

У спецпитанні (у науково-дослідній частині) було проведено порівняльний аналіз між алмазними та твердосплавними різцями. Там було обґрунтовано перевагу у застосуванні алмазного інструменту.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Фізичні методи вивчення властивостей матеріалів : підручник / Е.К.Посвятенко, Р.В.Будяк, О.В.Мельник та ін. – К. : НТУ, 2019. – 176 с.
2. Прикладне матеріалознавство : підручник / О.В.Сушко, Е.К.Посвятенко, С.І.Лодяков та ін. – Мелітополь: ТОВ «Forward press», 2019. – 352 с.
3. Технологічні основи машинобудування : навчальний посібник / М.Ф. Дмитриченко, Б.В. Шапошніков, А.Д. Дулеба та ін. – К. : НТУ, 2017. – 212 с.
4. Зварювання плавленням : навчальний посібник / М.Ф. Дмитриченко, О.П. Левківський, Б.В. Шапошніков та ін. – К. : НТУ, 2016. – 180 с.
5. Триботехнічні характеристики мастильних матеріалів в умовах експлуатації машин і механізмів: монографія /М.Ф. Дмитриченко, О.М. Білякович, О.А. Міланенко та ін. – К. : НТУ, 2016. – 124 с.
6. Контактне зварювання в автомобілебудуванні : навчальний посібник / М.Ф. Дмитриченко, Б.В. Шапошніков, В.Г. Кошелев та ін. – К. : НТУ, 2015. – 168 с.
7. Автомобілебудування. Матеріали та технологія виготовлення деталей : навч. посіб. / М.Ф. Дмитриченко, В.Г. Кошелев та ін. – К. : НТУ, 2014. – 224 с.
8. Основи процесів різання металів та металообробні верстати : навчальний посібник / М.Ф. Дмитриченко, В.М. Ткачук, А.М. Савчук та ін. – К. : НТУ, 2014. – 252 с.
9. Фізико-хімічні основи металургії : навч. підруч. для студ. вищ. техн. закл. / М.Ф. Дмитриченко, Б.В. Шапошніков, О.І. Богданова та ін. – К. : НТУ, 2012. – 504 с.
10. Навчальний посібник / І. І. Юрчишин, Я. М. Литвиняк, І. Є. Грицай, М. Л. Кукляк, Я. М. Кусий, В. В. Ступницький, В. А. Яцюк, А. М. Кук, Є. М.

Махоркін, В. П. Свізінський / За ред. І. І. Юрчишина. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2009. 528 с.

11. Яковенко І. Е. Технологічні основи машинобудування : навч. посібник / І. Е. Яковенко, О. А. Пермяков, А. В. Фесенко ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХПІ", 2022. – 421 с

12. Райхельсон В. А. Обробка різанням сталей, жароміцних і титанових сплавів з урахуванням їх фізико-механічних властивостей / В. А. Райхельсон., 2018. – 508 с

13. Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування / С. Г. Бондаренко. – Київ: Магнолія 2006, 2021. – 500 с.

14. Методичні рекомендації щодо виконання дипломного проекту спеціаліста для студентів всіх форм навчання. - К.: НТУУ "КПІ", 2013. – 56 с.

15. Методичні вказівки до дипломного проектування бакалаврів за напрямом «Інженерна механіка» для подальшої спеціальності «Технологія машинобудування» / під ред. Петракова Ю.В., - К.:КПІ, 2010 – XX с.

16. Методичні вказівки до дипломного проекту освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр / Укладачі: Л. Ф. Головка, О. Д. Кагляк, Л. М. Олещук, О. П. Полешко К.: НТУУ «КПІ» 2011. - 43 с.

17. Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни «Технологічні основи машинобудування»/Укладач О.У. Захаркін. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 53 с.

18. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Проектування машинобудівних виробництв» зі спеціальності 131 Прикладна механіка для підготовки освітнього рівня «магістр» / Укладачі : Комар Р.В., Окіпний І.Б., Сенчишин В.С. – Тернопіль : 2022. – 42 с.

19. Охорона праці в галузі машинобудування : навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. Суми : Університетська книга, 2011. - 557 с.

20. Попов С. А., Ананьян Р. В. Шліфування високопористими колами. - М: Машинобудування, 1980.

21. Проектування заводів та механозбірних цехів в автотракторній промисловості. / А. А. Андерс, Н. М. Потапов, А. В. Шулешкін. М: Машинобудування, 1982.

22. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»; 133 «Галузеве машинобудування» / Ю.М. Малафєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Електронні текстові дані (1 файл: Мбайт). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 201 с..

23. Довідник інструментальщика. / За ред. А. В. Ордінарцева. - Л.: Машинобудування, 1987.

24. Довідник конструктора – інструментальника. / За ред. В. Н. Барабанщикова. - М.: Машинобудування, 1994.

25. Довідник нормувальника. / За ред. А. В. Ахумова. - Л.: Машинобудування, 1987.

26. Довідник технолога Обробка металів різанням. / За ред. А. В. Панова. - М.: Машинобудування, 1988.

27. Довідник технолога – машинобудівника. Т.1, 2. / За ред. А. Г. Косилової, Р. К. Мещеркова. М: Машинобудування, 1985.

28. Проектування машинобудівних заводів та цехів. Довідник Т.6. / За ред. М. І. Храмою, Є. С. Янпольського. М: Машинобудування, 1976.

29. Режими різання металів. Довідник / За ред. Ю. В. Барановського. М: Машинобудування, 1972.

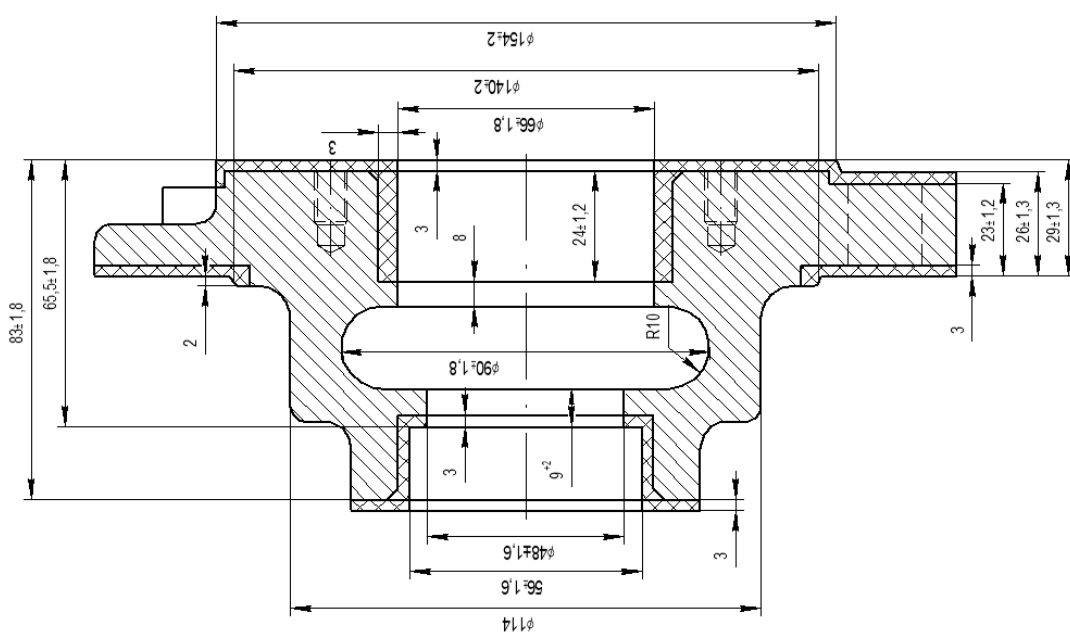
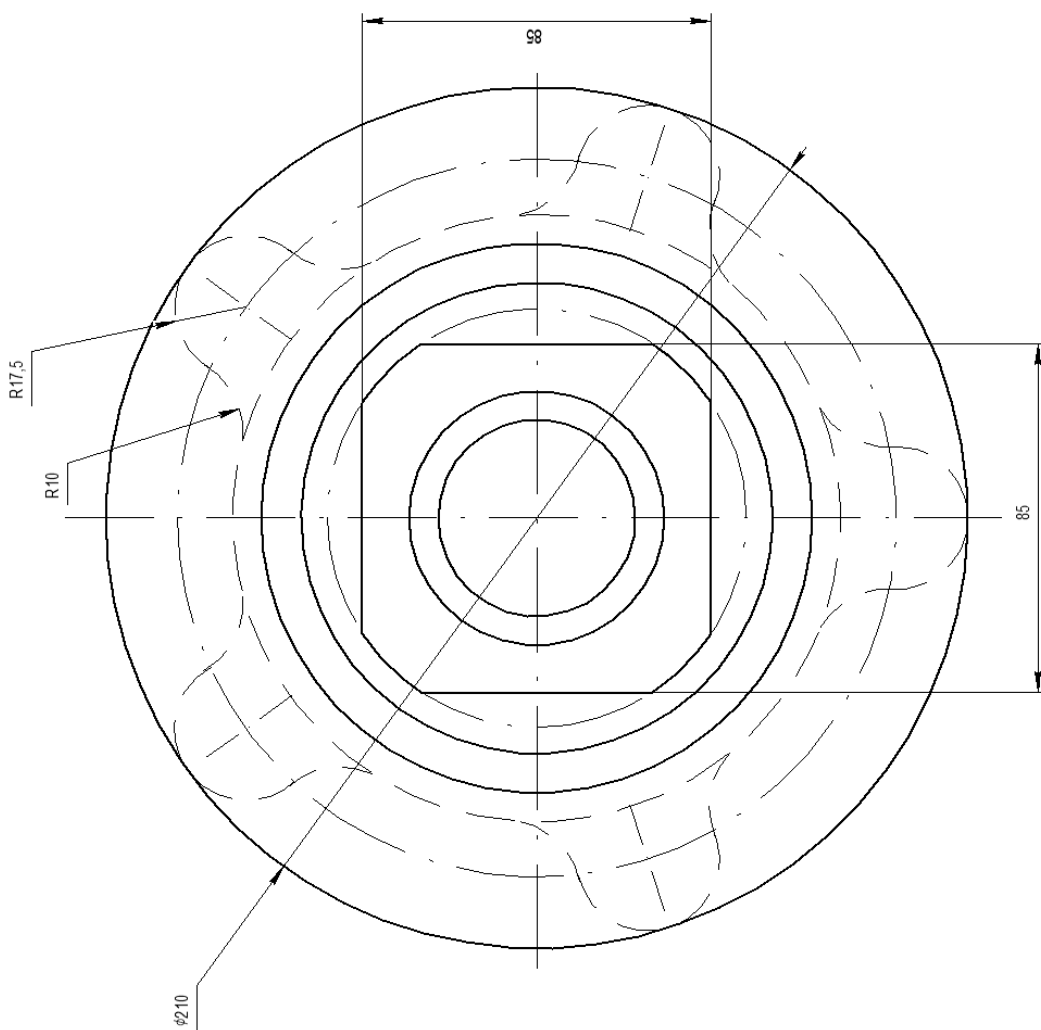
30. Методичні вказівки щодо вивчення дисципліни "Методи прикладного статистичного аналізу" / Укл.: Г.Г. Швачич, В.С. Коноваленков, О.В. Соколенко, В.І. Христьян, Є.Є. Егорцева – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2017. – 178 с.

31. Робоча програма, методичні вказівки та індивідуальні завдання до вивчення дисципліни „Складальні процеси у машинобудуванні” /Укл.: В. М. Ласкин, М. О. Родіонов. – Дніпропетровськ: НМетАУ 2016.– 32 с.

32. Робоча програма, методичні вказівки і індивідуальні завдання до вивчення дисципліни «Фізико-технологічні методи обробки в машинобудуванні» / Сост.: В.С. Гришин, - Дніпропетровськ: НМетАУ, 2016 – с.

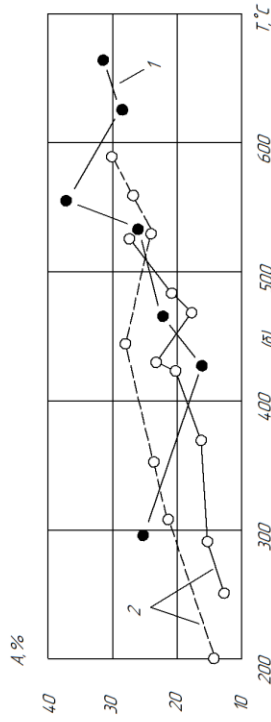
ДОДАТОК Б

(креслення заготовки)

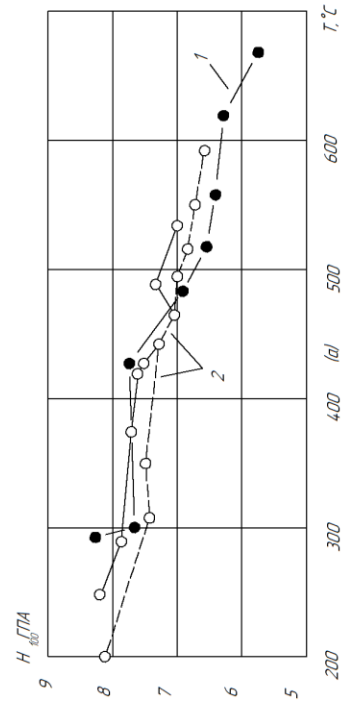
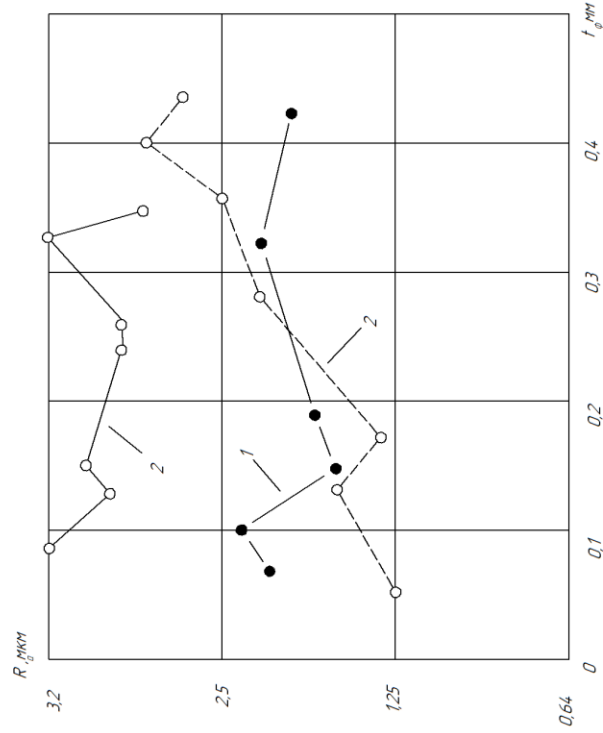


ДОДАТОК Г

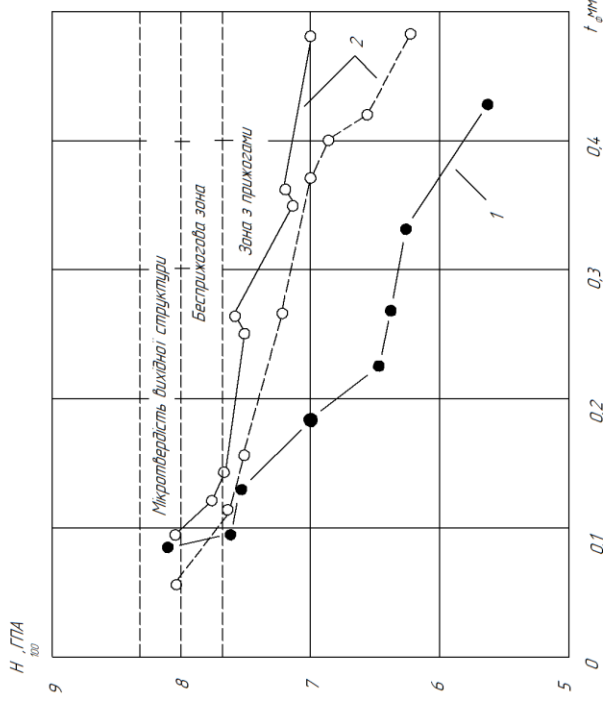
(графіки порівняння твердосплавного та алмазного різців)



Значи мікротвердості H_{300} та кількості залишкового аустенита (А) на поверхні що шліфується від температури в зоні різання ($U=67\text{м/с}$)
сцильна лінія $U=52\text{м/мин}$; штрихова лінія $U=34\text{м/мин}$



Значи мікротвердості H_{300} та кількості залишкового аустенита (А) на поверхні що шліфується від температури в зоні різання ($U=67\text{м/с}$)
сцильна лінія $U=52\text{м/мин}$; штрихова лінія $U=34\text{м/мин}$



Залежність мікротвердості H_{300} та шорсткості поверхні (А) від фактичної глибини їр при постійній твердосплавним та алмазним різцем ($U=67\text{м/с}$) сцильна лінія $U=52\text{м/мин}$; штрихова лінія $U=34\text{м/мин}$

● - твердосплавні різці; ○ - алмазні різці;

ДОДАТОК Д

Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Аналіз умов праці з виробництва

У табл. Д.1 наведено деякі дані щодо базового підприємства та їх порівняння з нормативно – допустимими значеннями.

Таблиця Д.1 Аналіз факторів, що діють у механічному цеху

№ п/п	Найменування факторів	Виробничі дані	Нормативні дані	Норматив,ДСТУ
1	Забруднення повітряного середовища (гранично допустима концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони)	1,3 мг/м ³	1,1 – 10,0 мг/м ³	ДСТУ Б В.2.7-8-94 "Визначення гранично допустимої концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень"
2	Ультрафіолетове опромінення	1,2 Вт/м ²	1,5 - 7,5 Вт/м ²	СН 245 - 96
3	Виробнича вібрація	90 дБ	92 - 93 дБ	ДСТУ 12.1.01293 "Вібрація. Загальні вимоги безпеки"
4	Електромагнітні поля на виробництві (щільність потоку енергії)	9 Вт/м ²	10 Вт/м ²	ДСТУ ГОСТ 12.1.006 "Електромагнітні поля радіочастот. Загальні вимоги безпеки"
5	Освітлення в механічному цеху	200 лк	150-200 лк	СНІП 2 4 -94
6	Електробезпека у механічному цеху	30 Ом	40 Ом	ПУЕ - 95
7	Виробничий шум на робочих місцях	87 дБ	83 дБ	ДСТУ ГОСТ 12.1.006 Шум. Загальні вимоги безпеки"

Аналіз факторів, що діють у механічному цеху, показав, що рівні забруднення повітряного середовища, ультрафіолетового опромінення, виробничих вібрацій, електромагнітних полів на виробництві, освітленості та

електробезпеки відповідають ДСТУ , а рівень шуму – не відповідає. Тому зупинимося на цьому факторі докладніше.

Пропонується дослідити 6 робочих місць. Результати вимірювань наведено у табл. Д.2.

Таблиця Д.2. Виробничий шум на робочих місцях

Робоче місце	Вимірювання	ДСТУ ГОСТ 12.1.006
1. Ділянка №1, ст. 2	83 - 84 дБ	83 дБ
2. Ділянка №2, ст. 6	80 - 82 дБ	
3. Служба енергетика зварювання	82 - 83 дБ	
4. Заточне відділення, верстат №13346	80 - 82 дБ	
5. Заточне відділення, верстат №11046	85 - 87 дБ	
6. Наждак №13345	82 - 84 дБ	

З аналізу результатів видно, що відповідає нормі 1 робоче місце. Розглянемо це питання докладніше.

Захист від шуму

Загальні положення

Науково – технічний прогрес у різних галузях народного господарства пов'язані з зростанням рівня шуму робочих місцях. Наприклад, зі зростанням одиничної потужності обладнання та прагненням до зниження металомісткості збільшується питома потужність та знижується жорсткість конструкції обладнання, що призводить до підвищеної вібрації окремих його частин і, як наслідок, до збільшення звукової потужності.

Постійний вплив шуму на організм людини призводить до зміни функціонування травного тракту, нервової системи, серцево-судинної системи, крім цього шум може спричинити ослаблення слуху, а при дуже великій інтенсивності шуму та повної його втрати.

Тому необхідно постійно прагнути зниження рівня шуму, особливо у місцях, де може пошкодити людині.

Придушення шуму та вібрацій на підприємствах здійснюється такими способами:

- зменшують шум та вібрації в джерелі їх виникнення шляхом раціонального конструювання обладнання та інструменту, якісного виготовлення, монтажу та експлуатації;

- проводять організаційно-технічні заходи;
- замінюють шумне обладнання менш гамірним;
- раціонально розміщують галасливі з них в окремих приміщеннях;
- планують роботи шумного обладнання на такий час, коли кількість працюючих менша;

- здійснюють автоматизацію технологічного процесу, яка частково чи повністю усуває шкідливий вплив шуму на працюючих;

- застосовують звукопоглинаючі матеріали та конструкції, звукоізолюючі будівельні перепони;

- використовують віброізолюючі пристрої та вібропоглинаючі матеріали;
- застосовують різноманітні глушники струменевих шумів;
- ці заходи здійснюють у комплексі відповідно до конкретних умов.

Ці заходи здійснюють у комплексі відповідно до конкретних умов.

За частотним складом шуми поділяють на три класи:

1) низькочастотні шуми, найбільші рівні звукового тиску яких розташовані в діапазоні нижче частоти 350 Гц. Сюди можуть бути віднесені шуми тихохідних агрегатів ненаголошеної дії тощо;

2) середньочастотні шуми, найбільші рівні звукового тиску, у спектрі яких розташовані в діапазоні 350-800 Гц.

3) високочастотні шуми, найбільші рівні звукового тиску в спектрі яких розташовані вище за частоту 800 Гц. Таким спектром характеризуються дзвінки, шиплячі та свистячі джерела шуму.

Технічний комітет 43-ї Міжнародної організації зі стандартизації (ІСО-ТК-43) рекомендував для оцінки та нормування шуму користуватися сімейством кривих, що мають критерії шумності N від 0 до 130. , 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

На підставі цього прийнято Санітарні норми та правила щодо обмеження шуму на територіях та у приміщеннях виробничих підприємств (СН-785-69). Гранично допустимі рівні звукового тиску нормуються у октавних смугах частот.

Норми, встановлені СН-785-69, повинні дотримуватися в наступних фіксованих точках: на всіх робочих місцях на висоті 1,5 м від рівня підлоги або на робочому майданчику, на відстані не менше 2 м від конструкцій, що захищають, а на території – не ближче 2 м від будівель.

Ослаблення шуму у джерелі його виникнення

Метод зменшення шуму в джерелі його виникнення повинен бути переважним у порівнянні з іншими методами і саме з нього повинна починатися боротьба із зазначеними шкідливими виробничими впливами на будь-якій виробничій ділянці.

Причинами високих рівнів шуму машин та технологічного обладнання можуть бути:

1) конструктивні особливості машин, в результаті яких з'являються удари та тертя вузлів та деталей; наприклад, удари штовхачів на штоки клапанів, робота кривошипно-шатунних механізмів, зубчастих коліс, недостатня жорсткість окремих частин машини;

2) технічні недоліки, що з'явилися в процесі виготовлення обладнання: погане динамічне балансування деталей і вузлів, що обертаються, недостатнє виконання кроку зачеплення і форми профілю зуба зубчастих коліс, мізерно малі відхилення в розмірах деталей машин відбиваються на спектрі і рівні шуму;

3) неякісний монтаж обладнання на виробничих майданчиках, що призводить до перекосів та ексцентриситету працюючих деталей та вузлів машин, а також до вібрацій будівельних конструкцій;

4) порушення правил технічної експлуатації машин та агрегатів, неправильний режим роботи обладнання, тобто режим, що відрізняється від паспортного режиму, поганий догляд за верстатним парком та ін;

5) несвоєчасний ремонт та неякісний планово-попереджувальний ремонт, який призводить не лише до погіршення якості роботи машини, а й сприяє збільшенню виробничого шуму;

б) непродумані щодо шумового режиму окремі технологічні процеси, які мають бути усунені (скидання

деталей із дзвінких металів, яке має бути замінено спуском їх по напрямних, виконаних з незвучного матеріалу) та ін.

Усунення зазначених недоліків сприятиме зниженню рівня шуму у виробничих приміщеннях. Автоматизація виробничих процесів, зазвичай, дозволяє повністю ліквідувати вплив шуму на обслуговуючий персонал. Аналогічні причини вібрацій обладнання та інструменту.

Зниження шуму шляхом звукоізоляції

Звукопоглинання здійснюється використанням звукопоглинаючої здатності матеріалів та конструкцій, при розміщенні яких у цеху знижується рівень виробничого шуму. Поглинаючи звукову енергію хвиль, що поширюються повітрям, звукопоглинаючі матеріали трансформують її в теплову.

Звукопоглинаючі матеріали та конструкції поділяють на чотири класи:

1) волокнисто - пористі поглиначі (повсть, вата, фетр, акустична штукатурка, акустичні плити типу ПА/С, ПА/О та ін);

2) мембранні поглиначі (поліхлорвінілові або інші види плівок, клейонка, тонкі листи металу або фанери, набиті на дерев'яні лати);

3) резонаторні поглиначі, що являють собою спеціальні конструкції, що ґрунтуються на акустичних властивостях резонатора Гельмгольца;

4) комбіновані звукопоглинаючі конструкції, що використовують два або всі три види згаданих поглиначів для збільшення ефективності звукопоглинання та розширення частотного діапазону їх роботи.

Розглянемо докладно випадок досягнення звукоізоляції створенням спеціальних будівельних перешкод, що перешкоджають поширенню шуму повітрям з одного приміщення (або частини приміщення) в інше.

Для порівняльної оцінки перегородок і перекриттів при боротьбі з поширенням повітряного шуму служить звукоізолююча здатність R:

$$R = L1 - L2 + 10 * \lg \frac{S}{A} \text{ (дБ)},$$

де L1 - рівень звукового тиску в приміщенні, де знаходиться джерело шуму, дБ;

L2 – рівень звукового тиску в ізолюваному приміщенні, дБ;

S – площа перешкоди приміщення, що ізолюється, м²;

A – повне внутрішнє звукопоглинання в ізолюваному приміщенні, м².

Огороджувальні конструкції поділяють на одношарові, що коливаються як одне ціле, і багат шарові (кілька шарів, що не мають жорсткого зв'язування), здатні коліватися з різними для кожного шару амплітудами.

У одношарових огорож частотна характеристика має чотири діапазони (рис. Д.1).

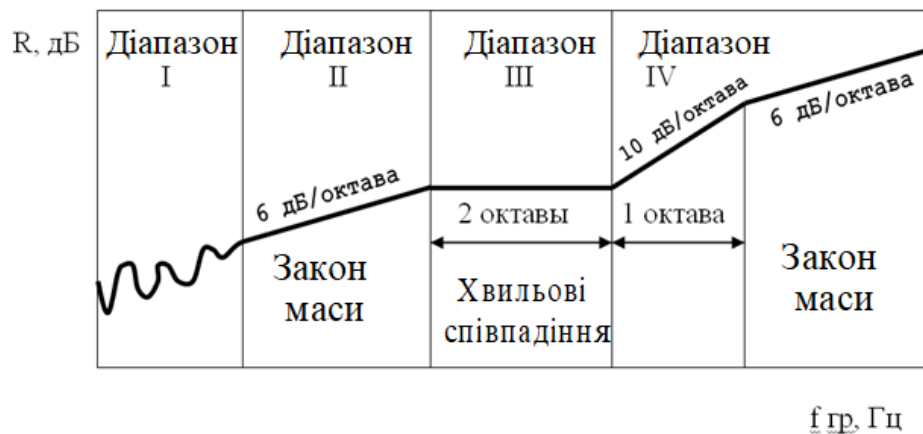


Рисунок Д.1. - Залежність звукоізолюючої перешкоди R від частоти f

У першому частотному діапазоні звукоізоляція визначається жорсткістю огорожі та резонансними явищами. Для більшості одношарових огорож цей діапазон лежить нижче 50 Гц і в розрахунках R не враховується.

Другий діапазон характеризується збільшенням звукоізолюючої здатності із частотою (закон маси):

$$R = 20 * \lg Q + 20 * \lg f - 54 \text{ (дБ)}.$$

де Q - вага перешкоди, що припадає на 1 м², кг/м²;

f – частота звуку, Гц.

У третьому діапазоні відбувається погіршення звукоізоляції перешкоди внаслідок ефекту хвильових збігів, який реалізується за умови рівності довжини згинальної хвилі в перешкоді та проекції звукової хвилі, що падає.

У цьому випадку амплітуда хвиль вигину значно зростає і відбувається інтенсивна передача енергії з іншого боку огороження.

У легких звукоізолюючих перешкодах доцільно зменшувати їх жорсткість згину і тим самим підвищувати граничну частоту хвильового збігу. У важких переполах, навпаки, вигідно збільшувати їх жорсткість вигину і тим самим знижувати граничну частоту хвильового збігу.

Діапазон хвильових збігів займає інтервал частот приблизно дві октави.

Четвертий діапазон характеризується збільшенням звукоізолюючої здатності перешкоди протягом однієї октави - 10 дБ/октава і далі ~ 6 дБ/октава.

Звукоізолююча здатність одношарової перешкоди на частоті 500 Гц може бути розрахована за формулами:

а) при вазі огорожі до 200 кг/м²:

$$R = 13,5 * \lg Q + 13 \text{ (дБ);}$$

б) при вазі огорожі вище 200 кг/м²:

$$R = 23 * \lg Q - 9 \text{ (дБ);}$$

де Q - вага 1 м² огороження, кг.

Визначивши звукоізолюючу здатність огороження на частоті 500 Гц, можна побудувати частотну характеристику звукоізолюючої здатності інших частотах в результаті внесення поправок в розрахункову величину R .

Зниження рівня енергії, що пройшла в приміщення енергії ΔL за рахунок наявності дверного або віконного отвору:

$$\Delta L = - 10 * \lg \frac{S_2}{S_1} + 10 * \lg 10^{-0,1} (R_1 - R_2) \text{ (дБ),}$$

або, вважаючи, що звукоізолююча здатність огороження з прорізом дорівнює R_Σ , Отримаємо:

$$R_\Sigma = R_1 - [- 10 * \lg \frac{S_2}{S_1} + 10 * \lg 10^{-0,1} (R_1 - R_2)] \text{ (дБ),}$$

де R_1 - звукоізолююча здатність глухої стіни, дБ;

R_2 – звукоізолююча здатність отвору, дБ;

S_1 – площа глухої стіни, м²;

S_2 – площа отвору, м².

Щілини та отвори в загородженнях значно знижують звукоізоляцію, особливо в області низьких частот. Зразкове зниження звукоізолюючої здатності ΔR у діапазоні частот від 800 до 1800 Гц, викликане отвором, можна визначити за формулою:

$$\Delta R = 10 * \lg \left(1 + n * \frac{S_0}{S} * 10^{0,1R} \right) \text{ (дБ)}$$

де R - звукоізолююча здатність огороження, дБ;

S – площа огорожі, м²;

S_0 – площа отвору, м²;

n – коефіцієнт, $n = 3 \div 12$.

Звукоізолююча здатність правильно спроектованих багат шарових перешкод більше одношарових перешкод тієї ж маси. Так, звукоізоляційні якості подвійної перегородки з незв'язаними панелями залежить від маси панелей, величини повітряного проміжку, граничної частоти кожної панелі, резонансу конструкції.

Враховуючи зміст сказаного вище, виконаємо відповідний розрахунок.

Звукоізолююча здатність:

$$R = L_1 - L_2 + 10 * \lg \frac{S}{A} \text{ (дБ)}.$$

Звідси $L_2 = L_1 + 10 * \lg \frac{S}{A} - R$ - рівень звукового тиску в приміщенні, що ізолюється.

Як будівельні перешкоди використовуємо картон у кілька шарів, 1 м² якого важить 12 кг ($Q = 12$ кг)[табл. 8, 7].

Огороджувальна контурна одношарова величина звукоізолюючої здатності:

- діапазон 1 – визначається жорсткістю огорожі та у розрахунках не враховується;
- діапазон 2 –

$$R = 20 * \lg Q + 20 * \lg f - 54 \text{ (дБ)};$$

при $f = 1000 \text{ Гц}$

$$R = 20 * \lg 12 + 20 * \lg 1000 - 54 = 27,6 \text{ дБ};$$

- діапазон 3 – погіршення звукоізоляції;

- діапазон 4 –

$$R = 13,5 * \lg Q + 13 = 13,5 * \lg 12 + 13 = 27,7 \text{ дБ}.$$

З урахуванням виправлення $R_1 = 4 \text{ дБ}$:

$$R = 27,7 + 4 = 31,7 \text{ дБ}.$$

Виходячи з отриманих результатів, будуюмо частотну характеристику:



Рисунок Д.2. - Частотна характеристика

$$L_2 = L_1 + 10 * \lg \frac{S}{A} - R.$$

Тут L_1 – рівень звукового тиску у приміщенні, $L_1=87 \text{ дБ}$

$S = 35 \text{ м}^2$ – площа перешкоди приміщення, що ізолюється;

A – повне внутрішнє звукопоглинання в ізолюваному

приміщенні, м^2 .

$$A = d * S + A_1,$$

де d - Коефіцієнт звукопоглинання даного матеріалу, $d = 0,95$;

$$S = 35 \text{ м}^2;$$

A_1 - повне звукопоглинання окремих предметів, м^2 .

$$A_1 = d_1 * S,$$

де d_1 – коефіцієнт звукопоглинання окремих предметів; $d_1 = 0,04$

Тоді:

$$A_1 = 0,04 * 35 = 1,4,$$

$$A = 0,95 * 35 + 1,4 = 34,68 \text{ м}^2.$$

Звідси:

$$L_2 = 87 + 10 * \lg \frac{35}{34,68} - 31,7 = 55,4 \text{ дБ}.$$

Таким чином, при установці звукоізоляційних перешкод рівень шуму суттєво знижується та стає допустимим. Поставленої мети досягнуто.