

УКРАЇНА
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(ЗНТУ)

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проект Особливості технологічного
(вказати тему дипломного проекту (роботи))
процесу виготовлення валу переднього газотурбінного двигуна
Студент Томис Андрій Петрович

Спеціальність «131 Прикладна механіка» група М-НЗМ
Обсяг проекту Товний
Кількість аркушів креслень 10,5
Кількість сторінок пояснювальної записки 167

а) короткий зміст проекту та прийнятих рішень технологічна
частина, конструкторська частина,
проекткування механічної ділянки, спец. завдання,
оцінка праці.

б) висновок про відповідність проекту завданню
високою робота відповідає
завданню

в) характеристика виконання кожного розділу дипломного проекту,
рівень відповідності останнім досягненням науки та техніки і передовим
методам роботи

використовувалася досягнення
передових технологій

г) негативні особливості виконання проекту на шліфувальній
станції невірно вказано частота обертан-
ня шліфувального

д) позитивні особливості

е) оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки до проекту

є) відгук про роботу загалом В цілому робота виконана на достатньому
науково-технічному рівні

ж) інші зауваження

з) оцінка проекту наступній роботі повинно відобразити
вимогам, що висуватимуться до роботи, що виконується на основі
"зроблено"

Рецензію склав доц. каф. ТМБ ЗНУ Логанков В.О.
(посада, місце роботи, прізвище, ім'я, по батькові)


(підпис)

« 14 » грудня 2018 р.

[10:48:42] **Yah**Найдено 1% совпадений по адресу: https://dnaop.com/html/45062/doc-СНП_II-35-76/
[10:50:54] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №967 [3] (200035 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:52:13] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №972 [3] (200039 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:52:33] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №977 [3] (200030 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:53:05] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №982 [3] (200025 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:53:36] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №987 [3] (200035 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:54:03] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №992 [3] (200025 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:54:29] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №997 [3] (200026 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:55:41] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №1002 [3] (200042 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:55:46] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №1007 [3] (200026 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:55:59] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №1012 [3] (200042 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:56:40] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №1017 [3] (200026 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:58:02] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №1022 [3] (200053 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:58:09] Возникла ошибка при загрузке поисковой страницы №1027 [3] (200022 миллисек.): **Yandex** (Время ожидания операции истекло)
[10:58:10] Тип проверки: *Стандартная*
[10:58:10] **ВНИМАНИЕ! Уникальность может быть определена некорректно! (Обнаружено ошибок: 28%)**
[10:58:10] **Уникальность текста 78%**^с (Проигнорировано подстановок: 0%)

Перевірку на плагіат програмою AntiPlagiarism.NET, магістерської роботи Хомич А.П., провів зав. лаб. каф. ТМБ Паміров В.М.

10.12.2018р.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний
(повне найменування інституту, назва факультету)
Технології машинобудування
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

дружній (майстерський)
(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Особливості технологічного процесу
виробництва валу переносного газотурбін-
ного двигуна

Виконав: студент VI курсу, групи М-НЗМ
спеціальності (напряму підготовки)

131 Прикормна механіка
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Пашин А. П.
(прізвище та ініціали)

Керівник Степанов Д. М.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Логашімов В. О.
(прізвище та ініціали)

Консультант Яда С. І.

м.Запоріжжя

2018 рік

Запорізький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Машинобудівний
Кафедра Технології машинобудування
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) Другий (магістерський)
Напрямок підготовки _____
Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і назва) (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Т.М.Б.
доц. Руде С.І. С.І.
" " " 20 18 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Кашингу Андрію Петровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Особливості технологічного процесу виготовлення валу перервною газотурбінного двигуна

керівник проекту (роботи) Руде С.І.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "26" 11 2018 року № 366

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.12.2018

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Робоче креслення деталі, річна програма N=500 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Технологічна частина; Конструкторська частина; Проектування робочого пристосування; Проектування контрольного пристосування; Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях;

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення деталі; креслення робочого пристосування; креслення робочого пристосування; Маршрут виготовлення деталі; РТТК; Планування

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконання завдання
Техкол	Дяге С.І. доц		
Констр	Дяге С.І. доц		
Організац	Дяге С.І. доц		
ОП	Шмирко В.І. к.т.н., доц		
керівник	Генчюков Ф.М.		
Інженер	Козлова О.Б. доц		

7. Дата видачі завдання

04.02.2018

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Техніко-технологічна частина	8.10.2018р	
2	Конструкторська частина	15.10.2018р	
3	Проектування механічної частини	8.11.2018р	
4	Спеціальне завдання. Анімація вишифрування вайтів ГТД	21.11.2018р	
5	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	30.11.2018р	

Студент

Косиш А.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

Дяге С.І.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 166 сторінок, 7 рисунків; 24 таблиць; 2 додатки; 26 джерел.

Об'єкт дослідження – Вал передній.

Мета – розробка технологічного процесу механічної обробки «Валу переднього» з врахуванням особливостей його конструкції для підвищення якості обробки тонкостінної деталі.

Метод дослідження - розрахунково-аналітичний.

В магістерській роботі визначені особливості конструкції валу переднього, що пов'язані з його тонкостінністю. З врахуванням цього обрано обладнання, пристосування, інструмент, призначено режими різання, які не призводять до деформації деталі. Виконано технологічне нормування, призначені заходи з техніки безпеки і охорони праці.

ВАЛ ПЕРЕДНІЙ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ПРИПУСК, ДОПУСК, ЕСКІЗ, КВАЛІТЕТ, БАЗА, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, ТОЧНІСТЬ, РОЗМІР, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ОБЛАДНАННЯ, ВЕРСТАТ З ЧПК.

Зміст

Перелік умовних скорочень.....	4
Вступ.....	5
1 Технологічна частина.....	6
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	6
1.2 Вибір типу виробництва	8
1.3 Вибір методу одержання заготовки.....	10
1.4 Вибір баз.....	11
1.5 Проектування плану обробки	12
1.5.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	12
1.5.2 Проектування МОП.....	15
1.5.3 Проектування маршруту обробки поверхонь	18
1.5.4 Розрахунки межопераційних припусків і технологічних розмірів..	21
1.6 Проектування операцій механічної обробки.....	36
2 Конструкторська частина.....	72
2.1 Конструювання пристосування для свердління.....	72
2.1.1 Опис роботи пристосування	72
2.1.2 Розрахунки погрішності установки в пристосуванні.....	73
2.1.3 Розрахунки пристосування на точність.....	75
2.1.4 Розрахунки економічної ефективності прийнятої конструкції пристосування.....	78
2.2 Конструювання фрезерного пристосування.....	80
2.2.1 Визначення похибки установки.....	80
2.2.2 Розрахунки пристосування на точність.....	82
2.3 Проектування пристосування для контролю радіального биття.....	83
2.3.1 Опис конструкції й принцип дії контрольного пристосування.....	83
2.3.2 Розрахунки погрішності установки деталі в контрольне пристосування.....	83
2.3.3 Визначення сумарної погрішності виміру.....	84
3 Організаційна частина.....	87
3.1 Розрахунки кількості верстатів і норми багатOVERстатного обслуговуванні на ділянці механічного цеху.....	87
3.2 Робочий склад і визначення його чисельності.....	92
3.3 Планування устаткування й робочих місць у цеху.....	94
3.4 Розрахунки площі цеху.....	94

3.4.1	Допоміжні відділення механічного цеху.....	95
3.4.2	Проектування обслуговуючих приміщень цеху.....	98
4	Економічна частина	100
4.1	Виробнича програма цеху	100
4.2	Визначаємо вартість основних фондів	101
4.2.1	Розрахунки вартості виробничого встаткування.....	101
4.2.2	Розрахунки вартості інших груп основних фондів.....	102
4.3	Розрахунки чисельності робітників.....	103
4.4	Організація й керування виробництвом	108
4.5	Вартість основних матеріалів.....	110
4.6	Заробітна плата.....	110
4.7	Собівартість продукції.....	117
4.7.1	Витрати на зміст і експлуатацію встаткування.....	117
4.7.2	Виробничі витрати.....	120
4.8	Калькуляція собівартості продукції.....	124
4.9	Техніко-економічні показники роботи цеху.....	124
5	Охорона праці.....	127
6	Спеціальна частина.....	144
	Висновки.....	159
	Перелік посилань.....	160
	Додаток А. Специфікація на робоче пристосування	
	Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ДСТУ Державні стандарти України

ЗОТС Змазуючо-охолоджуюче технологічне середовище

КЗ Карта заготовки

МВД Маршрут виготовлення деталі

МК Маршрутна карта

МОП Маршрут обробки поверхні

НК Неруйнівний контроль

ОК Операційна карта

ТО Термічна обробка

ТП Технологічний процес

ТУ Технічні умови

ЄСКД Єдина система конструкторської документації

ОСТ Галузевий стандарт

ВСТУП

Деталі авіаційних двигунів працюють в умовах динамічного навантаження, що впливає на їх надійність під час експлуатації. Від якості їх виготовлення залежить як довго вони будуть не руйнуватися.

При забезпеченні експлуатаційних вимог газотурбінних двигунів (ГТД) обирають такі матеріали, що дозволяють забезпечувати потрібну міцність при малій товщині стінок деталей. У зв'язку з цим актуальним є забезпечення умов обробки, що попереджають деформацію тонкостінних деталей.

Тому метою магістерської роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки «Валу переднього» з врахуванням особливостей його конструкції для підвищення якості обробки тонкостінної деталі. Для її досягнення треба вирішити наступні задачі

- засоби механічної обробки поверхонь;
- конструювання пристроїв;
- процеси складання;
- контроль якості продукції.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції й службового призначення деталі

3х-вальний турбореактивний 2х-контурний двигун Д-18Т призначений для встановлення на пасажирські й транспортні літаки.

Виконаний по 3х-вальній схемі з осьовим 14-східчастим компресором, проміжним корпусом, кільцевою камерою згоряння, 5-ти східчастою турбіною й роздільним нерегульованими вихідними соплами зовнішнього й внутрішнього контурів.

Особливості 3х-вальної схеми поділу ротора компресора на три самостійні ротори, кожний з яких приводиться в обертання своєю турбіною.

Це дозволило:

- 1.Застосовувати в компресорі ступені, що мають високий ККД;
- 2.Використовувати при запуску пусковий пристрій малої потужності (стартер розкручує тільки ротор високого тиску).
- 3.Висока економічність.

Конструкція двигуна виконана з урахуванням забезпечення принципу модульного складання.

Деталь вал первинний є складовою ротора компресора високого тиску (КВТ), що представляє семиступеневу дисково-барабанну конструкцію. Крім валу переднього конструкція включає: звареної секції робочих коліс 1, 2, 3, 4-ой ступенів, 5,6, 7-ої робочої ступенів, заднього валу, проставлення.

Передній вал кріпиться фланцями до диска робочого колеса 4-ой ступені секції. На передньому валу встановлені деталі передньої опори ротора й провідна шестірня для привода агрегатів двигуна.

Вал випробовує напруги від відцентрових сил маси дисків і маси прикріплених до них лопаток; температурних напруг, викликаних нерівномірним нагріванням по радіусу й товщині; напруг, викликаних вібрацією дисків.

Матеріал деталі

Особливістю валу переднього є – сплав ХН73 МБТЮ-ВД що має властивості забезпечувати надійну роботу двигуна, у плинні тривалого періоду.

Хімічний склад сплаву ХН73 МБТЮ-ВД наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1- Хімічний склад сплаву ХН73 МБТЮ-ВД

Елемент	Зміст елементів, %	Елемент	Зміст елементів, %
C	≤ 0.08	Nb	1.8-2.2
Si	≤ 0.6	Fe	≤ 2.0
Mn	≤ 0.4	B	≤ 0.005
Cr	13-16	Ce	≤ 0.005
Ni	Основа	Pb	≤ 0.001
Ti	2.35-2.75	S (P)	не більш 0,007 (0,015)
Al	1.3-1.7	Bi, As, Sn, Sb	не більш 1 бала по шкалі спектрального аналізу
Mo	2.8-3.2		

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сплаву ХН73 МБТЮ-ВД

Межа міцності	$100 \cdot 10^7$ Па
Границя текучості	$20 \cdot 10^7$ Па
Відносне подовження	12%
Поперечне звуження	14%
Ударна в'язкість	$3 \cdot 10^5$ Па

Для використання можливостей матеріалу виконується його термообробка.

Рекомендовані режими термічної обробки: подвійне загартування – нагрівання до 1120°C , витримка 8 год, охолодження на повітрі; нагрівання до

1000°C, витримка 4 год, охолодження на повітрі; старіння – режим I – 800°C, витримка 16 год, охолодження на повітрі; режим II – 750°C, витримка 16 год, охолодження на повітрі +650°C, витримка 16 – 20 год, охолодження на повітрі; режим III – 775°C, витримка 16 – 20 год, охолодження на повітрі. Режим I застосовується у випадку тривалої служби в продовж 10000 – 20000 год при температурах до 750°C; режими II і III – для короткочасної служби.

Технологічна пластичність деформованого металу відкритої виплавки (зразки із заготовок перетином 90*90 мм) після термічної обробки по режиму 1050°C, 1 год, охолодження на повітрі при температурах 1000, 1100, 1150, 1200°C визначається відповідними значеннями ударної в'язкості 2930, 3830, 3580, 1620, 630 кДж/м².

Ударна в'язкість деформованого металу ВДП (зразки із заготовок перетином 90*90 мм) після зазначеної термічної обробки при температурах 20, 900, 1000, 1050, 1100, 1150, 1180, 1200, 12200C становить відповідно 1610, 980, 1860, 2580, 3680, 3460, 2370, 750, 360 кДж/м²

1.2 Вибір типу виробництва

Проектування технологічного процесу залежить від багатьох факторів, у тому числі й від типу й організаційної форми виробництва.

Тип виробництва попередньо визначаємо на початковій стадії розробки ТП залежно від річного обсягу випуску й маси деталей. Виходячи із цих даних попередньо визначаємо, що при партії 500шт. і масі деталі від 10 до 100 кг наш тип виробництва є крупносерійним. [1]

Остаточню тип виробництва визначаємо за коефіцієнтом закріплення операцій на ділянці. Коефіцієнт закріплення операцій – це відношення всіх детале-операцій, які виконуються або повинні виконуватися протягом місяця на ділянці, до кількості робочих місць:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{M} = \frac{93}{31} = 3$$

де O – кількість деталей-операцій, які виконуються на **одному** робочому місці протягом місяця $O = 93$;

M – кількість робочих місць $M = 31$.

Тому що коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.} = 3,16$ тобто тип виробництва визначаємо як крупносерійне.

Організаційну форму виконання робіт на ділянці встановлюють від принципу розміщення робочих місць і характеру руху оброблюваних заготовок з обліком рівності або кратності тривалості кожної операції такту випуску:

$$\tau = \frac{60 \cdot F_d}{N},$$

Де F_d - дійсний фонд часу роботи встаткування, рівний календарному за винятком неробочих днів і вкорочених (передсвяткових) з урахуванням змін, [година].

N - річна програма випуску $N = 500$ шт.

$$\tau = \frac{60 \cdot 4000}{500} = 480 \text{шт.}$$

При потоковій формі організації виробництва запуск заготовки виробництва здійснюється партіями з певною періодичністю, яке є ознакою серійного виробництва. Кількість заготовок у партії для одночасного запуску визначається по формулі, шт:

$$n = \frac{a \cdot N}{250},$$

де a – періодичність запуску деталей у виробництво або кількість днів, на які необхідно забезпечити запас деталей для роботи $a=3$ дня;

N – річна програма випуску, $N=500$ деталей;

250 – кількість робочих днів в одному році.

$$n = \frac{3 \cdot 500}{250} = 6 \text{ шт.}$$

1.3 Вибір методу одержання заготовки

Метод виконання заготовок для деталей машин визначається призначенням і конструкцією деталі, матеріалом, масштабом і серійністю випуску, а так само економічністю виготовлення.

У даному звіті проведемо порівняння двох методів одержання заготовки – штампування на молотах і штампування на пресах.

Матеріал деталі – ХН73 МБТЮ-ВД.

Програма випуску – $N=500$ шт.

Маса деталі – $q=31,34$ кг.

Маса заготовки $Q_1=314$ кг; $Q_2=104$ кг.

Визначаємо вартість заготовок за допомогою формули:

$$S_{\text{заг}} = \frac{C_1}{1000} \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_{\epsilon} \cdot K_M \cdot K_n - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, [\text{грн}]$$

де C_1 - базова вартість однієї тонни заготовок, грн.;

Q – маса заготовки, кг;

q - маса готової деталі, кг;

$S_{\text{отх}}$ - ціна однієї тонни відходів, грн;

K_m - коефіцієнт, що залежить від класу точності;

K_c - коефіцієнт, що залежить від групи складності;

K_{ϵ} - коефіцієнт, що залежить від маси заготовки;

K_M - коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки;

K_n - коефіцієнт, що залежить від обсягу виробництва;

$$C_1 = 120000 \text{ грн};$$

$$S_{отх} = 520 \text{ грн};$$

$$K_m = 1,05; K_c = 0,9; K_{\epsilon} = 0,75; K_m = 1,79; K_n = 1,0;$$

Штапування на молотах:

$$S_{загI} = \frac{120000}{1000} \cdot 314 \cdot 1,05 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1,79 \cdot 1,0 - (314 - 31,34) \cdot \frac{520}{1000} = 47656 \text{ грн.}$$

Штапування на пресах:

$$S_{загII} = \frac{120000}{1000} \cdot 104 \cdot 1,05 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 1,79 \cdot 1,0 - (104 - 31,34) \cdot \frac{520}{1000} = 15794 \text{ грн.}$$

Таким чином, $S_{загI} > S_{загII}$

Порівнюємо два методи за допомогою коефіцієнта використання матеріалу:

$$K_m = \frac{q}{Q};$$

$$K_{mI} = \frac{31,34}{314} = 0,1$$

$$K_{mII} = \frac{31,34}{104} = 0,301$$

Таким чином, $K_{mI} < K_{mII}$

Визначаємо річний економічний ефект.

$$\mathcal{E}_з = (S_{загI} - S_{загII}) \cdot N = (47656 - 15794) \cdot 500 = 15931000 \text{ грн}$$

Ухвалюємо метод одержання заготовки – штапування на КГШП.

1.4 Вибір баз

При виборі баз ми повинні керуватися засадами єдності й сталості баз. Технологічна база визначає положення деталі на верстаті щодо траєкторії різального інструменту й перебуває в безпосередньому контакті з елементами пристосування.

За чорнові бази ухвалюємо конструкторські бази – зовнішній діаметр Ø599.4 і торець розміром 503.

Бази для чистової обробки повинні мати найбільшу точність розмірів і геометричної форми, а також найменшу шорсткість поверхні. Вони не повинні деформуватися під дією сил різання, затискача й власної маси.

Базами для чистової обробки є діаметр Ø594 і Ø446 і торець розміром 497. Для свердлильних операцій базами є Ø594 і торець 497; для фрезерних операцій базами є Ø18.48, Ø446 і торець розміром 497.

1.5 Проектування плану обробки

1.5.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Заводське креслення деталі дає повна вистава про конструкцію й виконаний відповідно до вимог ЕСКД. Представлені всі необхідні розміри й перетину, але відхилення на розміри представлені за застарілими стандартами.

Креслення деталі засноване на застарілих вимогах до деталі, що застаріли ДСТ по шорсткості обробки деталі.

У процесі контролю креслення була зроблена заміна ТУ й ДСТУ згідно із сучасними вимогами ЄСКД (шорсткість на кресленні наведена параметром Ra). Зазначені необхідні граничні відхилення форми й взаємного розташування поверхонь. Робоче креслення містить також назву й марку матеріалу, ДЕРЖСТАНДАРТ на нього. Креслення має технічні вимоги, які дають повну уяву про конструкцію деталі, вид термічної обробки, твердість, групу контролю після нього відповідно до ОСТ1.90021-78, а також вид заготовки і її групу контролю по ОСТ1.90074-72.

У технологічних вимогах не зазначені граничні відхилення форми й взаємного розташування поверхонь, а при вказівці граничних відхилень на “вільні” розміри йде посилення на застарілий ДЕРЖСТАНДАРТ-722АТ, замість ОСТ 1.00022-88. Зазначені вимоги до точності виготовлення спец.

поверхонь, види контролю. А так само зазначені маса деталі й інші технологічні вимоги, які обмовляє конструктор.

Оптимальна точність геометричних характеристик оцінюється коефіцієнтом точності обробки.

$$K_{т.о.} = 1 - \frac{1}{A_{cp.}} \leq 0.8 ,$$

де $A_{cp.} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i}$ - середній квалітет точності деталі;

A_i – квалітет точності i -ой поверхні;

n_i - кількість розмірів відповідного квалітету.

Таблиця 1.3.1 – Визначення коефіцієнта точності обробки

Кількість розмірів відповідного квалітету									$\sum A_i \cdot n_i$	$\sum n_i$	A_{cp}	$K_{то}$
5	6	7	8	9	10	11	12	14				
2	4	1	12	3	2	19	7	4	515	54	9,53	0,9

$$A_{cp} = \frac{5 \cdot 2 + 6 \cdot 4 + 7 \cdot 1 + 8 \cdot 12 + 9 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 11 \cdot 19 + 12 \cdot 7 + 14 \cdot 4}{2 + 4 + 1 + 12 + 3 + 2 + 19 + 7 + 4} = \frac{515}{54} = 9,53$$

$$K_{м.о} = 1 - \frac{1}{9,53} = 0,9 > 0.8 ;$$

Деталь ставиться до деталей нормальної точності, тому що $K_{т.о.} > 0.8$.

Оптимальна шорсткість поверхонь деталі оцінюється коефіцієнтом шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}},$$

де $B_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \cdot n_{iш}}{\sum_{i=1}^n n_{iш}}$ - порівн. клас шорсткості деталі;

B_i – клас шорсткості i -ой поверхні;

n_i - кін-у поверхонь відповідного класу шорсткості;

Дані для визначення Кш наведенні у таблиці 1.4.2

Таблиця 1.4.2 –Визначення Кш.

Кількість розмірів відповідного класу шорсткості		$\sum B_i \cdot n_i$	$\sum n_i$	B_{cp}	$K_{ш}$
6	5				
25	5	175	30	5.8	0.17

$$B_{cp} = \frac{6 \cdot 25 + 5 \cdot 5}{25 + 5} = 5,8$$

Деталь відносимо до добре оброблюваних, тому що $K_{ш} \geq 0.16$.

Коефіцієнт уніфікації – $K_{y.e.}$, який визначається по формулі

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_o}$$

де $Q_{y.e.}$ - кількість уніфікованих типорозмірів і конструктивних елементів.

Q_o - загальна кількість типорозмірів і конструктивних елементів деталі.

При $K_{y.e.} > 0.6$ -деталь вважати технологічною.

Для визначення коефіцієнта уніфікації деталі доцільно скористатися таблицею 1.5.

Таблиця 1.5 –Визначення $K_{y.e.}$

Найменування деталі	$Q_{y.e.}$	Q_o	$K_{y.e}$
Вал КВД	10	54	0,18

$$K_{y.e} = \frac{10}{54} = 0,18$$

За більшістю кількісними та якісних показників деталей технологічна.

1.5.2 Проектування МОП

Проектування маршруту обробки поверхонь деталі є одним з етапів проектування технологічних процесів механічної обробки. Цей етап використовується після того, як визначений тип виробництва, спосіб одержання заготовки й визначені технологічні бази. Маршрут обробки поверхонь деталі необхідний для подальшого компонування операцій, розрахунків припусків і технологічних розмірів, розробки схем настроювання або розрахунково-технологічних карт керуючих програм.

Визначаємо технічні характеристики деталі й заготовки (визначаємо для деталі допуск і квалітет, показники погрішності взаємного розташування, шорсткість, теж саме для поверхонь у заготовці). Затягаємо всі дані в таблицю (1.6).

Таблиця 1.6 – Показники точності і якості основних поверхонь деталі.

Геометрич. параметр пов-ти.	Характеристика поверхні		Показники точності взаємного розташування, якості поверхонь							
			Квалітет точн.		Взаємного положення		Шорсткість Ra		Твердість HB	
	вид	тип	Дет.	Заг.	Дет.	Заг.	Дет.	Заг.	Дет.	Заг.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Деталь Ø594.16h6 (_{-0,044}) Td=0,044 Заготовка Ø601Js17(±3) Td=6,0	Цил.	Нар.	h6	Js17	0,03	2,5	1,25	80	286...340	286...340
Деталь Ø446h8(_{-0.097}) Td=0,097 Заготовка Ø452,6(_{+2,7} _{-1,3}) Td=4,0	Цил.	Нар.	h8	Js17	0,03	2,5	1,25	80	286...340	286...340
Деталь L497.05h8(_{-0.097}) Td=0,097 Заготовка L509,3Js17/ Td=4,0	Цил.	Нар.	h8	Js17	0,02	2,5	1,25	80	286...340	286...340

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Деталь $\varnothing 371H11^{(+0,36)}$ Td=0.36 Заготовка $\varnothing 366js16^{(+1,1)}_{(-2,1)}$ Td=3,2	Цил.	Внут.	H11	js16	-	2,5	1,25	80	286...340	286...340
Деталь $\varnothing 424,3$ $H10^{(+0,25)}$ Td=0.25 Заготовка $\varnothing 414,03js16/$ Td=4,0	Цил.	Внут.	H10	js16	0,1	2,5	1,25	80	286...340	286...340

Визначаємо загальні уточнення по показниками точності і якості поверхонь.

E_{d_o} - загальне уточнення по точності геометричного розміру

$$E_{d_o} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю (1.7).

Визначаємо загальні уточнення по точності взаємного розташування поверхонь.

E_{Δ_o} - загальне уточнення по точності взаємного розташування поверхонь

$$E_{\Delta_o} = \frac{\Delta_{заг}}{\Delta_{дет}}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю (1.7).

Визначаємо загальні уточнення по шорсткості

$$E_{Rz} = \frac{Rz_{заг}}{Rz_{дет}}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю (1.7).

1.5.3 Проектування маршруту обробки поверхонь

Визначимо кількість переходів, механічної обробки поверхонь виходячи із загального уточнення домінуючого параметра.

$$Kd = 2 \lg E_{jo}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю (1.7).

Становимо послідовність показників точності і якості (ППТК) по основних параметрах. Знаходимо різницю квалітетів точності заготовки й деталі.

Результати розрахунків затыгаємо в таблицю (1.7).

Становимо маршрут обробки поверхонь і заносимо в таблицю (1.7). Призначаємо допуски по переходах і визначаємо уточнення, по переходах дані заносимо в таблицю (1.7)

Таблиця 1.7 – Маршрути обробки основних поверхонь деталі.

Характер показники точності якості пов. дет. і заг.	і показники	і уточнення	Кількість переходів обробки		Різниця показників і ППТК	МОП		Допуск		Уточнення	
			Розрах.	Проект.		і	Метод обробки	Розміру	Шорст-кість	Розміру	Шорст-кість
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Деталь Ø594.16h6 (_{-0,044}) Δ=0,03 Td=0,044 Ra1.25 Заготовка Ø601Js17(±3) Td=6,0 Δ=2,5 Ra80	Td	136									
	Δ	83,3	4,26	4,0	Js17-h6 = 11=4+3+2+2	1	Заготовка	6000	80	1,45	1,98
						2	Точ. черн.	1600	12,5	1,3	1,96
						3	Точ.п.чистий.	630	6,3		
						4	Т/ про			2,4	1,28
						5	Точ.чистий	200	2,5	1,54	2
	Ra	64				6	Шліфувальна	44	1,25		
Деталь Ø594.16h6 (_{-0,044}) Δ=0,03 Td=0,044 Ra1.25 Заготовка Ø601Js17(±3) Td=6,0 Δ=2,5 Ra80	Td	136									
	Δ	83,3	4,26	4,0	Js17-h6=11=4+3+2+2	1	Заготовка	6000	80	1,45	1,98
						2	Точ. черн.	1600	12,5	1,3	1,96
						3	Точ.п.чистий.	630	6,3		
						4	Т/ про			2,4	1,28
						5	Точ.чистий	200	2,5	1,54	2
	Ra	64				6	Шліфувальна	44	1,25		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Деталь L497.05h8 _(-0,097) Δ=0,02 Ra1.25 Td=0,097 Заготовка Δ=2,5 L509Js17/ Td=4,0 Ra80	Td	41									
	Δ	125	4,19	4,0	Js17- h8==3+3+2+ 1	1	Заготовка Точ. черн. Точ.п.чистий. Т/ про Точ.чистий Шліфувальна	4000	80		
						2		1200	12,5	1,45	1,98
						3		1000	6,3	1,3	1,96
						4					
						5		500	2,5	2,4	1,28
	Ra	64				6		97	1,25	1.54	2
Деталь Ø425H10 ^(+0,25) Td=0.25 Ra1.25 Заготовка Ø414,03js16/ Td=4,0 Ra80	Td	16				1					
					Ra80=Ra12, 5=Ra6,3= Ra2,5=Ra1,2 5	2	Заготовка Точ. черн. Точ.п.чистий. Т/ про Точ.чистий Шліфувальна	3200	80		
						3		2200	12,5	1,45	6,4
	Δ	-	3,6	4,0		4		1700	6,3	1,3	1,98
						5					
						6		700	2,5	2,4	2,5
	Ra	64				7		250	1,25	2,8	2
Деталь Ø371H11 ^(+0,36) Td=0.36 Ra1.25 Заготовка Ø366js16 ^(+1,1/-2,1) Td=3,2 Ra80	Td	8				1					
					Ra80=Ra12, 5=Ra6,3= Ra2,5=Ra1,2 5	2	Заготовка Точ. черн. Точ.п.чистий. Т/ про Точ.чистий Шліфувальна	3200	80		
						3		2200	12,5	1,45	6,4
	Δ	-	3,6	4,0		4		1700	6,3	1,3	1,98
						5					
						6		700	2,5	2,4	2,5
	Ra	64						360	1,25	1.54	2

1.5.4 Розрахунки межопераційних припусків і технологічних розмірів.

Припуск - шар металу, що віддаляється з поверхні заготовки з метою досягнення заданої форми, точності і якості поверхні. Для двох поверхонь визначаємо їх розрахунково-аналітичним методом [1]; для інших - табличним. Розглянемо поверхню з діаметром $\varnothing 446-0_{,097}$.

Згідно з методикою, подвійний операційний припуск для зовнішньої поверхні обертання рівний:

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot \left[Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\sum i-1}^2 - \varepsilon_i^2} \right],$$

де: $Z_{i \min}$ - мінімальне значення операційного припуску;

Rz_{i-1} - середня висота нерівностей, отримана від попередньої обробки;

h_{i-1} - глибина дефектного шару від попередньої обробки;

$\Delta_{\sum i-1}$ - сумарне значення погрішностей просторових відхилень і форми від попередньої обробки;

ε_i - погрішність установки заготовки при виконанні і-го переходу.

Елементи мінімальних припусків для кожного переходу й допуски на операційні розміри заготовки ухвалюємо за нормативним даними й розраховуємо за методикою, наведеної в довіднику технолога-машинобудівника, Т.1.[1].

Характеристики якості поверхні Rz і h (у мкм.), вибираємо з таблиць 12 і 24.

- для заготовки-штампування - 250 і 300 мкм відповідно;
- після чорнової обробки - 250 і 240 мкм;
- після напівчистового гостріння - 125 і 120 мкм;
- після чистового гостріння - 40 і 40 мкм;
- після шліфування - 5 і 5 мкм.

Сумарне значення погрішностей від просторових відхилень і форми для заготовки-штампування знаходимо по формулі:

$$\Delta_{\sum \text{заг}} = \sqrt{\Delta_{\text{см}}^2 + \Delta_{\text{ов}}^2},$$

де $\Delta_{см}$ - погрішність, що допускається, кування по зсуву осей фігур, **що** штампують у різних половинах штампа;

$$\Delta_{см} = 1,2 \text{ мм} ([1], \text{табл. 18}).$$

$\Delta_{ов}$ - погрішність, що допускається, кування по овальності;

$$\Delta_{ов} = 2 \text{ мм} ([1], \text{табл. 17}).$$

Визначаємо сумарну погрішність:

$$\Delta_{\sum заг} = \sqrt{1,2^2 + 2^2} = 2,28 \text{ мм} = 2280 \text{ мкм}$$

Величину залишкової погрішності просторового відхилення й форми після виконання переходів механічної обробки визначаємо по формулі.

$$\Delta_{\sum i} = \Delta_{\sum заг} \cdot K_{yi}$$

де $\Delta_{\sum заг}$ - погрішність у заготовці, мкм;

K_{yi} - коефіцієнт уточнення після виконання i -го переходу;

$$\Delta_{\sum четн} = 2280 \cdot 0,06 = 137 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\sum п.чист} = 2280 \cdot 0,05 = 121 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\sum чист} = 2280 \cdot 0,04 = 91 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\sum шліф} = 2280 \cdot 0,03 = 68 \text{ мкм};$$

Оскільки після чорнової обробки зовнішніх і внутрішніх поверхностей заготовка зазнає термообробки - віджигу, виникає похибка форми, питоме значення якої визначається по формулі:

$$\Delta_{т.о.у} = \frac{n}{2 \cdot (0,01 \cdot D + 0,3)} \cdot l \left[\frac{\text{мкм}}{\text{мм}} \right];$$

де n - коефіцієнт, що залежить від виду термообробки. При об'ємному загартуванні $n = 1$.

D - діаметр оброблюваної поверхні, мм.

На довжині оброблюваної поверхні $l = 32$ мм і $D = 446$ мм погрішність від термообробки буде рівна:

$$\Delta_{m.o.y} = \frac{1}{2 \cdot (0,01 \cdot 446 + 0,3)} \cdot 32 = 5,6 \left[\frac{\text{мкм}}{\text{мм}} \right]$$

необхідно врахувати при розрахунках операційного припуску на шліфування й чистове гостріння.

Погрішність установки ε_y в загальному випадку визначається по формулі:

$$\varepsilon_{iy} = \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2}$$

де ε_{σ} - погрішність базування при виконанні і-го переходу, мкм;

ε_3 - погрішність закріплення, мкм; При обробці діаметральних розмірів вона не має місця.

Підставляючи отримані значення елементів припуску для кожної операції, у наведену раніше формулу, отриманного їхні розрахункові величини, які для визначення операційних розмірів подвоюємо.

На чорнове гостріння:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot [250 + 300 + \sqrt{2280}] = 1195,5 \text{ мкм}$$

На напівчистове гостріння:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot [250 + 240 + \sqrt{137}] = 1003,4 \text{ мкм}$$

На чистове гостріння:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot [125 + 120 + \sqrt{121}] = 512 \text{ мкм}$$

На шліфування:

$$2 \cdot Z_{\min} = 2 \cdot [40 + 40 + \sqrt{91}] = 179,1 \text{ мкм}$$

Результати розрахунків заносимо в табл.1.5.2.

Розрахункові операційні розміри визначаємо по формулі:

$$d_{i-l\min} = d_{i\min} + T_i + 2 \cdot Z_{i\min}$$

де $d_{i\min}$ - мінімальне значення розміру на виконуваному переході, мм;

$d_{i-l\min}$ - мінімальне значення розміру на попередньому переході, мм;

T_i - відхилення, що допускається, розміру на виконуваному переході, мм.

T - призначаємо залежно від квалітету точності одержуваного після кожного методу обробки й величини виконавчого розміру для зовнішніх поверхонь ([I], табл.32).

Розрахункові значення припусків, операційних розмірів і допуски на них вносимо в таблицю.

Для шліфування:

$$d_{\min} = 446 - 0,097 = 445,903 \text{ мм}$$

Для чистового гостріння:

$$d_{\min} = 445,903 + 0,097 + 0,1791 = 446,179 \text{ мм}$$

Для напівчистового гостріння:

$$d_{\min} = 446,179 + 0,155 + 0,5120 = 446,846 \text{ мм}$$

Для чорнового гостріння:

$$d_{\min} = 446,846 + 0,63 + 1,0034 = 448,48 \text{ мм}$$

Для заготовки:

$$d_{\min} = 448,48 + 1,55 + 1,1955 = 451,225 \text{ мм}$$

Округляємо розрахункові значення операційних розмірів до знаків, що допускаються відхилень і остаточно встановлюємо їхні граничні величини.

Для шліфування:

$$d_{\max} = 445,9 \text{ мм}$$

Для чистового гостріння:

$$d_{\max} = 446,18 \text{ мм}$$

Для напівчистового гостріння:

$$d_{\max} = 446,85 \text{ мм}$$

Для чорнового гостріння:

$$d_{\max} = 448,48 \text{ мм}$$

Для заготовки:

$$d_{\max} = 451,23 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків для кожної операції визначаємо по формулах:

$$2 \cdot Z_{i \min} = d_{i-l \min} - d_{i \max}$$

$$2 \cdot Z_{i \max} = d_{i-l \max} - d_{i \min}$$

Правильність розрахунків визначаємо на підставі рівності:

$$2 \cdot Z_{i \max} - 2 \cdot Z_{i \min} = T_i + T_{i-1}$$

У всіх випадках - для всіх переходів воно дотримується. Визначаємо мінімальний розмір заготовки по формулі:

$$d_{\text{заг min}} = d_{\partial \min} + \sum_{i=1}^n T_i + 2 \cdot \sum_{i=1}^n Z_{i \min}$$

де $d_{\partial \min}$ - мінімальне (нижнє) граничне відхилення розміру деталі, мм; T_i - допуск на розмір, одержуваний після виконання і-го переходу (операції); $Z_{i \min}$ - мінімальне значення припуску на виконання і-го переходу (операції), мкм;

$$d_{\min} = 445,903 + (0,097 + 0,097 + 0,155 + 0,63 + 1,5 \cdot 5) + (1,1955 + 1,0034 + 0,5120 + 0,1791) \\ = 451,3 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг}} = d_{\text{заг min}} + T_{\text{заг}} = 451,3 + 4,0 = 455,3 \text{ мм}$$

Діаметр заготовки з урахуванням відхилень рівний: $\varnothing 452,6^{+2,7}_{-1,3} \text{ мм}$.

Таблиця 1.8– Припуски, операційні розміри й розміри заготовки на зовнішню поверхню діаметра $\varnothing 446-0_{,097}$ мм, отримані розрахунково–аналітичним методом.

№	Технолог. переходи	Елементи min припуска, мкм				Min значення припуска	Допуск	Розрах. розміри	Граничні розміри		Граничні значення припусків, мм		Виконавчі розміри
		Rz_{i-1}	h_{i-1}	$\Delta \Sigma_{i-1}$	ε_i	$2 Z_{i \min}$, мкм	T_i , мм	мм	min	max	$2 \cdot Z_{i \min}$	$2 \cdot Z_{i \max}$	мм
	Нар. пов. $\varnothing 446-0_{,097}$.				-								
05	Штамповка	250	300	2280	-	-	4,0	451,225	451,3	455,3	-	-	$452.6^{+2.7}_{-1,3}$
	Точення чорн.	250	240	137	-	1195	1,55	448,48	448,48	450,03	1,25	6,8	$450.03_{-1,55}$
	Точення п/чист.	125	120	121	-	1003,4	0,63	446,846	446,85	447,476	0,97	3,15	$447,476_{-0,63}$
	Точення чист.	40	40	91	-	512	0,155	446,179	446,18	446,335	0,545	1,33	$446.335_{-1,155}$
	Шлифов.	5	5	68	-	179,1	0,097	445,9	445,9	446	0,18	0,432	$446_{-0,097}$

Визначаємо асиметричні припуски на торцеву поверхню $497,05h8_{(-0,097)}$

Асиметричні припуски для плоских поверхонь визначаються по формулі:

$$Z_{imin}=R_{zi-1}+h_{i-1}+\Delta\Sigma_{i-1}+\varepsilon_i,$$

де Z_{imin} – мінімальне значення припуску, мкм;

R_{zi-1} – величина шорсткості від попередньої обробки, мкм;

h_{i-1} – глибина дефектного шару від попередньої обробки, мкм;

$\Delta\Sigma_{i-1}$ – сумарна погрішність форми й просторових відхилень, що залишився від попередньої обробки;

ε_i – погрішність базування на виконуваному переході (операції), мкм.

Елементи мінімальних припусків для виконання кожної операції (переходу) і допуски на операційні розміри, і розміри заготовки ухвалюємо за нормативним даними й розраховуємо за методикою, наведеної в довіднику технолога-машинобудівника Т.1 [1].

Характеристики якості поверхні R_z і h , як і в попередньому випадку, вибираємо з таблиці 12 [1].

Після штампування: $R_{z1}=250$ мкм; $h_1=300$ мкм;

$R_{z2}=250$ мкм; $h_2=300$ мкм;

Після чорнового гостріння: $R_{z1}=100$ мкм; $h_1=100$ мкм;

$R_{z2}=100$ мкм; $h_2=100$ мкм;

Після напівчистового гостріння: $R_{z1}=50$ мкм; $h_1=50$ мкм;

$R_{z2}=50$ мкм; $h_2=50$ мкм;

Після чистового гостріння: $R_{z1}=25$ мкм; $h_1=25$ мкм;

Після притирання: $R_{z2}=5$ мкм; $h_2=10$ мкм;

Після чистового гостріння: $R_{z1}=25$ мкм; $h_1=25$ мкм;

$R_{z2}=25$ мкм; $h_2=25$ мкм;

Після шліфування : $R_{z1}=5$ мкм; $h_1=5$ мкм;

$R_{z2}=5$ мкм; $h_2=5$ мкм;

Сумарне значення погрішностей форми й просторових відхилень заготовки, отриманих штампуванням розраховуємо по формулі:

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

де $\Delta_{\text{неп}}$ – неперпендикулярність;

$$\Delta_{\text{неп}} = 1400 \text{ мкм (табл. 17) [1].}$$

$\Delta_{\text{кор}}$ – жолоблення кувань,

$$\Delta_{\text{кор}} = 500 \text{ мкм (табл 17) [1].}$$

$$\Delta\Sigma = \sqrt{1400^2 + 500^2} = 1486,6 \text{ мкм},$$

У міру обробки відбувається її зменшення, пропорційно коефіцієнту уточнення.

Після чорнового гостріння:

$$\Delta_{\Sigma\text{черн.}} = \Delta\Sigma \cdot K_y = 1486,6 \cdot 0,06 = 89,2 \text{ мкм};$$

Після напівчистового гостріння:

$$\Delta_{\Sigma\text{черн.}} = \Delta\Sigma \cdot K_y = 1486,6 \cdot 0,05 = 74,33 \text{ мкм};$$

Після чистового гостріння:

$$\Delta_{\Sigma\text{черн.}} = \Delta\Sigma \cdot K_y = 1486,6 \cdot 0,04 = 59,4 \text{ мкм};$$

Після шліфування:

$$\Delta_{\Sigma\text{черн.}} = \Delta\Sigma \cdot K_y = 1486,6 \cdot 0,03 = 44,6 \text{ мкм};$$

Шліфування погрішностей форми й просторових відхилень не дає, $\Delta_{\text{шлиф.}} = 0$.

Після термообробки величина жолоблення форми не перевищує 400 мкм [1].

Погрішність закріплення в не перевищує 30 мкм.

Підставляємо отримані значення елементів припуску в раніше наведену формулу, одержуємо їхнє значення для кожної операції.

Припуск для чорнового гостріння торця 1:

$$Z_{\text{imin}} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \Delta\Sigma_{i-1} + \epsilon_i = 250 + 300 + 1486,6 + 400 = 2436,6 \text{ мкм};$$

Припуск для чорнового гостріння торця 2:

$$Z_{imin}=R_{zi-1}+h_{i-1}+\Delta\Sigma_{i-1}+\epsilon_i=250+300+1486,6+400=2436,6\text{ мкм};$$

Припуск для напівчистового гостріння торця 1:

$$Z_{imin}=R_{zi-1}+h_{i-1}+\Delta\Sigma_{i-1}+\epsilon_i=100+100+89,2=289,2\text{ мкм};$$

Припуск для напівчистового гостріння торця 2:

$$Z_{imin}=R_{zi-1}+h_{i-1}+\Delta\Sigma_{i-1}+\epsilon_i=100+100+89,2+30=319,2\text{ мкм};$$

Припуск для чистового гостріння торця 2:

$$Z_{imin}=R_{zi-1}+h_{i-1}+\Delta\Sigma_{i-1}+\epsilon_i=50+50+74,3+30=204,33\text{ мкм};$$

Припуск для притирання торця 2:

$$Z_{imin}=R_{zi-1}+h_{i-1}+\Delta\Sigma_{i-1}+\epsilon_i=25+25+74,33+30=124,33\text{ мкм};$$

Припуск для чистового гостріння торця 1:

$$Z_{imin}=R_{zi-1}+h_{i-1}+\Delta\Sigma_{i-1}+\epsilon_i=25+25+74,33+30=154,33\text{ мкм};$$

Припуск для шліфування:

$$Z_{imin}=R_{zi-1}+h_{i-1}+\Delta\Sigma_{i-1}+\epsilon_i=25+25+0+0=50\text{ мкм};$$

Мінімальне значення операційних розмірів визначаємо по формулі [2]:

$$Li-1_{min}=Lim_{in}+T_i+Z_{imin};$$

де Lim_{in} – мінімальне значення розміру на виконуваному переході, мм;

$Li-1_{min}$ – мінімальне значення розміру на попередньому переході, мм;

T_i – відхилення, що допускається, розміру на виконуваному переході, мм.

T_i призначаємо залежно від квалітету (класу) точності, одержуваного при кожному методі обробки й величини виконавчого розміру.

У підсумку одержуємо:

Після шліфування:

$$Li-1_{min}=496,593-0,097=496,953\text{ мм};$$

Після чистового гостріння торця 1:

$$Li-1_{\min}=496,953+0,12+0,15433=497,1\text{мм};$$

Після притирання торця 2:

$$Li-1_{\min}=497,1+0,155+0,12433=497,409\text{мм};$$

Після чистового гостріння торця 2:

$$Li-1_{\min}=497,409+0,155+0,139=497,653\text{мм};$$

Після напівчистового гостріння торця 2:

$$Li-1_{\min}=497,653+0,3+0,3192=498,012\text{мм};$$

Після напівчистового гостріння торця 1:

$$Li-1_{\min}=498,012+0,3+0,2892=498,954\text{мм};$$

Після чорнового гостріння торця 2 :

$$Li-1_{\min}=498,954+1,2+2,4366=499,873\text{мм};$$

Після чорнового гостріння торця 1:

$$Li-1_{\min}=499,873+1,2+2,4366=503,859\text{мм};$$

Визначаємо мінімальну товщину заготовки по формулі:

$$L_{\text{заг. min}}=L_{\text{дет. min}}+\sum_{i=1}^n T_i + \sum_{i=1}^n Z_{i \min} ;$$

$$\begin{aligned} L_{\text{заг. min}} &= 496,593 + (0,046 + 0,074 + 0,074 + 0,03 + 0,19 + 0,3 + 0,3 + 1,2 + 1,2) + \\ &+ (0,05 + 0,139 + 0,154 + 0,124 + 0,204 + 0,319 + 0,289 + 2,436 + 2,4366) = \\ &507,845\text{мм} \end{aligned}$$

Округляємо розмір до більшої цілої величини – 508 мм

Виконавчий розмір товщини заготовки рівний:

$$509,3^{+2,7}_{-1,3} \text{ мм};$$

Точність розрахунків підтверджується дотриманням рівності:

$$Z_{\max} - Z_{\min} = T_i + T_{i-1}$$

Таблиця 1.5.4 – Припуски, операційні розміри й розміри заготовки на зовнішню поверхню діаметра
 $497,05h8_{(-0,097)}$ мм, отримані розрахунково– аналітичним методом.

№	Технологічні переходи	Елементи припуску, мкм				Min значення припуску	Допуск	Розрахункові розміри	Граничні розміри		Граничні значення припусків, мм		Виконавчі розміри
		Rz	h	$\Delta\Sigma$	ε	Zi min, мкм	Ti, мкм	мм	min	max	Zimin	Zimax	мм
	Торець $497,05h8_{(-0,097)}$												
	Штампуння	250	300	1486,6	-	-	4,0	507,845	508	512	-	-	$509,3^{+2,7}_{-1,3}$
	Чорнове гостріння торця 1	100	100	89,2	-	2436,6	1,55	503,859	503,86	505,41	0,243	6,59	$503,86_{-1,55}$
	Чорнове гостріння торця 2	100	100	89,2	-	2436,6	1,55	499,873	499,87	501,42	0,243	3,99	$499,87_{-1,55}$
	Напівчистове гостріння торця 1	50	50	74,33	-	289,2	0,63	498,954	498,95	499,59	0,289	1,81	$498,95_{-0,63}$
	Напівчистове гостріння торця 2	50	50	74,33	30	319,2	0,63	498,012	498,01	498,64	0,319	0,95	$498,01_{-0,63}$
	Чистове гостріння торця 2	25	50	559,4	30	204,33	0,155	497,653	497,65	497,81	0,204	0,83	$497,65_{-0,155}$
	Притирання торця 2	5	10	-	-	124,33	0,12	497,409	497,41	497,53	0,124	0,28	$497,41_{-0,12}$
	Чистове гостріння торця 1	25	25	59,4	30	154,33	0,155	497,1	497,1	497,26	0,154	0,27	$497,1_{-0,074}$
	Шліфування	5	5	44,6	-	50	0,097	496,95	496,95	497,05	0,050	0,21	$497,05_{-0,097}$

Визначення припусків табличним методом.

Табличним методом визначаємо припуски на всі інші оброблювані поверхні заготовки -вала КВД за методикою й нормованим даним, наведеним в [1],Т.1., з урахуванням методів обробки, розмірів оброблюваної поверхні й точності обробки.

Операційні розміри розраховуємо по формулах:

- для плоских поверхонь (торців):

$$L_{i-l\min} = L_{i\min} + T_i + Z_{i\min}$$

- для зовнішніх поверхонь обертання:

$$d_{i-l\min} = d_{i\min} + T_i + 2 \cdot Z_{i\min}$$

- для внутрішніх поверхонь обертання - отворів:

$$d_{i-l\max} = d_{i\max} + T_i + 2 \cdot Z_{i\min}$$

де L_i і d_i - розміри одержувані на виконуваних переходах (операціях);

L_{i-1} і d_{i-1} - те ж на попередні.

Результати розрахунків наведено в табл. 1.5.5

Таблиця 1.9 - Припуски, операційні розміри й розміри заготовки на внутрішні діаметральні поверхні, отримані табличним методом.

№	Технолог, переходи	Минималь ное значення припуску	Допуск	Розрахунко ві розміри	Граничні розміри		Граничні значення припусків,мм		Виконавчі розміри
		$2 * Z_{i \min}$, мкм	Ti, мм	мм	min	max	$2 * Z_{i \min}$	$2 * Z_{i \max}$	мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
03	Внутр.пов. $\varnothing 371^{+0,36}$								
03	Штампкування	-	3,2	363,99	363,99	367,19	-	-	$366^{+1,1}_{-2,1}$
15	Черн. точ.	2200	1,3	367,49	367,49	368,79	2,7	9,2	$367,49^{+1,3}$
30	П-Чистий. точ.	1700	0,97	369,71	369,71	370,23	2,18	6,23	$369,71^{+0,97}$
65	Чистий. точ.	700	0,52	370,62	370,62	370,83	1,7	4,22	$370,62^{+0,52}$
95	Шліфований.	250	0,36	371	371	371,36	0,9	2,5	$371^{+0,36}$
03	Внутр.пов. $\varnothing 425^{+0,25}$								
03	Штампкування	-	4,0	411,33	411,33	415,33	-	-	$414,03^{+1,3}_{-2,7}$
15	Черн. точ.	2500	2,5	416,33	416,33	418,83	2,7	9,2	$416,33^{+2,5}$
30	П-Чистий. точ.	2200	1,55	420,08	420,08	422,35	2,18	6,23	$420,08^{+1,55}$
75	Чистий. точ.	1700	0,97	423,47	423,47	422,44	1,7	4,22	$423,47^{+0,97}$
95	Шліфований.	900	0,25	425	425	425,25	0,9	2,5	$425^{+0,25}$

1.6 Проектування операцій механічної обробки

Операція 140. Токарна.

Верстат: Токарський -163 Матеріал: сталь- ХН73 МБТЮ-ВД

Твердість: НВ 286...340. Поверхня Ø590 L=3,6мм Ra=1,25мкм;

Інструмент: різець розточувальної $\varphi=60^\circ$, $\varphi_1=40^\circ$; R=1мм; Т5 ДО10
ДЕРЖСТАНДАРТ18882-73

1. Визначаємо глибину різання:

$$t=Z_{\max}=0,5 \text{ (мм)}.$$

2. Довжина робочого ходу супорта:

$$L_{\text{рх.пр}}=l_{\text{рез}}+u_{\text{врез}}+u_{\text{переб}}, \text{ де}$$

$l_{\text{рез}}$ - найбільша довжина різання для різця поздовжнього супорта, мм;

$u_{\text{врез}}$ - величина врізання [3]

$u_{\text{переб}}$ - величина перебігу [3]

$$l_1 = u_{\text{врез}} + u_{\text{переб}} = 1,6 \text{ мм};$$

$$L_{\text{рх.пр}} = 3,6 + 1,6 = 5,2 \text{ мм};$$

3. Визначаємо подачу супорта:

$$S_{\text{пр}} = 0,088 \text{ мм/ про [3];}$$

Виходячи з великої довжини обробки по паспорту ухвалюємо
 $S_{\text{пр}} = 0,1 \text{ мм/ про}$

4. Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v = \frac{292}{120^{0,18} \cdot 0,5^{0,3} \cdot 0,1^{0,15}} \cdot 0,8 = 116,8 \text{ м / мин.}$$

де S-Подача супорта;

t-глибина різання різця;

C_v , x, y, m-коефіцієнт і показники ступені [2];

K_v – поправочний коефіцієнт;

T-Період стійкості інструмента $T=120 \text{ хв}$;

$C_v=292$, $x=0,3$, $y=0,15$, $m=0,18$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = 0,72 \cdot 0,8 \cdot 1,4 = 0,8$$

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

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_\beta} \right)^{n_v} = 0,8 \left(\frac{750}{830} \right)^{1,0} = 0,72$$

де K_r - коефіцієнт, що враховує групу сталі по оброблюваності $K_r=0,8$

n_v - показник ступеня $n_v=1,0$ [2]

σ_β -тимчасовий опір розриву $\sigma_\beta=830$ кгс/мм²

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні $K_{nv}=0,8$ [2]

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу $K_{iv}=1,4$ [2]

5.Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 116.8}{3.14 \cdot 590} = 63 \text{об / мин}$$

По верстату ухвалюємо $n=60$ про/хв

6.Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 590 \cdot 60}{1000} = 148,2 \text{ м / мин}$$

7.Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 148,2^0 \cdot 0,94 = 777,3 \text{ Н}$$

де x, y, n -показники ступеня [2];

S, V, t - режим різання [2];

K_r - коефіцієнт, що враховує вплив умов різання;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1,07 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,94$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^n = \left(\frac{830}{750} \right)^{0,75} = 1,07$$

$K_{\phi p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані $K_{\phi p}=0,94$ [2]

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута $K_{\gamma p}=1,0$ [2]

$K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза $K_{\lambda p}=1,0$

K_{гр}- коефіцієнт, що враховує вплив радіуса при вершині K_{гр}=0,93 [2]

Порівн=204; x=1.0; y=0.75; n=0 [2]

8.Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{777.3 \cdot 148,2}{1020 \cdot 60} = 1.136 \text{ кВт.}$$

9.Основний час:

$$T_o = \frac{L_{p.нр.}}{S_{нр.} \cdot n} = \frac{5,2}{0.3 \cdot 60} = 2 \text{ мин.}$$

Робимо нормування операції:

1.Визначаємо основний час .

t_о=2хв.

2.Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{упр} + t_{контр} + t_{нр.} = 7,8 + 0,015 + 0,16 + 1,2 = 9,18 \text{ мин.}$$

t_y=7,8хв- допоміжний час на установку й зняття деталі [3]

t_{упр}=0,015 мін-допоміжний час на керування верстатом [3]

t_{контр.}=0,19 мін-нормативний час контролю [3]

$$t_{пер} = t_{прох.} + t_{изм.реж} + t_{уст.загр.} = 0,84 + 0,06 + 0,3 = 1,2 \text{ мин}$$

де t_{прох}=0,84 мін-час пов'язане із проходом [3]

t_{изм.реж}=0,06 мін-час пов'язане з перемиканням числа обертів і величини подачі [3]

$$t_{уст.защ} = 0,3 \text{ мін-установка захисного загородження [3]}$$

3.Визначаємо оперативний час

$$t_{он} = t_o + t_{доп} = 2 + 9,18 = 11,18 \text{ мин.}$$

4.Визначаємо додатковий час

$$t_{доп} = (\alpha_{обс} + \alpha_{отд}) \cdot t_{он} = (0,04 + 0,04) \cdot 11,18 = 0,89 \text{ мин.}$$

де $\alpha_{обс}$ = 4% - час на організаційне й технічне обслуговування робочого місця [3] $\alpha_{отд}$ = 4% - час на відпочинок і особисті потреби [3]

5.Визначаємо штучний час

$$t_{ум} = t_{он} + t_{всп} + t_{дон} = 11,18 + 0,89 = 12,07 \text{ мин.}$$

6. Визначаємо підготовчо-заключний час на партію заготовок

$$t_{n-3} = 16 + 5,2 + 7 = 28,2 \text{ мин.}$$

7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{ш-к} = t_{ум} + \frac{t_{n-3}}{n} = 12,07 + \frac{28,2}{48} = 12,65 \text{ мин.}$$

Операція 20 Токарна.

Верстат : токарна з ЧПУ 654Ф3

Матеріал : сталь ХН73 МБТЮ-ВД

Твердість НВ 286...340

Здійснюємо розрахунок режимів різання по траєкторіях:

Траєкторія 1

Обробляємо розміри: Ø451 L16-0,26 Ra 6,3мкм

Інструмент: різець прохідний відігнутий лівий упорний $\varphi=90^\circ$; $\varphi_1=10^\circ$;

R=1мм; ВК8 ДЕРЖСТАНДАРТ 18879-73

1. Визначаємо глибину різання для чорнового однократного гостріння:

$$t = \frac{z_{\max}}{3} = \frac{4}{3} = 1,3 \text{ мм.}$$

2. Довжина робочого ходу супорта:

$$L_{рх.пр} = l_{рез} + u_{врез} + u_{переб}$$

де $l_{рез}$ -найбільша довжина різання для різця поздовжнього супорта, мм;

$u_{врез}$ -величина врізання [3]

$u_{переб}$ -величина перебігу [3]

$$u_{врез} + u_{переб} = 2,0 \text{ мм}$$

$$L_{рх.пр} = l_{рез} + u_{врез} + u_{переб} = 16 + 2,0 = 18 \text{ мм}$$

3. Визначаємо подачу супорта:

$$S_o = S_{от} K_{so};$$

$$K_{so} = K_{сп} K_{си} K_{сф} K_{сз} K_{сж} K_{см}$$

где $K_{сп}$ -коэффициент враховуючий стан оброблюваної поверхні $K_{сп}=1,0$ [1];

$K_{си}$ - коэффициент враховуючий матеріал інструмента $K_{си}=1,0$ [1];

$K_{сф}$ - коэффициент враховуючий форму оброблюваної поверхні $K_{сф}=0,85$ [1] ;

$K_{сз}$ - коэффициент враховуючий вплив загартування $K_{сз}=0,8$ [1];

$K_{сж}$ - коэффициент враховуючий твердість технологічної системи $K_{сж}=1,0$;

$K_{см}$ - коэффициент враховуючий матеріал оброблюваної деталі $K_{см}=1,0$ [1];

$S_{от}$ -Табличне значення подачі $S_{от}=0,13$ мм/ про [1];

$$S_o = S_{от} K_{сп} K_{си} K_{сф} K_{сз} K_{сж} K_{см} = 0,13 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,85 \times 0,8 \times 1,0 \times 1,0 = 0,09 \text{ мм/}$$

про

По паспотру $S_{пр}=0,08$ мм/ про.

4.Визначаємо швидкість різання:

$$V = v_T \times K_v;$$

$$K_v = K_{vm} K_{vi} K_{v\phi} K_{vm} K_{vj} K_{vp} K_{vo};$$

v_T -табличне значення швидкості різання, м/хв $v_T=177$ м/хв [1];

K_{vm} -Коефіцієнт оброблюваності матеріалу $K_{vm}=0,8$ [1];

K_{vi} - коэффициент враховуючий властивості матеріалу інструмента $K_{vi}=0,83$ [1];

$K_{v\phi}$ - коэффициент враховуючий вплив кута в плані $K_{v\phi}=1,13$ [1];

K_{vm} - коэффициент враховуючий вид обробки $K_{vm}=0,75$ [1];

K_{vj} - коэффициент враховуючий твердість технологічної системи $K_{vj}=1,0$ [1];

K_{vp} - коэффициент враховуючий стан оброблюваної поверхні $K_{vp}=1,0$ [1];

K_{vo} - коэффициент враховуючий вплив СОЖ $K_{vo}=1,0$ [1];

$$\begin{aligned} V &= v_T \times K_{vm} \times K_{vi} \times K_{v\phi} \times K_{vm} \times K_{vj} \times K_{vp} \times K_{vo} = \\ &= 177 \times 0,8 \times 0,83 \times 1,13 \times 0,75 \times 1,0 \times 1,0 = 99,6 \text{ м / мин} \end{aligned}$$

5.Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 99,6}{3,14 \cdot 451} = 126,8 \text{ про/хв}$$

По верстату $n_{ст}=112$ про/хв;

6.Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 451 \cdot 112}{1000} = 87,9 \text{ м/хв}$$

7.Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1,3^{1,0} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 87,9^0 \cdot 0,88 = 350 \text{ Н}$$

де x,y,n -показники ступеня;

S,V,t- режим різання;

K_p- коефіцієнт, що враховує вплив умов різання;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{r p} = 1,07 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,8$$

де K_{mp}- коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^n = \left(\frac{830}{750} \right)^{0,75} = 1,07$$

K_{φp}- коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані K_{φp}=0,89 [1]

K_{γp}- коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута K_{γp}=1,0 [1]

K_{λp}- коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза K_{λp}=1,0

K_{rp}- коефіцієнт, що враховує вплив радіуса при вершині K_{rp}=0,93 [1]

$$\text{Порівн}=204; x=1,0; y=0,75; n=0 [1]$$

8.Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{350 \cdot 87,9}{1020 \cdot 60} = 0,5 \text{ кВт}$$

Зрівняємо отриману потужність із потужністю верстата:

$$N_{\text{ст}}=60 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ст}} > N$$

9.Основний час:

$$T_o = i \cdot \frac{L_{p.np.}}{S_{np} \cdot n} = 3 \cdot \frac{18}{0,08 \cdot 112} = 23,6 \text{ мин.}$$

Траєкторія 2

Обробляємо розміри: Ø366-0,3 L 18Ra 6,3мкм

Інструмент: різець прохідний відігнутий правий упорний φ=90° ; φ₁=10°;

R=1мм; ВК8 ДЕРЖСТАНДАРТ 18879-73

Точіння поверхонь згідно з ескізом.

1.Визначаємо глибину різання для чорнового однократного точіння:

$$t = \frac{z_{\max}}{5} = \frac{7,95}{5} = 1,6 \text{ мм.}$$

2.Довжина робочого ходу супорта:

$$L_{\text{рх.пр}} = l_{\text{рез}} + u_{\text{врез}} + u_{\text{переб}}$$

де $l_{\text{рез}}$ -найбільша довжина різання для різця поздовжнього супорта, мм;

$u_{\text{врез}}$ - величина врізання [3]

$u_{\text{переб}}$ - величина перебігу [3]

$$u_{\text{врез}} + u_{\text{переб}} = 2,0 \text{ мм}$$

$$L_{\text{рх.пр}} = l_{\text{рез}} + u_{\text{врез}} + u_{\text{переб}} = 18 + 2,0 = 20 \text{ мм}$$

3.Визначаємо подачу супорта:

$$S_o = S_{\text{от}} K_{s_o};$$

$$K_{s_o} = K_{\text{сп}} K_{\text{си}} K_{\text{сф}} K_{\text{сз}} K_{\text{сж}} K_{\text{см}}$$

де $K_{\text{сп}}$ -Коефіцієнт враховуючий стан оброблюваної поверхні $K_{\text{сп}} = 1,0$ [2];

$K_{\text{си}}$ - коефіцієнт враховуючий матеріал інструмента $K_{\text{си}} = 1,0$ [2];

$K_{\text{сф}}$ - коефіцієнт враховуючий форму оброблюваної поверхні $K_{\text{сф}} = 0,85$ [2];

$K_{\text{сз}}$ - коефіцієнт враховуючий вплив загартування $K_{\text{сз}} = 0,8$ [2];

$K_{\text{сж}}$ - коефіцієнт враховуючий твердість технологічної системи $K_{\text{сж}} = 1,0$;

$K_{\text{см}}$ - коефіцієнт враховуючий матеріал оброблюваної деталі $K_{\text{см}} = 1,0$ [2];

$S_{\text{от}}$ -Табличне значення подачі $S_{\text{от}} = 0,13 \text{ мм/ про}$ [2];

$$S_o = S_{\text{от}} K_{\text{сп}} K_{\text{си}} K_{\text{сф}} K_{\text{сз}} K_{\text{сж}} K_{\text{см}} = 0,13 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,85 \times 0,8 \times 1,0 \times 1,0 = 0,09 \text{ мм/}$$

про

По паспотру $S_{\text{пр}} = 0,08 \text{ мм/ про}$.

4.Визначаємо швидкість різання:

$$V = v_T \times K_v;$$

$$K_v = K_{\text{vm}} K_{\text{ви}} K_{\text{вф}} K_{\text{vm}} K_{\text{вж}} K_{\text{вп}} K_{\text{во}};$$

v_T -табличне значення швидкості різання, м/хв $v_T = 177 \text{ м/хв}$ [1];

K_{vm} -Коефіцієнт оброблюваності матеріалу $K_{\text{vm}} = 0,8$ [2];

$K_{ви}$ -Коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу інструмента $K_{ви}=0,83$ [2];

$K_{\nu\phi}$ - коефіцієнт враховуючий вплив кута в плані $K_{\nu\phi}=1,13$ [2];

K_{vm} - коефіцієнт враховуючий вид обробки $K_{vm}=0,75$ [2];

$K_{вж}$ - коефіцієнт враховуючий твердість технологічної системи $K_{вж}=1,0$ [2];

$K_{\nu\pi}$ - коефіцієнт враховуючий стан оброблюваної поверхні $K_{\nu\pi}=1,0$ [2];

$K_{\nu 0}$ - коефіцієнт враховуючий вплив СОЖ $K_{\nu 0}=1,0$ [2];

$$V = v_T \times K_{vm} \times K_{ви} \times K_{\nu\phi} \times K_{vm} \times K_{вж} \times K_{\nu\pi} \times K_{\nu 0} = \\ = 177 \times 0,8 \times 0,83 \times 1,13 \times 0,75 \times 1,0 \times 1,0 = 99,6 \text{ м / мин}$$

5. Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 99,6}{3,14 \cdot 366} = 138,5 \text{ про/хв}$$

По верстату $n_{ст}=140$ про/хв;

6. Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 366 \cdot 140}{1000} = 100,6 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1,6^{1,0} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 100,6^0 \cdot 0,88 = 432 \text{ Н} \quad \text{де} \quad x, y, n -$$

показники ступеня;

S, V, t - режим різання;

K_p - коефіцієнт, що враховує вплив умов різання;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1,07 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,8$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^n = \left(\frac{830}{750} \right)^{0,75} = 1,07$$

$K_{\phi p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані $K_{\phi p}=0,89$ [2];

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута $K_{\gamma p}=1,0$ [2];

$K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза $K_{\lambda p}=1,0$

K_{rp} - коефіцієнт, що враховує вплив радіуса при вершині $K_{rp}=0,93$ [2];

Порівн=204; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=0$ [2];

8.Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{432 \cdot 100,6}{1020 \cdot 60} = 0,71 \text{ кВт}$$

Зрівняємо отриману потужність із потужністю верстата:

$$N_{ст}=60 \text{ кВт}$$

$$N_{ст} > N$$

9.Основний час:

$$T_o = i \cdot \frac{L_{p.пр.}}{S_{пр} \cdot n} = 5 \cdot \frac{20}{0,08 \cdot 140} = 26,16 \text{ мин.}$$

Траєкторія 3

Обробляємо розміри: $\varnothing 420$, L65, Ra 6,3 мкм

Інструмент: різець розточний відігнутий упорний $\varphi=60^\circ$; $\varphi_1=30^\circ$; R=1мм;

ВК8

ДЕРЖСТАНДАРТ 18882-73

1.Визначаємо глибину різання для чорнового однократного гостріння:

$$t = \frac{z_{\max}}{7} = \frac{10,5}{7} = 1,5 \text{ мм.}$$

2.Довжина робочого ходу супорта:

$$L_{рх.пр}=l_{рез}+u_{врез}+u_{переб}$$

Де $l_{рез}$ -найбільша довжина різання для різця поздовжнього супорта, мм;

$u_{врез}$ - величина врізання

$u_{переб}$ - величина перебігу

$$u_{врез} + u_{переб} = 2,0 \text{ мм}$$

$$L_{рх.пр}=l_{рез}+u_{врез}+u_{переб}=65+2,0=67 \text{ мм}$$

3.Визначаємо подачу супорта:

$$S_o = S_{от} K_{so};$$

$$K_{so} = K_{сп} K_{си} K_{сф} K_{сз} K_{сж} K_{см}$$

где $K_{сп}$ -коefficient враховуючий стан оброблюваної поверхні $K_{сп}=1,0$ [2];

$K_{си}$ - coefficient враховуючий матеріал інструмента $K_{си}=1,0$ [2];

$K_{сф}$ - coefficient враховуючий форму оброблюваної поверхні $K_{сф}=0,85$;

$K_{сз}$ - coefficient враховуючий вплив загартування $K_{сз}=0,8$ [2];

$K_{сж}$ - coefficient враховуючий твердість технологічної системи $K_{сж}=1,0$

$K_{см}$ - coefficient враховуючий матеріал оброблюваної деталі $K_{см}=1,0$ [2];

$S_{от}$ -Табличне значення подачі $S_{от}=0,13$ мм/ про [2];

$$S_o = S_{от} K_{сп} K_{си} K_{сф} K_{сз} K_{сж} K_{см} = 0,13 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,85 \times 0,8 \times 1,0 \times 1,0 = 0,09 \text{ мм/ про}$$

По паспорту $S_{пр}=0,08$ мм/ про.

4. Визначаємо швидкість різання:

$$V = v_T \times K_v;$$

$$K_v = K_{vm} K_{vi} K_{vф} K_{vm} K_{vж} K_{vп} K_{vo};$$

v_T -табличне значення швидкості різання, м/хв $v_T=177$ м/хв [1];

K_{vm} -Коеfficient оброблюваності матеріалу $K_{vm}=0,8$ [2];

K_{vi} -Коеfficient враховуючий властивості матеріалу інструмента $K_{vi}=0,83$ [2];

$K_{vф}$ - coefficient враховуючий вплив кута в плані $K_{vф}=1,13$ [2];

K_{vm} - coefficient враховуючий вид обробки $K_{vm}=0,75$ [2];

$K_{vж}$ - coefficient враховуючий твердість технологічної системи $K_{vж}=1,0$ [2];

$K_{vп}$ - coefficient враховуючий стан оброблюваної поверхні $K_{vп}=1,0$ [2];

K_{vo} - coefficient враховуючий вплив СОЖ $K_{vo}=1,0$ [2];

$$\begin{aligned} V &= v_T \times K_{vm} \times K_{vi} \times K_{vф} \times K_{vm} \times K_{vж} \times K_{vп} \times K_{vo} = \\ &= 177 \times 0,8 \times 0,83 \times 1,13 \times 0,75 \times 1,0 \times 1,0 = 99,6 \text{ м/ мин} \end{aligned}$$

5. Частота обертання шпінделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 99,6}{3,14 \cdot 420} = 144,8 \text{ про/хв}$$

По верстату $n_{\text{ст}}=140$ про/хв;

6. Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 420 \cdot 140}{1000} = 96,2 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 96,2^0 \cdot 0,93 = 425 \text{ Н}$$

де x, y, n - показники ступеня;

S, V, t - режим різання;

K_p - коефіцієнт, що враховує вплив умов різання;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1,07 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,94 = 0,93$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^n = \left(\frac{830}{750} \right)^{0,75} = 1,07$$

$K_{\phi p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані $K_{\phi p}=0,94$ [2];

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута $K_{\gamma p}=1,0$ [2];

$K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза $K_{\lambda p}=1,0$

K_{rp} - коефіцієнт, що враховує вплив радіуса при вершині $K_{rp}=0,93$ [2];

Порівн=204; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=0$ [2];

8. Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{425 \cdot 96,2}{1020 \cdot 60} = 0,67 \text{ кВт}$$

Зрівняємо отриману потужність із потужністю верстата:

$$N_{\text{ст}}=60 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ст}} > N$$

9. Основний час:

$$T_o = i \cdot \frac{L_{p.np.}}{S_{np} \cdot n} = 7 \cdot \frac{67}{0,08 \cdot 140} = 39,6 \text{ мин.}$$

Траєкторія 4

Обробляємо розміри: $\varnothing 451$, L209 Ra 6,3 мкм

Інструмент: різець прохідний відігнутий упорний $\varphi=60^\circ$; $\varphi_1=30^\circ$; $R=1\text{мм}$;
ВК8

ДЕРЖСТАНДАРТ 18882-73

1. Визначаємо глибину різання для чорнового однократного гостріння:

$$t = \frac{z_{\max}}{4} = \frac{5,3}{4} = 1,32 \text{ мм.}$$

2. Довжина робочого ходу супорта:

$$L_{\text{рх.пр}} = l_{\text{рез}} + u_{\text{врез}} + u_{\text{переб}}$$

де $l_{\text{рез}}$ -найбільша довжина різання для різця поздовжнього супорта, мм;

$u_{\text{врез}}$ -величина врізання

$u_{\text{переб}}$ -величина перебігу

$$u_{\text{врез}} + u_{\text{переб}} = 2,0 \text{ мм [3];}$$

$$L_{\text{рх.пр}} = l_{\text{рез}} + u_{\text{врез}} + u_{\text{переб}} = 209 + 2,0 = 211,4 \text{ мм}$$

3. Визначаємо подачу супорта:

$$S_o = S_{\text{от}} K_{s_o};$$

$$K_{s_o} = K_{\text{сп}} K_{\text{си}} K_{\text{сф}} K_{\text{сз}} K_{\text{сж}} K_{\text{см}}, \text{ де}$$

$K_{\text{сп}}$ -Коефіцієнт враховуючий стан оброблюваної поверхні $K_{\text{сп}}=1,0$ [2];

$K_{\text{си}}$ - коефіцієнт враховуючий матеріал інструмента $K_{\text{си}}=1,0$;

$K_{\text{сф}}$ - коефіцієнт враховуючий форму оброблюваної поверхні $K_{\text{сф}}=0,85$ [2];

$K_{\text{сз}}$ - коефіцієнт враховуючий вплив загартування $K_{\text{сз}}=0,8$ [2];

$K_{\text{сж}}$ - коефіцієнт враховуючий твердість технологічної системи $K_{\text{сж}}=1,0$;

$K_{\text{см}}$ - коефіцієнт враховуючий матеріал оброблюваної деталі $K_{\text{см}}=1,0$ [2];

$S_{\text{от}}$ -Табличне значення подачі $S_{\text{от}}=0,13\text{мм/про}$ [2];

$$S_o = S_{\text{от}} K_{\text{сп}} K_{\text{си}} K_{\text{сф}} K_{\text{сз}} K_{\text{сж}} K_{\text{см}} = 0,13 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,85 \times 0,8 \times 1,0 \times 1,0 = 0,09 \text{ мм/}$$

про

По паспорту $S_{\text{пр}}=0,08\text{мм/про}$.

4. Визначаємо швидкість різання:

$$V = v_T \times K_v;$$

$$K_v = K_{\text{vm}} K_{\text{ви}} K_{\text{vф}} K_{\text{vm}} K_{\text{вж}} K_{\text{вп}} K_{\text{vo}};$$

v_T -табличне значення швидкості різання, м/хв $v_T=177$ м/хв [3];

K_{vm} -Коефіцієнт оброблюваності матеріалу $K_{vm}=0,8$ [3];

K_{vi} -Коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу інструмента $K_{vi}=0,83$;

$K_{v\phi}$ - коефіцієнт враховуючий вплив кута в плані $K_{v\phi}=1,13$ [3];

K_{vm} - коефіцієнт враховуючий вид обробки $K_{vm}=0,75$ [3];

K_{vj} - коефіцієнт враховуючий твердість технологічної системи $K_{vj}=1,0$ [3];

K_{vp} - коефіцієнт враховуючий стан оброблюваної поверхні $K_{vp}=1,0$ [3];

K_{vo} - коефіцієнт враховуючий вплив СОЖ $K_{vo}=1,0$ [3];

$$V = v_T \times K_{vm} \times K_{vi} \times K_{v\phi} \times K_{vm} \times K_{vj} \times K_{vp} \times K_{vo} = \\ = 177 \times 0,8 \times 0,83 \times 1,13 \times 0,75 \times 1,0 \times 1,0 = 99,6 \text{ м / мин}$$

5.Частота обертання шпінделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 99,6}{3,14 \cdot 451} = 191,48 \text{ про/хв}$$

По верстату $n_{ст}=180$ про/хв;

6.Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 451 \cdot 180}{1000} = 93,6 \text{ м/хв}$$

7.Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1,32^{1,0} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 93,6^0 \cdot 0,88 = 350 \text{ Н} \quad \text{де} \quad x, y, n -$$

показники ступеня;

S, V, t - режим різання;

K_p - коефіцієнт, що враховує вплив умов різання;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1,07 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,94 = 0,93$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^n = \left(\frac{830}{750} \right)^{0,75} = 1,07$$

$K_{\phi p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані $K_{\phi p}=0,93$ [3];

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута $K_{\gamma p}=1,0$ [3];

$K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза $K_{\lambda p}=1,0$

$K_{гр}$ - коефіцієнт, що враховує вплив радіуса при вершині $K_{гр}=0,93$ [3];

Порівн=204; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=0$ [3];

8.Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{350 \cdot 93,6}{1020 \cdot 60} = 0,53 \text{ кВт}$$

Зрівняємо отриману потужність із потужністю верстата:

$$N_{ст}=60 \text{ кВт}$$

$$N_{ст} > N$$

9.Основний час:

$$T_o = i \cdot \frac{L_{р.пр.}}{S_{пр} \cdot n} = 4 \cdot \frac{211}{0,08 \cdot 180} = 21,2 \text{ мин.}$$

Траєкторія 5

Обробляємо розміри: Ø435, L209, Ra 6,3 мкм

Інструмент: різець прохідний відігнутий упорний $\varphi=95^\circ$; $\varphi_1=5^\circ$; R=1мм;

ВК8

ДЕРЖСТАНДАРТ 18883-73

Гостріння поверхонь згідно з ескізом.

1.Визначаємо глибину різання для чорнового однократного гостріння:

$$t = \frac{z_{\max}}{5} = \frac{6,6}{5} = 1,32 \text{ мм.}$$

2.Довжина робочого ходу супорта:

$$L_{рх.пр}=l_{рез}+y_{врез}+y_{переб}$$

де $l_{рез}$ -найбільша довжина різання для різця поздовжнього супорта, мм;

$y_{врез}$ -величина врізання

$y_{переб}$ -величина перебігу

$$y_{врез} + y_{переб} = 2,0 \text{ мм}$$

$$L_{рх.пр}=l_{рез}+y_{врез}+y_{переб}=209+2,0=211 \text{ мм}$$

3.Визначаємо подачу супорта:

$$S_o=S_{от}K_{so};$$

$$K_{so}=K_{сп} K_{си} K_{сф} K_{сз} K_{сж} K_{см}$$

де $K_{сп}$ -Коефіцієнт враховуючий стан оброблюваної поверхні $K_{сп}=1,0$ [3];
 $K_{си}$ - коефіцієнт враховуючий матеріал інструмента $K_{си}=1,0$ [3];
 $K_{сф}$ - коефіцієнт враховуючий форму оброблюваної поверхні $K_{сф}=0,85$ [3];
 $K_{сз}$ - коефіцієнт враховуючий вплив загартування $K_{сз}=0,8$ [3];
 $K_{сж}$ - коефіцієнт враховуючий твердість технологічної системи $K_{сж}=1,0$;
 $K_{см}$ - коефіцієнт враховуючий матеріал оброблюваної деталі $K_{см}=1,0$ [3];
 $S_{от}$ -Табличне значення подачі $S_{от}=0,13$ мм/ про [3];

$S_o = S_{от} K_{сп} K_{си} K_{сф} K_{сз} K_{сж} K_{см} = 0,13 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,85 \times 0,8 \times 1,0 \times 1,0 = 0,09$ мм/ про
По паспорту $S_{пр}=0,08$ мм/ про.

4.Визначаємо швидкість різання:

$$V = v_T \times K_v;$$

$$K_v = K_{vm} K_{vi} K_{v\phi} K_{vm} K_{vj} K_{vp} K_{vo};$$

v_T -табличне значення швидкості різання, м/хв $v_T=177$ м/хв [3];

K_{vm} -Коефіцієнт оброблюваності матеріалу $K_{vm}=0,8$ [3];

K_{vi} -Коефіцієнт враховуючий властивості матеріалу інструмента $K_{vi}=0,83$;

$K_{v\phi}$ - коефіцієнт враховуючий вплив кута в плані $K_{v\phi}=1,13$ [3];

K_{vm} - коефіцієнт враховуючий вид обробки $K_{vm}=0,75$ [3];

K_{vj} - коефіцієнт враховуючий твердість технологічної системи $K_{vj}=1,0$ [3];

K_{vp} - коефіцієнт враховуючий стан оброблюваної поверхні $K_{vp}=1,0$ [3];

K_{vo} - коефіцієнт враховуючий вплив СОЖ $K_{vo}=1,0$ [3];

$$\begin{aligned} V &= v_T \times K_{vm} \times K_{vi} \times K_{v\phi} \times K_{vm} \times K_{vj} \times K_{vp} \times K_{vo} = \\ &= 177 \times 0,8 \times 0,83 \times 1,13 \times 0,75 \times 1,0 \times 1,0 = 99,6 \text{ м / мин} \end{aligned}$$

5.Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 99,6}{3,14 \cdot 435} = 196,1 \text{ про/хв}$$

По верстату $n_{\text{ст}}=180$ про/хв;

6. Фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 435 \cdot 180}{1000} = 91,4 \text{ м/хв}$$

7. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 204 \cdot 1,32^{1,0} \cdot 0,08^{0,75} \cdot 91,4^0 \cdot 0,88 = 350 \text{ Н} \quad \text{де } x, y, n -$$

показники ступеня;

S, V, t - режим різання;

K_p - коефіцієнт, що враховує вплив умов різання;

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} = 1,07 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,8$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^n = \left(\frac{830}{750} \right)^{0,75} = 1,07$$

$K_{\phi p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані $K_{\phi p}=0,89$ [3];

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута $K_{\gamma p}=1,0$ [3];

$K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза $K_{\lambda p}=1,0$

K_{rp} - коефіцієнт, що враховує вплив радіуса при вершині $K_{rp}=0,93$ [3];

Порівн=204; $x=1,0$; $y=0,75$; $n=0$ [3];

8. Визначаємо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{350 \cdot 91,4}{1020 \cdot 60} = 0,52 \text{ кВт}$$

Зрівняємо отриману потужність із потужністю верстата:

$$N_{\text{ст}}=60 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{ст}} > N$$

9. Основний час:

$$T_o = i \cdot \frac{L_{p.np.}}{S_{np} \cdot n} = 4 \cdot \frac{211}{0,08 \cdot 180} = 23 \text{ мин.}$$

Робимо нормування операції:

1.Визначаємо основний час .

$$t_o=133,6\text{хв.}$$

2.Визначаємо допоміжний час

$$t_{\text{всп}} = t_y + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}} + t_{\text{пр.}} + t_{\text{пер.перф.}} = 25,3 + 0,015 + 3,5 + 4,71 + 0,2 = 33,72\text{мин.}$$

$t_y=25,3\text{хв}$ - допоміжний час на установку й зняття деталі [3]

$t_{\text{упр}}=0,015$ мін-допоміжний час на керування верстатом [3]

$t_{\text{контр.}}=0,33+1,9+0,46+0,59+0,22=3,5\text{хв}$ -нормативний час контролю [3]

$$t_{\text{пер}}=t_{\text{прох.}} + t_{\text{изм.реж}} + t_{\text{уст.защ.}} = 3,99 + 0,42 + 0,3 = 4,71\text{мин}$$

$t_{\text{прох}}=3,99$ мін-час пов'язане із проходом [3]

$t_{\text{изм.реж}}=0,42$ мін-час пов'язане з перемиканням числа обертів і величини подачі [3]

$t_{\text{уст.защ}}=0,3$ мін-установка захисного загородження [3]

$t_{\text{пер.перф.}}=0,2$ мін-час пов'язане з перемотуванням перфострічки;

3.Визначаємо оперативний час

$$t_{\text{он}} = t_o + t_{\text{всп}} = 133,6 + 33,72 = 167,28 \text{ хв}$$

4.Визначаємо додатковий час

$$t_{\text{доп}} = (\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{отд}}) \cdot t_{\text{он}} = (0,04 + 0,04) \cdot 167,28 = 13,4$$

де $\alpha_{\text{обс}} = 4\%$ -час на організаційне й технічне обслуговування робочого місця [3]

$\alpha_{\text{отд}} = 4\%$ -час на відпочинок і особисті потреби [3]

5.Визначаємо штучний час

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{он}} + t_{\text{доп}} = 167,28 + 13,4 = 180,66$$

6.Визначаємо підготовчо-заклучний час на партію заготовок

$$t_{n-3} = 20 + 2 + 5 = 27 \text{ мин.}$$

7.Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{n-3}}{n} = 361,08 + \frac{28,2}{20} = 362,48 \text{ мин.}$$

Операція 80Свердлильна

Верстат: Радіально-свердлильний 2А55 Матеріал: сталь- ХН73 МБТЮ-ВД,

Твердість: НВ 293...341 Поверхня $\varnothing 8,7^{+0,15}$ L=7мм Ra=2,5мкм;

Інструмент: Свердел спіральний $\varnothing 8,7$ мм, L=170мм, Р6М5,
ДЕРЖСТАНДАРТ12121-77

Свердлити послідовно 72 отвору:

1.Довжина робочого ходу

$$L_p = 2 \cdot (l + y) = 7 + 2 \cdot 5,22 = 17,44 \text{ мм}$$

де l-довжина свердління l=7мм.

y=0,6d_{св} –врізання, мм; де d_{св}-діаметр свердла, мм;

1. Глибина різання : $t = \frac{d_{св}}{2} = \frac{8,7}{2} = 4,35 \text{ мм.};$

3.Вибираємо подачу [2]

$$S_{таб} = 0,1 \text{ мм/ про}$$

$$S = S_{таб} \cdot K_s = 0,1 \cdot 0,75 = 0,075 \text{ мм/ про};$$

$$K_s = K_{s_l} \cdot K_{s_{ж}} \cdot K_{s_{II}} \cdot K_{s_d} \cdot K_{s_M} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,75;$$

де K_{sl}-Коефіцієнт, що враховує глибину свердління K_{sl}=1,0 [2]

K_{SJ} - коефіцієнт, що враховує твердість технологічної системи
 $K_{SJ}=1,0$ [2]

K_{SI} - коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента $K_{SI}=1,0$ [2]

K_{sd} - коефіцієнт, що враховує тип оброблюваного отвору $K_{sd}=1,0$ [2]

K_{SM} - коефіцієнт, що враховує марку оброблюваного матеріалу $K_{SM}=0,75$
[2]

Коректуємо подачу по паспорту верстата $S=0,07$ мм/ про

4.Розраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot d_{ce}^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 8,7^{0,40}}{25^{0,20} \cdot 0,07^{0,7}} \cdot 0,21 = 6,6 \text{ м/хв}$$

C_v, q, y, m - коефіцієнт і показники ступені [2]

T - стійкість свердла, хв; [2]

S - подача мм/ про;

K_v -Поправочний коефіцієнт, що враховує умови різання:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV} = 0,72 \cdot 0,3 \cdot 1,0 = 0,21$$

де K_{MV} - коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання:

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{800} \right)^{1,0} = 0,72$$

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу

$$K_{IV}=0,3 \text{ [2]}$$

K_{lv} - коефіцієнт, що враховує глибину свердління $K_{lv}=1,0$ [2]

$$C_v=7,0; q=0,40; y=0,7; m=0,20; T=25 \text{хв [2]}$$

5. Розраховуємо кількість обертів свердла:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d_{ce}} = \frac{1000 \cdot 6,6}{3,14 \cdot 8,7} = 260 \text{ про/хв};$$

Коректуємо по верстату: $n=250$ про/хв.

6.Визначаємо фактичну швидкість обертання свердла:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 8,7 \cdot 250}{1000} = 6,8 \text{ м/хв};$$

7.Розраховуємо крутний момент і осьову силу:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 0,041 \cdot 8,7^{2,0} \cdot 0,07^{0,7} \cdot 1,08 = 3,74 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

C_M, q, y - коефіцієнт і показник ступені [2]

$$K_p = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{830}{750} \right)^{0,75} = 1,08$$

$C_M=0,041$; $q=2,0$; $y=0,7$ [2]

Порівн, q, y - коефіцієнт і показник ступені [2]

Порівн=143, $q=1,0$, $y=0,7$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p = 10 \cdot 143 \cdot 8,7^{1,0} \cdot 0,07^{0,7} \cdot 1,08 = 1800 \text{ Н}.$$

8.Потужність різання:

$$N = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{3,74 \cdot 250}{9750} = 0,09 \text{ кВт}.$$

Зрівняємо отриману потужність із потужністю верстата:

$$N_{ст}=8,5 \text{ кВт}.$$

$$N_{ст} > N$$

9.Операційний час:

$$T_o = \frac{L_p}{S \cdot n} i = \frac{17,44}{0,07 \cdot 250} \cdot 72 = 71,8 \text{ мін}.$$

Робимо технічне нормування:

1.Визначаємо основний час .

$$t_o=71,8 \text{ хв}.$$

2.Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{упр} + t_{контр} + t_{пр.} + t_{конд} = .7,8 + 0,015 + 0,5 + 0,17 = 8,48 \text{ мин}$$

$t_y = 7,8$ хв- допоміжний час на установку й зняття деталі [3]

$t_{упр} = 0,015$ мін-допоміжний час на керування верстатом

$t_{контр.} = 0,17$ мін-нормативний час контролю [3]

$$t_{пер} = t_{прох.} + t_{изм.реж} + t_{инст.} + t_{кондвт} + t_{сож} = 0,19 + 0,06 + 0,06 + 0,13 + 0,06 = 0,5 \text{ мин}$$

де $t_{прох} = 0,19$ мін-час пов'язане із проходом [3]

$t_{изм.реж} = 0,06$ мін-час пов'язане з перемиканням числа обертів і величини подачі [3]

$t_{конд вт.} = 0,06$ мін-час на установку кондукторної втулки [3]

$t_{конд} = 2,1$ мін-час на установку й зняття накладного кондуктора [3]

$t_{инст} = 0,13$ мін-час на установку й зняття інструмента [3]

$t_{сож} = 0,06$ мін-час на включення СОЖ [3]

3. Визначаємо оперативний час

$$t_{он} = t_o + t_{дон} = 71,8 + 8,48 = 80,28$$

4. Визначаємо додатковий час

$$t_{дон} = (\alpha_{обс} + \alpha_{отд}) \cdot t_{он} = (0,04 + 0,04) \cdot 80,28 = 6,4 \text{ мин.}$$

де $\alpha_{обс} = 4\%$ - час на організаційне й технічне обслуговування робочого місця [3]

$$\alpha_{отд} = 4\% \text{ - час на відпочинок і особисті потреби [3]}$$

5. Визначаємо штучний час

$$t_{шт} = t_{он} + t_{всп} + t_{дон} = 80,28 + 8,48 + 6,4 = 95,16 \text{ мин.}$$

6. Визначаємо підготовчо-заклучний час на партію заготовок

$$t_{n-3} = 20 + 2 + 5 = 27 \text{ мин.}$$

7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{ш-к} = t_{шт} + \frac{t_{n-3}}{n} = 95,16 + \frac{27}{48} = 95,72 \text{ мин.}$$

Операція 100.Шліфувальна.

Верстат: внутрішншліфувальний Si8 Матеріал- ХН73 МБТЮ-ВД,

Твердість: НВ 293...341 Поверхня : $\varnothing 3710^{+0,23}$, $\varnothing 424^{+0,2}$ Ra=1,25 мкм.

Інструмент: шлифкруг ПП 70х50х20, 91А40СК

шлифкруг ПП 65х50х20, 91А40СК, шлифкруг ПП 70х50х20, 91А40СК,
шлифкруг ПВ 95х80х20, 91А25СК

Шліфуємо розмір $\varnothing 371$

1.Визначаємо глибину різання:

$$t = Z_{\max} = 0,35(\text{мм});$$

2. Визначаємо швидкість кола:

$$V_{\text{кр.}} = 15 \text{ м/с};$$

3. Визначаємо швидкість деталі:

$$V_d = (20-40)(\text{м/хв});$$

Вибираємо швидкість $V_d = 20(\text{ м/хв})$.

4.Визначаємо число обертів деталі:

$$n_d = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 20}{3.14 \cdot 371} = 17 \text{ об/мин.}$$

Коректуючи по паспорту верстата ухвалюємо $n_d = 25 \text{ про/хв.}$

5. Визначаємо дійсну швидкість обертання деталі:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 371 \cdot 25}{1000} = 29,2 \text{ м/мин.}$$

6. Визначаємо подачу

Поздовжня подача за один оберт деталі

$$S_B = 5 (\text{мм/ про}).$$

Поперечна подача на подвійний хід стола

$$S_{\text{тод.ход.}} = S_{\text{тод.ход.табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0.0098 \cdot 1.0 \cdot 0.9 \cdot 0.67 = 0.00059 \text{ мм / дв.ход.}$$

$S_{\text{тдв.хід табл.}}$ -табличне значення поперечної подачі на подвійний хід $S_{\text{тдв.хід табл}}=0,0098\text{мм/дв.хід}$ [1];

$\text{до}_1 = 1,0$ - коеф., що враховує припуск і точність обробки[1];

$\text{до}_2=0,67$ - коеф., що враховує відношення діаметра кола до діаметра отвору деталі [1];

$\text{до}_3 = 0,9$ - коеф.оброблюваний матеріал, що враховує, і діаметр кола [1];

7. Визначаємо потужність різання:

$$N_p = 0.98(v_d \cdot s_B \cdot s_{\text{тод.ход}})^{0.7} \cdot K_1 \cdot K_2 = 0.98 \cdot (29,2 \cdot 5 \cdot 0,0059)^{0.7} \cdot 1,04 \times \\ \times 1,25 = 0,74 \text{кВт}$$

До 1-коеф.враховуючий твердість і ширину кола $\text{ДО}_1=1,04$ [1];

ДО_2 - коеф.враховуючий діаметр отвору $\text{ДО}_2=1,25$ [1];

Зрівняємо отриману потужність із потужністю верстата:

$$N_{\text{ст}}=10\text{кВт}$$

$$N_{\text{ст}}>N$$

8. Визначаємо технологічний час:

$$T_o = \frac{L \cdot h \cdot K}{n_d \cdot s_B \cdot s_{\text{тод.ход}}} = \frac{12 \cdot 0,35 \cdot 1,4}{25 \cdot 5 \cdot 0,0059} = 7,9 \text{мин}$$

де L-Довжина обробки $L=12\text{мм}$;

h-припуск на діаметр $h=0,35\text{мм}$;

K-Коефіцієнт виходжування $\text{ДО}=1,5$;

Шліфуємо розмір $\text{Ø}424,3$,

1.Визначаємо глибину різання:

$$t = Z_{\text{max}}=0,35(\text{мм});$$

2. Визначаємо швидкість кола:

$$V_{\text{кр.}}=15\text{м/с};$$

3. Визначаємо швидкість деталі:

$$V_d = (20-40)(\text{м/хв});$$

Вибираємо швидкість $V_d = 20$ (м/хв).

4. Визначаємо число обертів деталі:

$$n_d = \frac{1000V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 20}{3.14 \cdot 424,3} = 15 \text{ об/мин.}$$

Коректуючи по паспорту верстата у хвалюємо $n_d = 25$ про/хв.

5. Визначаємо дійсну швидкість обертання деталі:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 424,3 \cdot 25}{1000} = 33,3 \text{ м/мин.}$$

6. Визначаємо подачу

Поздовжня подача за один оберт деталі

$$S_B = 5 \text{ (мм/ про).}$$

Поперечна подача на подвійний хід стола

$$S_{\text{тд.ход.}} = S_{\text{тд.ход.табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0.012 \cdot 1.0 \cdot 0.9 \cdot 0.67 = 0.007 \text{ мм / дв.ход.}$$

$S_{\text{тдв.хід табл.}}$ -табличне значення поперечної подачі на подвійний хід

$$S_{\text{тдв.хід табл.}} = 0,012 \text{ мм/дв.хід [1];}$$

$до_1 = 1,0$ - коэф., що враховує припуск і точність обробки

$до_2 = 0,67$ - коэф., що враховує відношення діаметра кола до діаметра отвору деталі [1];

$до_3 = 0,9$ - коэф.оброблюваний матеріал, що враховує, і діаметр кола [1];

7. Визначаємо потужність різання:

$$N_s = 0.98(v_d \cdot s_B \cdot s_{\text{тд.ход.}})^{0,7} \cdot K_1 \cdot K_2 = 0.98 \cdot (33,3 \cdot 5 \cdot 0,007)^{0,7} \cdot 1,04 \times 1,25 = 0,92 \text{ кВт}$$

До 1-коэф.враховуючий твердість і ширину кола $ДО_1 = 1,04$ [1];

До 2- коэф.враховуючий діаметр отвору $ДО_2 = 1,25$ [1];

Зрівняємо отриману потужність із потужністю верстата:

$N_{ст}=10\text{кВт}$

$N_{ст}>N$

8. Визначаємо технологічний час:

$$T_o = \frac{L \cdot h \cdot K}{n_o \cdot s_B \cdot s_{тод.ход}} = \frac{10 \cdot 0,35 \cdot 1,4}{25 \cdot 5 \cdot 0,007} = 5,6 \text{ мин}$$

L-Довжина обробки $L=10\text{мм}$;

h-припуск на діаметр $h=0,35\text{мм}$;

K-Коефіцієнт виходжування ДО=1,5;

Робимо технічне нормування:

1.Визначаємо основний час .

$t_o=13,5\text{хв.}$

2.Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{упр} + t_{контр} + t_{пр.} = 7,8 + 0,015 + 1,14 + 1,66 = 10,62 \text{ мин.}$$

$t_y=7,8\text{хв.}$ - допоміжний час на установку й зняття деталі [3]

$t_{упр}=0,015$ мін-допоміжний час на керування верстатом [3]

$t_{контр.}=1,14$ мін-нормативний час контролю [3]

$t_{пер}=t_{прох.} + t_{изм.реж} + t_{уст.загр.} = 1,3 + 0,06 + 0,3 = 1,66 \text{ мин}$

де $t_{прох}=1,3$ мін-час пов'язане із проходом [3]

$t_{изм.реж}=0,06$ мін-час пов'язане з перемиканням числа обертів і величини подачі [3]

$t_{уст.защ}=0,3$ мін-установка захисного загородження [3]

3.Визначаємо оперативний час

$$t_{он} = t_o + t_{доп} = 13,5 + 10,62 = 24,12 \text{ мин.}$$

4.Визначаємо додатковий час

$$t_{\text{дон}} = (\alpha_{\text{обс}} + \alpha_{\text{омд}}) \cdot t_{\text{он}} = (0,04 + 0,04) \cdot 24,12 = 1,93 \text{ мин.}$$

де $\alpha_{\text{обс}} = 4\%$ - час на організаційне й технічне обслуговування робочого місця [3]

$$\alpha_{\text{омд}} = 4\% \text{ - час на відпочинок і особисті потреби [3]}$$

5. Визначаємо штучний час

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{он}} + t_{\text{всп}} + t_{\text{дон}} = 24,12 + 1,93 = 26 \text{ мин.}$$

6. Визначаємо підготовчо-заключний час на партію заготовок

$$t_{\text{п-з}} = 19 + 2,5 + 2 + 4,5 + 1,5 = 29,5 \text{ мин.}$$

7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{\text{ш-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п-з}}}{n} = 26 + \frac{29,5}{48} = 26,6 \text{ мин.}$$

Операція 130 Фрезерна

Верстат: Вертикально-фрезерний 6540

Матеріал- ХН73 МБТЮ-ВД,

Твердість: НВ 293...341

Параметри фрезерування : глибина фрезерування $t=0,3$, довжина фрезерування $L=24^{+0,5}$

Інструмент: кінцева твердосплавна фреза Ø20мм ДЕРЖСТАНДАРТ18372-73

Здійснюємо розрахунок режимів різання

1. Довжина робочого ходу

$$L_{\text{р.хід}} = L + l_1 = 24 + 1,5 = 25,5 \text{ мм}$$

де $l_1 = 1,5$ - величина врізання, мм

2. Глибина фрезерування

$$t=z_{\max}=0,3\text{мм}$$

3.Призначаємо подачу

$$S = S_{\text{маб}} \cdot k_{szu} \cdot k_{sz\phi} \cdot k_{szR} = 0.04 \cdot 0.85 \cdot 0.66 \cdot 0.25 = 0.005\text{мм / зуб}$$

4.Визначаємо кількість обертів фрези

$$n = n_{\text{маб}} \cdot K_{zn} \cdot K_{Bn} \cdot K_{Mn} \cdot K_{Tn} \cdot K_{nn} \cdot K_n = 750 \cdot 1.0 \cdot 1.1 \cdot 0.51 \cdot 0.92 \cdot 1.0 \cdot 0.8 = 309,7\text{об / мин}$$

$$n_{\text{таб}}=750 \text{ про/хв [3]}$$

$$K_{zn}=1,0 \text{ коефіцієнт враховуючий число зубців фрези [3]}$$

$$K_{bn}=1.1 \text{ коефіцієнт враховуючий ширину фрезерования [3]}$$

$$K_{mn}=0.51 \text{ коефіцієнт враховуючий оброблюваний матеріал [3]}$$

$$K_{tn}=0,92 \text{ коефіцієнт враховуючий стійкість фрези [3]}$$

$$K_{nn}=1,0 \text{ коефіцієнт враховуючий характер заготовки й стан її поверхні [3]}$$

$$K_n=0.8 \text{ коефіцієнт враховуючий характер обробки [3]}$$

$$\text{Ухвалюємо по паспорту } n=300 \text{ про/хв}$$

5.Визначаємо швидкість різання

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 20 \cdot 300}{1000} = 18,84\text{м / мин.}$$

6.Визначаємо хвилинну подачу

$$S_{xs} = S_z \cdot z \cdot n = 0.005 \cdot 5 \cdot 300 = 7,5\text{мм / мин}$$

де $z=5$ число зубців фрези

7.Визначаємо операційний час

$$t_o = i \cdot \frac{L}{S_M} = 2 \cdot \frac{25,5}{7,5} = 6,8\text{мин}$$

Робимо технічне нормування:

1.Визначаємо основний час .

$$t_o=6,8\text{хв.}$$

2.Визначаємо допоміжний час

$$t_{всп} = t_y + t_{упр} + t_{контр} + t_{пр.} = 7,5 + 0,015 + 0,66 + 1,2 = 9,4 \text{ мин.}$$

$t_y = 7,5$ хв- допоміжний час на установку й зняття деталі [3]

$t_{упр} = 0,015$ мін-допоміжний час на керування верстатом [3]

$t_{контр.} = 0,66$ мін-нормативний час контролю [3]

$$t_{пер} = t_{прох.} + t_{изм.реж} + t_{уст.загр.} + t_{дел.гол} = 0,22 + 0,12 + 0,56 + 0,3 = 1,2 \text{ мин}$$

де $t_{прох} = 0,22$ мін-час пов'язаний із проходом [3]

$t_{изм.реж} = 0,12$ мін-час пов'язане з перемиканням числа обертів і величини подачі [3]

$t_{дел.гол} = 0,56$ мін-час на настроювання ділильної головки [3]

$t_{уст.защ} = 0,3$ мін-установка захисного загородження [3]

3.Визначаємо оперативний час

$$t_{он} = t_o + t_{дон} = 6,8 + 9,4 = 16,2 \text{ мин.}$$

4.Визначаємо додатковий час

$$t_{дон} = (\alpha_{обс} + \alpha_{отд}) \cdot t_{он} = (0,04 + 0,04) \cdot 6,8 = 1,3 \text{ мин.}$$

де $\alpha_{обс} = 4\%$ -час на організаційне й технічне обслуговування робочого місця [3]

$\alpha_{отд} = 4\%$ -час на відпочинок і особисті потреби [3]

5.Визначаємо штучний час

$$t_{шт} = t_{он} + t_{всп} + t_{дон} = 6,8 + 1,3 = 8,1 \text{ мин.}$$

6. Визначаємо підготовчо-заклучний час на партію заготовок

$$t_{n-з} = 20 + 2,0 + 10 = 32 \text{ мин.}$$

7. Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$t_{ш-к} = t_{шт} + \frac{t_{n-з}}{n} = 8,1 + \frac{32}{48} = 8,8 \text{ мин.}$$

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Конструювання пристосування для свердління.

2.1.1 Опис роботи пристосування

Дана деталь буде оброблятися на свердлильному верстаті 2А55.

Тому що діаметр оброблюваних отворів 17мм на міжосьовій відстані 400 мм, застосування свердлильної головки не доцільно.

При проектуванні багатомісного пристосування виникають складності із затискачем деталі. Затискач необхідно робити по торцю фланця, а розміри на товщину фланця вільні й через це необхідно передбачати затискач, що компенсує, деталі кондуктором. Це приводить до значного ускладнення конструкції пристосування й не дає стовідсоткової гарантії повного затискала всіх деталей. Тому, враховуючи вищесказане, установлюємо, що пристосування буде одномісне.

Технічні характеристики верстата, а також призначення різального інструменту, розрахунки режимів різання й норми штучно-калькуляційного часу розглянуті в п. 1.6.

Пристосування запроектоване на конкретну операцію для свердлення отворів у даній деталі. Але при проектуванні врахована можливість переналагодження на інші деталі й на інші операції.

Деталь попередньо встановлюється на плиту торцем. Зверху встановлюється кондуктор, центрується по пальцю Ø17мм і Ø 446,35. У кондукторі перебувають 20 спеціальні змінні кондукторні втулки, через які й проводиться свердлення отворів. Змінні втулки встановлюються в постійні втулки й закріплюються.

Закріплення деталі здійснюється болтами кондукторної плити.

2.1.2 Розрахунки погрішності установки в пристосуванні

Отвору Ø17мм задане по кресленню уздовж осі деталі. Отвору рівномірно розташованих між собою й щодо фланця. Отвору будуть свердлитися послідовно на радіально-свердлильному верстаті за допомогою накладного кондуктора. Кондуктор буде точно базуватися по $\varnothing 446.35^{+0.02}_{+0.01}$. Це забезпечить максимальну точність свердління й мінімальну погрішність базування.

Погрішність установки ε по своєму фізичному змісту виражає погрішність положення заготовки й визначається по формулі:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2}$$

де ε_{δ} - погрішність базування деталі в пристосуванні,

ε_z – погрішність закріплення робили в пристосуванні.

Погрішністю базування називається різниця граничних відстаней вимірювальної бази щодо встановленого на розмір інструмента. Погрішність базування має місце при не сполученні вимірювальної й настановної баз заготовки. У цьому випадку положення вимірювальних баз окремих заготовок у партії буде різним щодо оброблюваної поверхні.

Розрахунки погрішності базування для різних схем установки можна представити відстанню між граничними положеннями проекцій вимірювальної бази на напрямок виконуваного розміру. Величина ε_{δ} не є абстрактною й ставиться до даного виконуваного розміру при даній схемі установки.

Як погрішність положення, погрішність базування впливає на точність виконання розмірів, на точність взаємного положення поверхонь і не впливає на точність їх форм. Для зменшення погрішності базування слід сполучати настановні й вимірювальні бази, вибирати раціональні розміри й розташування

настановних елементів, а також усувати або зменшувати зазори при посадці заготовки на охоплювані або охоплюють настановні елементи. Для уніфікації схем установки по всіх операціях технологічного процесу обробки даної деталі слід витримувати також принцип сталості баз, що має велике значення при обробці на автоматичних лініях.

Погрішність базування:

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{S_{\max}}{2}$$

де $S_{\max}$ – максимальний зазор при центруванні деталі,

$$S_{\max} = d_{\text{присmax}} - d_{\text{детmin}} = 446,37 - 446,31 = 0,06 \text{ мм}$$

Тоді

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0.06}{2} = 0.03_{\text{мм}}$$

Погрішністю закріплення ε_z називається різниця між найбільшої й найменшої величинами проекцій зсуву вимірювальної бази на напрямок виконуваного розміру в результаті додатка до заготовки сили затискача.

Для нашого випадку маємо $\varepsilon_z = 0$, тому що напрямок сили затискача й розміру обробки взаємно перпендикулярні.

Таким чином, погрішність установки рівна:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2} = \sqrt{0,03^2 + 0} = 0,03 \text{ мм}$$

2.1.3 Розрахунки пристосування на точність

Розрахунки полягає у визначенні виконавчих розмірів на розташування осей кондукторних втулок і допусків на ці розміри.

Визначаємо номінальні розміри між осями кондукторних втулок.

Тому що допуск на розташування оброблених отворів задається симетрично щодо осі деталі й призми, те міжосьові відстані деталі й кондуктора рівні [11, с. 90].

Розраховуємо допуск на міжосьовий розмір кондуктора L_k розмір по формулі:

$$T_k \leq T_D - k \cdot \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \left(\Delta_1^2 \cdot \frac{H + 2a}{H} \right) + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2}$$

де $T_D = 0,8\text{мм}$ – повне поле допуску на розмір обробки,

$k=1...1,2$ – коефіцієнт, що враховує відхилення відстані складових величин від закону нормального розподілу, і залежить від кількості складових погрішностей. Чим їх більше, тем ближче значення коефіцієнта до одиниці. Ухвалюємо $k=1$,

$\varepsilon_6 = 0,03\text{мм}$ – погрішність базування деталі в пристосуванні,

$\varepsilon_3 = 0$ - погрішність закріплення деталі в пристосуванні,

Δ_1 – частка погрішності обробки, що залежить від зсуву осі свердла щодо осі отвору змінної втулки:

$$\Delta_1 = S_{1\max} = d_{\text{см. max}} - d_{\text{св. min}} = 17.043 - 16.973 = 0,07\text{мм}$$

де $d_{\text{см. max}} = 17.043\text{мм}$ - максимальний діаметр змінної втулки,

$d_{\text{св. min}} = 16.973\text{мм}$ - мінімальний діаметр свердла.

$S_{1\max}$ -максимальний зазор між змінною втулкою й свердлом

Δ_2 – частка погрішності обробки, що залежить від зсуву осі змінної втулки щодо осі постійної втулки.

$$\Delta_2 = S_{2\max} = d_{n.\max} - d_{cm.\min} = 30.027 - 29.98 = 0,047 \text{ мм}$$

де $S_{2\max}$ - максимальний зазор між постійною й змінною втулкою

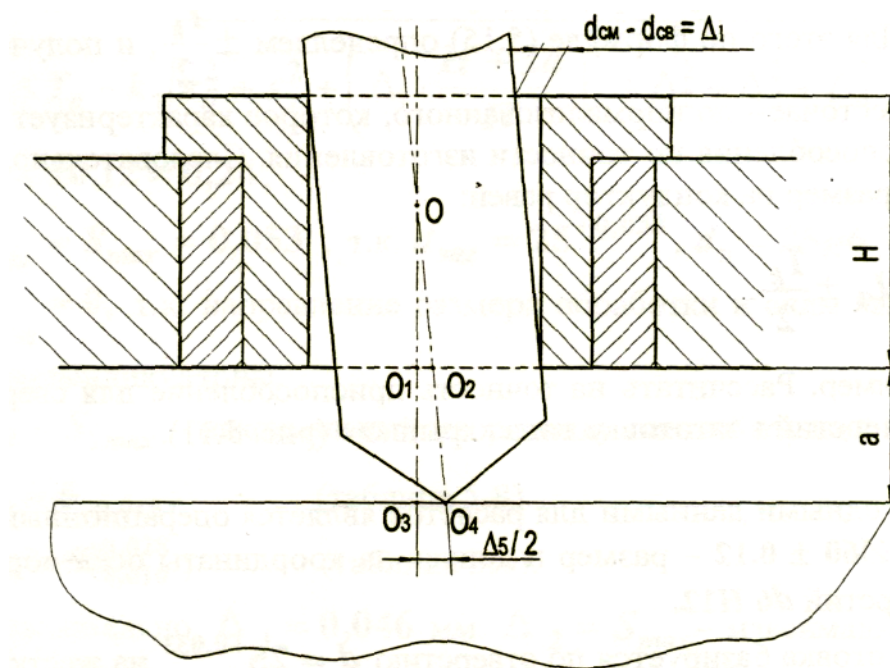
$d_{n.\max} = 30.027 \text{ мм}$ - максимальний діаметр постійної втулки,

$d_{cm.\min} = 29.98 \text{ мм}$ - мінімальний діаметр змінної втулки.

$\Delta_3 = 2e = 0,01 \text{ мм}$ – частка погрішності обробки, викликана зсувом осі свердла внаслідок ексцентриситету обох втулок.

$\Delta_4 = 0,16 \text{ мм}$ - частка погрішності обробки, що залежить від величини припустимого зношування змінної втулки по напрямному діаметру, [11, табл. 5.19, с.89].

Δ_5 - частка погрішності обробки, що враховує перекид інструмента в процесі обробки. Схема по визначенню Δ_5 наведена на мал.2,1[11, с.91, мал. 5.10].



Малюнок 2.1 – Схема для визначення перекосу свердла

З подоби трикутників $\Delta OO_3 PRO_4$ і $\Delta OO_1 PRO_2$ маємо

$$\hat{I}_3 \hat{I}_4 = \hat{I}_1 \hat{I}_2 \frac{\hat{I}\hat{I}_3}{\hat{I}\hat{I}_1}$$

$$\frac{\Delta_5}{2} = \frac{\Delta_1}{2} \cdot \frac{\frac{\dot{I}}{2} + \dot{a}}{\frac{\dot{I}}{2}}$$

$$\Delta_5 = \Delta_1 \cdot \frac{\dot{I} + 2\dot{a}}{\dot{I}}$$

Величина зазору a для виходу стружки в процесі обробки вибирається в боковий вівтарях $a \approx (0,5 \dots 0,8)d_{св}$.

Т.к. у процесі обробки не може бути одночасного зсуву осі свердла і його перекосу, то в розрахунках необхідно враховувати більшу з них, а саме перекис свердла Δ_5

$$\Delta_5 = 0,07 \cdot \frac{55 + 2 \cdot 9}{55} = 0,092 \text{ мм.}$$

Тоді допуск на розмір кондуктора рівний:

$$T_k \leq 0,8 - 1 \cdot \sqrt{0,06^2 + 0 + 0,07^2 + 0,047^2 + 0,01^2 + 0,16^2 + 0,092^2} = 0,66 \text{ мм.}$$

Призначаємо виконавчий розмір розташування осей кондукторних втулок у пристосуванні: $d = 400 \pm 0,3 \text{ мм.}$

2.1.4 Розрахунки економічної ефективності прийнятої конструкції пристосування

Умова ефективного застосування пристосування виражається формулою:

$$n = \mathcal{E}_n - P$$

де $\mathcal{E}_n$ - річна економія (без обліку річних витрат на пристосування), *грн.*

P - річні витрати на пристосування, *грн.*

Річна економія визначається з вираження:

$$\mathcal{E}_n = \frac{(T_{шт} - T_{шт}^n) \cdot C_{ч.з} \cdot N}{60}$$

де $T_{шт}$ - штучний час при обробці деталі без пристосування або в універсальному пристосуванні,

$T_{шт}^n$ - штучний час на операції після впровадження проектного пристосування,

$C_{ч.з}$ - вартості витрати по експлуатації робочого місця,

$N=500шт$ - річна програма.

Годинні витрати по експлуатації робочого місця:

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{\delta.у} \cdot k_m = 93,9 \cdot 0,8 = 75,12 \text{ коп / ч}$$

де $C_{ч.з}^{\delta.у}$ - практичні скоректовані годинні витрати на базовому робочому місці,

$C_{ч.з}^{\delta.у} = 93,9$ коп - для умов двозмінного виробництва, для крупносерійного виробництва,

$k_m = 0,5$ – машино-коефіцієнт [10, с. 174]

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{обсл} + t_{отд} = 3 + 3,82 + 2,1 + 1,1 = 10,02 \text{ хв},$$

де $t_o = 3 \text{ хв}$; $t_b = 3,82 \text{ хв}$; $t_{отд} = 6,82 \text{ хв}$; $t_{обсл} = 2,1 \text{ хв}$; $t_{отд} = 1,1 \text{ хв}$.

Тоді:

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_n &= \frac{(T_{\text{шт}} - T_{\text{шт}}^n) \cdot C_{\text{ч.з}} \cdot N}{60} = \frac{(10,02 - 5,8) \cdot 72,12 \cdot 500}{60} = 25362,2 \text{ коп} = \\ &= 253,6 \text{ грн}\end{aligned}$$

Річні витрати на пристосування:

$$P = S_{\text{пр}} \cdot (A + B) = 190 \cdot (0,5 + 0,2) = 133 \text{ грн}$$

де $S_{\text{пр}} = 190 \text{ грн}$ по [10, с.150]- вартість пристосування

A - коефіцієнт амортизації: при окупності у два роки $A = 0,5$;

U - коефіцієнт, що враховує ремонт і зберігання пристосування $B = 0,2$.

Економічний ефект від застосування пристосування:

$$n = \mathcal{E}_n - P = 253,6 - 133 = 120,6 \text{ грн.}$$

2.2 Конструювання фрезерного пристосування.

Пристосування призначене для установки, базування й закріплення на фрезерному верстаті з ЧПУ 654 ФЗ.

Пристосування використовується в операції 90 – фрезеруванні 20 вибірок $\varnothing 52 \text{ мм}$.

Пристосування складається з корпусу, на якому кріпляться 2 штифта й 4 шпильки. Корпус фіксується на верстаті двома фіксаторами. Деталь центрирується по штифтах і затискається чотирма гайками.

2.2.1 Визначення похибки установки

Погрішність установки ε по своєму фізичному змісту виражає погрішність положення заготовки й визначається по формулі:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2}$$

де ε_{δ} - погрішність базування деталі в пристосуванні,

ε_z – погрішність закріплення робили в пристосуванні.

Погрішність базування :

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{S_{\max}}{2}$$

де $S_{\max}$ – максимальний зазор при centruванні деталі,

$$S_{\max} = d_{\text{присmax}} - d_{\text{детmin}} = 17,219 - 17,181 = 0,038 \text{ мм}$$

де $d_{\text{см.max}} = 17.219 \text{ мм}$ - максимальний діаметр отвору,

$d_{\text{св.min}} = 17.181 \text{ мм}$ - мінімальний діаметр штифта.

Тоді

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0.038}{2} = 0.019_{\text{мм}}$$

Погрішністю закріплення ε_z називається різниця між найбільшої й найменшої величинами проекцій зсуву вимірювальної бази на напрямок виконуваного розміру в результаті додатка до заготовки сили затискача.

Для нашого випадку маємо $\varepsilon_z = 0$, тому що напрямок сили затискача й розміру обробки взаємно перпендикулярні.

Таким чином, погрішність установки рівна:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_z^2} = \sqrt{0,019^2 + 0} = 0,019 \text{ мм}$$

2.2.2 Розрахунки пристосування на точність.

Методика розрахунків базується на тому, що допуск на розмір обробки повинен бути більше або дорівнює сумі погрішностей, що виникають у процесі виготовлення й настроювання інструмента, пристосування й погрішностей безпосередньо виникаючих у процесі обробки.

Настроювання інструмента на розмір обробки проводиться за допомогою еталона який не входить у систему пристосування.

Розрахунки даного пристосування на точність буде зводиться до визначення точності виготовлення пристосування.

$$T_H \leq T_{обp} - (k_1 \cdot \varepsilon_{\delta} + \varepsilon_z + k_2 \cdot w),$$

де до1=0,82- коефіцієнт, що враховує зменшення погрішності базування в наслідок того, що настановний елемент у пристосуванні замінюється нечасто, а дійсні базові розміри заготовки рідко рівні граничним;

до2=0,63- коефіцієнт, що враховує **частку** погрішності обробки від **загальної, викликуваної** факторами **пристосування**, що не залежать від конструкції,

w=0.3-середня економічна точність обробки.

Тоді

$$T_H \leq 0.72 - (0.82 \cdot 0.019 + 0 + 0.63 \cdot 0.3) = 0.51 \text{ мм}$$

Посилюємо до найближчого нормалізованого $\pm 0,1$. Дане пристосування по точності виготовлення ставиться до пристосувань для чорнової обробки.

2.3 Проектування пристосування для контролю радіального биття.

2.3.1 Опис конструкції й принцип дії контрольного пристосування.

Умовне пристосування можна розділити на дві основні частини: настановна (базова) частина – контрольна плита й вимірювальна – штатив на якому встановлений індикаторний годинник.

Вимірювальна частина являє собою штатив, що полягає зі стрижнів, що дають можливості перенастроювати його різні розміри. У штативі встановлений індикатор ИЧ-02 кл. 1, із ціною розподілу 0,01 мм.

Деталь установлюється широким фланцем Ø594 мм (пов. Л) на валики. На зовнішню поверхню Ø446 мм установлюється ніжка індикаторних годин, німб індикатору встановлюється на “нуль”. При обертанні деталі навколо своєї осі проводиться вимір величини осьового биття. Обертання деталі здійснюється в ручну. При обертанні деталі навколо осі на 360° індикаторний годинник зафіксують будь-яке відхилення від їхнього нульового положення, зафіксувавши тим самим максимальне радіальне биття. За отриманим даними контролер визначає придатність даної деталі по контрольованому параметру.

2.3.2 Розрахунки погрішності установки деталі в контрольне пристосування

Погрішність установки ε_y , як одна зі складових загальної погрішності виконуваного розміру, підсумується з погрішностей базування ε_6 і закріплення ε_3 . І визначається по формулі:

$$E_y = \sqrt{E_6^2 + E_3^2} ;$$

де E_6 – погрішність базування в нашому випадку
 $E_6 = 1,21 \cdot Td = 0.03 / 2 = 0,015 \text{ мм}$,

де $Td=0,03$ – допуск на базову поверхню.

E_3 – погрішність закріплення, оскільки вимір проводиться беззакріплення $E_3=0$.

Звідси:

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,015^2 + 0} = 0,015(\text{мм});$$

2.3.3 Визначення сумарної погрішності виміру

Точність виміру характеризується сумарною погрішністю контрольно-вимірювального пристосування:

$$E_{\text{КИП}} = E + \Delta_{\text{з}} + \Delta_{\text{ин}} + \Delta_{\text{т}}$$

де E – погрішність положення контрольованої деталі в пристосуванні:

$$E = \sqrt{E_6^2 + E_3^2 + E_{\text{пр}}^2}$$

де E_6 – погрішність базування в нашому випадку

$$E_6 = Td / 2 = 0.03 / 2 = 0,015 \text{ мм} \text{ (деталь установлюється в призми } \alpha=90^\circ \text{)}$$

E_3 – погрішність закріплення, оскільки вимір проводиться без закріплення
 $E_3=0$

$E_{\text{пр}}$ - неточність виготовлення елементів пристосування що брав участь у формуванні розмірного ланцюга:

$E_{\text{пр}} = 0$, тому що вимірювальний прилад знімає показання безпосередньо з деталі, без використання яких або допоміжних систем.

$$E = \sqrt{E_o^2 + E_s^2 + E_{np}^2} = \sqrt{0,015^2 + 0^2 + 0^2} = 0,015_{мм}$$

У якості вимірювального приладу використовуються індикаторний годинник ИЧ-02 кл.1 із ціною розподілу 0,002 мм. Тоді погрішність індикаторних годин перебуває по формулі:

$$\Delta_{ин} = 0,7 \cdot Ц.Д. = 0,7 \cdot 0,002 = 0,0014_{мм},$$

де Ц. Д. =0,002- ціна розподілу індикаторних годин

Погрішність, викликана зміною температури навколишнього середовища

$$\Delta_t = ld(t1 - t2) = 497 \cdot 1.34 \cdot 10^{-7} \cdot 5 = 0.0003_{мм}$$

де l=497мм – розмір вимірюваного об'єкта

d = 1.34 · 10⁻⁷ ДО-1 – коефіцієнт лінійного розширення

t1-t2=5 – можливий перепад температури

Підставивши знайдені значення елементарних погрішностей у вихідну формулу отримуємо:

$$E_{кит} = E + \Delta_p + \Delta_o + \Delta_{ин} + \Delta_t = 0,015 + 0,0002 + 0,0003 = 0,0155_{мм}$$

Припустима погрішність виміру:

$$[\Delta_{изм}] = 0.33 \cdot Td = 0.33 \cdot 0.03 = 0.0165_{мм}$$

$\Delta_{изм} = 0,0155 \leq [\Delta_{изм}] = 0.0165_{мм}$, отже, дане контрольне пристосування забезпечує необхідну точність виміру.

3 Організаційна частина

3.1 Розрахунки кількості верстатів і норми багатостанкового обслуговування на ділянці механічного цеху

Визначення потрібної кількості встаткування, його завантаження, є вихідними даними для проектування ділянки цеху машинобудівного заводу.

Для визначення кількості металообробного встаткування й числа робітників для обробки вала КВТ нам була задана програма випуску деталей $N=500$ шт.

Попередньо був розроблений техпроцес із вказівкою переліку операцій і розраховані сумарні норми часу по кожному виду встаткування (у хв.). Також був визначений тип виробництва, по масі даної деталі й по річній програмі випуску - виробництво серійне.

Кількість верстатів, необхідних для виконання заданих операцій:

$$C_p = \frac{\sum t_{и-к} \cdot N}{F_{эф} \cdot 60}$$

де $t_{и-к}$ - до - норма штучно-калькуляційного часу на операцію, хв;

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

$F_{эф} = 4000$ - ефективний фонд роботи встаткування при 40-годинному робочому тижні;

Коефіцієнт завантаження верстатів визначається окремо для кожної операції (верстата), як відношення розрахункового числа верстатів до прийнятого:

$$K_z = \frac{C_p}{C_{пр}};$$

Результати розрахунків **зводимо** в таблицю (3.1.1).

Середній коефіцієнт завантаження верстатів на **ділянці**:

$$K_{3,CP} = \frac{\sum C_p}{\sum C_n} = \frac{27,246}{31} = 0,87 \quad (3.3)$$

При виборі планування враховується вид виробництва.

У розглядаємому випадку верстати розташовуються у два паралельні ряди. Довжина ділянки при такому способі 72 метра. Ширина проїздів 2,5 метра. Відстань між верстатами 0,9 метра. Відстань від колони до колони 12 метрів. Робочі місця розташовані з боку проходів, що полегшує обслуговування робочого місця. При обробці виробу переходять із одного ряду в інший.

Визначаємо кількість основних виробничих зон і коефіцієнт багатоверстатного обслуговування.

Кількість верстатів, які може обслужити один робітник у попередньо прийнятій зоні розраховуємо по залежності:

$$m_s = \frac{t_{on.max}}{t_{всп} + t_{пер}} \quad (3.4)$$

де $t_{оп.маx}$ - максимальний оперативний час на верстатах, **намічених** до об'єднання в зону обслуговування;

$t_{всп}$ - допоміжний **час**;

$t_{пер}=0,2$ хв. – **час** яке витрачається на перехід від верстата до верстата

Таблиця 3.1 - Кількість верстатів і коефіцієнт завантаження встаткування.

Результати розрахунків				Вихідні дані									
K ₃	S _n	S _p	$\sum_j t_{ш-к} \cdot N$	3	2	1	Номер деталі		Річна програма випуску N _j , шт.				
				500	500	500							
				Станкоемкость (штучно-калькуляційний час),хв						1A5123MΦ3	15		
										1A5123MΦ	20		
										1A5123MΦ	25		
0,97	2	1,96	472000	-	-	944	1A5123MΦ	30					
0,93	3	2,8	672000	-	141	1203	АТПР 800	50					
0,79	2	1,58	379200	-	278	432	АТПР 800	55					
0,93	1	0,93	260000	100	150	220	АТПР 800	60					
0,98	1	0,98	235000	100	100	270	Si-8	70					
0,9	1	0,9	235000	-	260	210	2A55	75					
0,96	1	0,96	230400	20	418	87,2	2A55	80					
0,96	1	0,97	232320	259	240	15,3	654Φ3	90					
0,94	1	0,94	227500	15	120	26,6	Si-8	100					
0,92	1	0,92	222000	60	234	150	Si-8	110					
0,94	1	0,95	227000	100	234	120	2A55	120					
0,79	1	0,75	190000	20	270	90	2A55	125					
0,77	1	0,77	185000	190	120	8,8	6540	130					
0,95	1	0,96	230000	110	170	12,6	163	140					
0,88	1	0,88	426000	126	-	300	654Φ3	145					
0,925	1	0,92	222000	100	234	120	2A55	160					
0,945	1	0,95	227000	120	165	120	2A55	165					
0,97	1	0,97	470000	120	-	350	163	170					
0,84	1	0,84	202500	120	165	120	БСД-3	175					

Число операторів необхідне в зоні обслуговування:

$$R_{\gamma} = \frac{S_{np\gamma}}{m_{S\gamma}},$$

де $S_{np\gamma}$ - кількість прийнятих верстатів для даної операції,
 γ -номер зони обслуговування.

Станкоємність зони обслуговування, визначається як сума станкоємностей операцій, виконуваних у зоні обслуговування:

$$t_{um1} = t_{umi} + t_{umi+1}$$

Трудомісткість обробки в зоні обслуговування визначаємо по залежності:

$$t = \frac{F_{cm} \cdot R}{q_{cm}},$$

де q_{cm} - змінний обсяг виробітку, шт;

$$q_{cm} = \frac{F_{cm}}{t_{um-k \max}}$$

R – кількість операторів у зоні обслуговування;

F_{cm} – тривалість робочої зміни при 5-ти денному тижні.

Визначаємо коефіцієнт багатоверстатного обслуговування:

$$K_{m_1} = \frac{t_{um1}}{t_1}$$

Отримані результати розрахунків **затягаємо** в таблицю (3.1.2).

Таблица 3.1.2 – Таблица зон і коефіцієнт багатоверстатного обслуговування

Номер операции	Наименование операции	Номер зоны обслуживания γ	Модель станка	Станкоёмкость Т _{шт.к.} , мин	Оперативное время Т _{оп} , мин	Вспомогательное время Т _{всп} , мин	Время на переход Т _{пер} , мин	Количество станков		Коеффициент загрузки К _з	Норма обслуживания ms	Число операторов в зоне R _γ	Трудоёмкость зоны t _γ	Трудоёмкость операции t _i	коэффициент многостаночного обслуживания К _м
								S _p	S _п						
25	Токарная	1	1A5123МФ3	2800	2346	454	0,2	5,83	6	0,97	4,41	1,36 (1)	10536	5262	2
10,20,30	Токарная	2	1A5123МФ3	1516	1320	196	0,2	3,7	4	0,925		(0,45)1	7156	5262	1,12
50,55,60	Токарная		АТПР 800	1855	1580	275		5,31	6	0,885	4,42			944	

3.2 Робочий склад і визначення його чисельності

Загальна кількість що беруть участь у роботі механічного цеху становлять:

- виробничі робітники, головним чином верстатники;
- допоміжні робітники;
- службовці;
- інженерно-технічні працівники (ІТП) і лічильно-конторський персонал (ЛКП).

Розрахунки складу цеху зробимо для однозмінної роботи. Кількість виробничих робітників визначається по кількості робочих місць (верстатів), що виконують певну операцію. У цьому випадку використання часу робітників відповідає завантаженню робочих місць (верстатів).

Чисельність робочих ділянки знаходимо з вираження:

$$R_{СП.У.} = \frac{\sum_{i=1}^m t_{шти} \cdot N_i}{60 \cdot F_{эф} \cdot k_B \cdot k_{МО}} \quad (3.10)$$

де m - кількість деталей, що виготовляються на ділянці (без обліку довантаження іншими деталями);

$N_i = 500$ - річна виробнича програма випуску деталі, шт.;

$t_{шти}$ - норма часу на деталь, хв;

$F_{эф} = 1870$ - ефективний фонд часу одного робітника (за даними балансу робочого часу), год;

$k_B = (1,05 \dots 1,15)$ – коефіцієнт виконання норм.

Ухвалюємо $k_B = 1,05$.

$k_{МО} = 1,4$ – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування.

$$R_{СП.У.05} = \frac{138,45 \cdot 500}{60 \cdot 1870 \cdot 1,05 \cdot 1,4} = 0,91 \text{человека / оп}$$

Ухвалюємо $R = 1$ людино/операцію

Аналогічно розраховуємо інші операції.

На ділянках ухвалюємо наступну кількість робітників:

- Ділянка №1 - 38 робітників;
- Ділянка №2 - 52 робітників;
- Ділянка №3 - 48 робітників;

Усього в цеху 138 основних робітників.

Для виконання допоміжних робіт у цеху до складу робочого персоналу включаються допоміжні робітники. До них ставляться наладчики верстатів, бригадири, роздавальники інструмента, контролери, крановики, слюсарі, верстатники з ремонту й інші підсобні робітники.

Кількість допоміжних робітників ухвалюється у відсотковому відношенні від кількості основних робітників на підставі практичних даних. У серійному виробництві загальна кількість допоміжних робітників у цеху становить 38% від кількості основних робітників~53 людини.

Загальна кількість допоміжних робітників доцільно розбити на дві групи: обслуговуючі встаткування й не обслуговуючі його: перші становлять приблизно - 60% - 39 людини, другі 40% -14 людей, від загальної кількості допоміжних робітників.

Інженерно-технічні працівники, що й служать цехи (у т.ч. прибиральники побутових і цехових приміщень, телефоністи), лічильно-конторський персонал становлять 15-18% -34 людини, від загальної кількості робітників, причому інженерно-технічних працівників 20 людей.

Усього в цеху працюючих 220 людей.

3.3 Планування устаткування й робочих місць у цеху

Склад виробничих відділень і ділянок механічних цехів визначається характером виробів, що виготовляються, технологічним процесом, обсягом і організацією виробництва.

У нашому випадку механічний цех розбивається на ділянки по характеру й типу деталей.

Металорізальні верстати ділянок розташовуються в порядку технологічних операцій - верстати розташовуються послідовно відповідності з технологічними операціями для обробки однойменних або декількох різнойменних деталей, що мають схожий порядок операцій обробки.

При розміщенні верстатів на ділянці передбачені найкоротші шляхи руху кожної деталі, у процесі обробки не допускаються зворотні, кільцеві або петлеоподібні руху, що створюють зустрічні потоки, що й утрудняють транспортування оброблюваних деталей.

Послідовний перехід деталі від верстата до верстата утворює технологічну лінію руху деталей. Цей рух зазначений на плані розташування встаткування.

При розміщенні верстатів ми керувалися нормальними розмірами проміжків між верстатами в поздовжньому й поперечному напрямках і розмірами відстаней від стін і колон

3.4 Розрахунки площі цеху

Виробнича площа визначається на підставі планування.

Розміри основних секцій у плані становлять 72х72м. Площа основних секцій 5184м². Залежно від виду виробництва ухвалюємо сітку колон 24х12м. Висота прольотів механічного цеху при наявності кран-балок ухвалюється рівної 7,2м. Розраховуємо площу ділянки №1

$$F_{\text{№1}} = 65 \cdot 18,2 = 1183 \text{ м}^2$$

Розраховуємо площу на один верстат

$$F_{CT} = S_{N_1} / W_{N_1} = 1183 / 31 = 38,37 \text{ м}^2 (3.11)$$

Розрахуємо площу кожної ділянки, якщо на ділянці №2 перебуває 46 верстатів, а ділянці №3 перебуває 44 верстата/ Показником, що характеризують використання виробничої площі механічного цеху, є питома площа, що доводиться в середньому на один верстат (разом із проходами), прийнято 25 м^2 з умови застосування в основному середніх по розміру верстатів. :

$$F_{N_1} = W_{N_1} \cdot F_{CT} (3.12)$$

Площа ділянок:

- Ділянка №2 - $F_{N_2} = 1765 \text{ м}^2$
- Ділянка №3 - $F_{N_3} = 1688,28 \text{ м}^2$
-

3.4.1 Допоміжні відділення механічного цеху

До складу механічного цеху входять допоміжні відділення й складські приміщення, до яких можна віднести:

- заточувальне відділення;
- ремонтне відділення;
- майстерня для ремонту пристосувань і інструмента;
- відділення для переробки стружки;
- склад пристосувань ;
- склад абразивів;
- склад масел і допоміжних матеріалів.

Залежно від масштабу виробництва й розміру цеху деякі відділення й складські приміщення поєднуються, у ряді випадків деякі відділення є загальними для декількох цехів.

Заточувальне відділення

З метою збільшення термінів служби й повного використання всієї ріжучої здатності інструмента, що залежить головним чином від правильного відходу й умілого обігу з ним, необхідна централізація всього інструментального господарства взагалі й заточення інструмента зокрема.

При сучасній організації металообробного виробництва, заточення інструмента проводиться централізовано в особливо виділених заточувальних майстернях.

Кількість необхідних заточувальних верстатів визначається по кількості інструмента, що підлягає заточенню в рік, по числу заточень кожного інструмента до його повного використання.

Потребное кількість заточувальних верстатів загального призначення в середньому становить 4-6% від кількості верстатів, що обслуговуються заточенням - 5 верстатів.

Площа заточувального відділення становить $10-12\text{м}^2$ на один верстат.

Заточувальне відділення розташовується сміжно з інструментальним складом.

Кількість робітників для заточувального відділення ухвалюється - 2 людину на один верстат при роботі у дві зміни.

Ремонтне відділення

Ремонтна база повинна мати у своєму розпорядженні комплект верстатів, достатнім для виконання всіх передбачених видів ремонтних робіт із цеху, що обслуговується.

Загальна площа ремонтного відділення визначається з розрахунку $20-30\text{м}^2$ на один верстат відділення. Кількість слюсарів становить 9 людей.

Майстерня для ремонту пристосувань і інструмента

Ремонт пристосувань і інструмента проводиться у відділенні цеху. Додаткова площа $F=100\text{м}^2$.

Відділення для готування й роздачі СОЖ.

Постачання металорізальних верстатів механічної ділянки СОЖ організовано децентралізованим методом, тобто рідини подаються до верстатів у тарі.

Відділення для переробки стружки

Від верстатів стружка доставляється до збірних коробів, або бункерам розташованим у проїздів цеху за допомогою електровізків. На токарських верстатах для сталевих стружки доцільно застосовувати стружколоми, що дроблять кручену стружку.

Зі збірних коробів або бункерів стружка вивозиться у відділення для переробки.

Переробка стружки проводиться централізовано в одному відділенні, куди доставляється стружка із усіх цехів заводу.

Інструментально-роздавальна комора

Служить для постачання робочих місць інструментом і пристосуваннями. У нашому випадку для всіх видів інструмента - ріжучого, міряльного, а також для пристосувань улаштовується одна інструментально-роздавальна комора.

Площа комори рівна $0,3\text{м}^2$ на один металорізальний верстат. Площа складу пристосувань $0,2\text{м}^2$ на один металорізальний верстат. Площа комори для абразивів ухвалюється $0,4\text{м}^2$ на один шліфувальний, заточувальний або полірувальний верстат.

3.4.2 Проектування обслуговуючих приміщень цеху

До обслуговуючих приміщень цехів ставляться адміністративно-контторські й побутові приміщення. Адміністративно-контторські приміщення служать для розміщення адміністративно-управлінських служб цеху. Побутові приміщення призначають для санітарно-гігієнічного, медичного, культурного обслуговування, для служб живлення й інших.

Адміністративно-контторські й побутові приміщення цеху поєднуються в одному будинку.

До складу адміністративно-контторських входять приміщення технологічного, конструкторського, планово-диспетчерського й інших бюро, бухгалтерії, кабінетів начальника цеху і його заступників.

Площа контторських приміщень визначається з розрахунку $3,25\text{м}^2$ на кожного працюючого, площа для конструкторів і креслярів 5м^2 на один креслярський стіл.

Зазначені приміщення повинні мати природнє висвітлення; висота від підлоги повинна бути не менш $2,5\text{м}$.

Визначення площі побутових приміщень

Душові розташовуються в ізольованих приміщеннях суміжних з гардеробними. Число душових сіток ухвалюємо з умови 1 на 25 людей. Кабіни для душу влаштовуються розміром $0,9 \times 0,9\text{м}$. Площа душових $F=25\text{м}^2$.

Площа гардероба ухвалюємо збільшено по $F=355\text{м}^2$. Для чоловіків $F=230\text{м}^2$ і $F=125\text{м}^2$ для жінок.

Пункти живлення

Відстань від цехів до пунктів живлення ухвалюється не більш 300м , тому що обідня перерва не перевищує 30 хвилин. Площа їдальні $F=165\text{м}^2$.

Площа буфету $F=100\text{м}^2$.

Пункти медичної допомоги – здравпункты

Состав приміщень і розміри площ здравпунктов ухвалюємо по умовних нормалях. Площа здравпункта $F=40\text{м}^2$.

4. Економічна частина

4.1 Виробнича програма цеху

Номенклатура деталей складових виробничу програму проектованого цеху визначається на основі завдання на дипломний проект. Вона включає деталі докладної технології й деталі, на які не розробляється технологія. Річна виробнича програма цеху в натуральному вираженні встановлюється керівником дипломного проекту або може бути прийнята на рівні базового цеху. Трудомісткість річної виробничої програми визначається на основі норм часу обробки деталей докладної технології, установлених у розробленому техпроцесі, і інших деталей, прийнятих за даними підприємства (таб.4.1.1).

Таблиця 4.1 - Виробнича програма

№ ділянки	Деталь	Штучне час, година	Річна програма	
			у натуральному вираженні	По трудомісткості, Нормо-годинника
1	Вал КВТ	138,45	500	69225
	2	60,07	500	30035
	3	33,69	500	16847
	Разом	232,21	1500	116107
2	Диски	117,39	1200	140862
3	Інше	118,868	1000	118868
Разом				420600

4.2.Визначаємо вартість основних фондів

4.2.1 Розрахунки вартості виробничого встаткування

Вартість виробничого встаткування (основного й допоміжного) визначається на підставі розрахунків кількості необхідного встаткування на ділянці за технологією й у цілому по цехові розрахованих раніше в дипломному проєкті, а також цін на встаткування.

Таблица 4.2-кількість устаткування в цеху.

№	Ділянка	Кількість верстатів
1	Механічний	31
2	Механічний	46
3	Механічний	43
Разом		120

Результати розрахунків кількості встаткування на ділянці приводимо в таблиці 4.2.1.2

На основі даних таблиці. визначається середня вартість одиниці встаткування, яка використовується при розрахунках загальної вартості виробничого встаткування цеху.

Середня вартість одиниці встаткування:

$$\frac{1950987,64}{31} = 62935,09 \text{ грн}$$

Вартість устаткування в цеху: $62935,09 \cdot 120 \cdot 1,15 = 8\,685\,042,42$ грн.

Таблиця 4.3 - Розрахунки кількості виробничого встаткування.

№	Обладнання	Тип (модель).	Кількість обладнання шт.	Вартість грн.		Потужність електродвигунів кВт	
				Одного верстата	Загальне	Одного верстата	Загальне
1	Струм з ЧПУ	1A5123MФ3	10	110587,7	1105877	60	600
2	Радиал.- свердлів.	2A55	6	6970,4	41822,4	8,5	51
3	Струм зі ЧПУ	АТПР 800	7	171820	1202740	53	374
4	Внутрішншліф.	Si-8	3	20215	60645	10	30
5	Фрез. з ЧПУ	654Ф3	1	88015	88015	7	7
6	Струм.гвинт	163	2	10580	21160	12	24
7	Балансирів.	БСД-3	1	15650,24	15650,24	8	8
8	Фрез.	6540	1	60555	60555	8,5	8,5
ділянка			31		1950987,64		1102,5

Середня потужність електродвигунів одиниці встаткування:

$$\frac{1102,5}{31} = 35,56 \text{ кВт}$$

Потужність устаткування в цеху:

$$35,56 \cdot 120 = 4267,2 \text{ кВт}$$

4.2.2 Розрахунки вартості інших груп основних фондів

Вартість будинків виробничого й допоміжного призначення розраховуємо виходячи з вартості 1м^2 будинку. Загальний обсяг цеху підраховуємо щодо планування.

Визначаємо виробничу площу:

$$S = C_{\text{пр}} \cdot Si = 120 \cdot 38,37 = 4604\text{м}^2,$$

де

$C_{\text{пр}}$ - кількість верстатів у цеху $C_{\text{пр}}=120$

Si - середня площа на один верстат $Si=38,37\text{ м}^2/\text{верстат}$

Визначаємо допоміжну площу:

$$S_{\text{есп}} = 10\% \cdot S = 0.1 \cdot 4604 = 460\text{м}^2,$$

де 10% - коефіцієнт допоміжної площі.

Вартість

будинку:

$$B = \Pi_{\text{пр}} \cdot S \cdot K_1 + \Pi_{\text{есп}} \cdot S_{\text{есп}} \cdot K_1 = 330 \cdot 4604 \cdot 1,1 + 440 \cdot 460 \cdot 1,1 = 1893892\text{грн}, \text{ де}$$

$DO_1=10\%$ - коефіцієнт проходів, проїздів.

Вартість дорогого інструмента й пристосувань становлять 4% від його вартості технологічного встаткування; вартість виробничого реманенту- 2% від вартості встаткування; вартість ремонту- 4% від вартості будинків. Результати розрахунків затягаємо в таблицю (4.2.2.1)

4.3 Розрахунки чисельності робітників

При розрахунках чисельності працюючих необхідно враховувати найбільш раціональне використання трудових ресурсів, правильне співвідношення категорій персоналу, максимально можливе вивільнення працівників для використання їх на інших ділянках виробництва.

Таблиця 4.4-основні фонди цеху

Група осн. фондів	Балансова вартість, тис. грн.	Структура. %	Норма амортизації. %	Річні амортизаційні відрахування. тис.грн.
Група 1 будинку	1893892	16,82	8	151511,36
Група 2 транспорт	----			
інструмент	34740,7	3,08		138960,68
виробничий	173700,84	1,54	40	69480,34
реманент				
господарський	75755,68	0,67		30302,27
реманент				
Група 3 устаткування	8685042,42	770,7	24	2084410,18
Група 4 комп'ютери	92800	0,82	60	55680
Разом	11268592,76	100		2530344,83

При недостатньому завантаженні робітників передбачити можливість виконання ними робіт із суміжних професій.

Чисельність основних робітників на нормованих роботах металообробної ділянки по кожній професії визначається по формулі:

$$R_{cd} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot t_{um_i}}{F_{эф} \cdot K_{в.н.} \cdot K_{м.о.}}$$

де R_{cd} – середньосписочне кількість основних робітників-відрядників, ціл;

n – кількість найменувань деталей, шт;

N_i – кількість деталей кожного найменування, шт;

штучно- $t_{шт_i}$ – калькуляційний час на обробку деталі, година;

$F_{эф}$ – ефективний фонд часу робітника, $F_{эф} = 1870$ година;

$K_{в.н.}$ – середній коефіцієнт виконання норм виробітку, $K_{в.н.} = 1.05$;

$K_{м.о.}$ – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування, $K_{м.о.} = 1,4$

Кількість основних робітників для основної ділянки

$$R_{cd} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot t_{um_i}}{F_{эф} \cdot K_{в.н.} \cdot K_{м.о.}} = \frac{500 \cdot (138,45 + 60,07 + 33,69)}{1870 \cdot 1,05 \cdot 1,4} = 42,46 = 43_{чел.}$$

Кількість основних робітників для інших ділянок

$$R_{cd} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot t_{um_i}}{F_{эф} \cdot K_{в.н.} \cdot K_{м.о.}} = \frac{140862 + 118868}{1870 \cdot 1,05 \cdot 1,4} = 94,99 = 95_{чел}$$

Чисельність допоміжних робітників по кожній професії може визначатися по нормах обслуговування й по робочих місцях:

- наладчик устаткування- їх кількість визначається залежно від кількості верстатів у цеху:

$$R_{нал} = \frac{\sum C_{np}}{H_o} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right)$$

де $\sum C_{np} = 162$ - загальна кількість верстатів у цеху;

$H_o = 14$ станков - норма обслуговування одним наладчиком;

$\alpha = 5\%$ - втрати на відпустку й лікарняні аркуші.

$$R_{нал} = \frac{120}{14} \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) = 9 \text{ человек}$$

- слюсар з ремонту встаткування- чисельність залежить від одиниць ремонтної складності встаткування:

$$R_{сл.рем.} = \frac{\sum C_{np} \cdot P_{cp}}{H_o} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right)$$

де $P_{cp} = 11$ - середня складність роботи верстатів у цеху;

$H_o = 500$ - норма обслуговування одним слюсарем-ремонтником;

$$R_{сл.рем.} = \frac{120 \cdot 11}{500} \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) = 2,772 \approx 3 \text{ человека}$$

- верстатник з ремонту інструментів і пристосувань- чисельність залежить від кількості основних робітників:

$$R_{ст.рем.} = \frac{\sum R_{сд}}{H_o} \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right)$$

де $H_o = 70$ - норма обслуговування;

$$R_{ст.рем.} = \frac{138}{70} \cdot \left(1 + \frac{5}{100}\right) = 2,07 \approx 3 \text{человека}$$

Розрахунки чисельності інших допоміжних робітників будемо вести по робочих місцях. Чисельність допоміжних робітників, зайнятих на нормованих роботах, визначається так само, як і чисельність основних виробничих робітників, тобто залежно від планованого обсягу робіт і ефективного фонду часу одного робітника.

Кількість допоміжних робітників:

Контролер 6 чіл.

Електромонтер 2 чіл.

Комірники й транспортні робітники 4 чіл.

Механіки 4чіл

Роздавальник інструмента 2чіл

Чисельність керівників, фахівців, службовців розраховуємо по типових структурах керування:

начальник цеху – 1 чіл

зам начальники цеху –2чіл

головний механік –1чіл

старший майстер –3чіл

змінний майстер –6чіл

контрольний майстер –2чіл

начальник техбюро –1чіл

начальник Бтиз –1чіл

технолог –5чіл

нормувальники –2чіл

економіст –1чіл

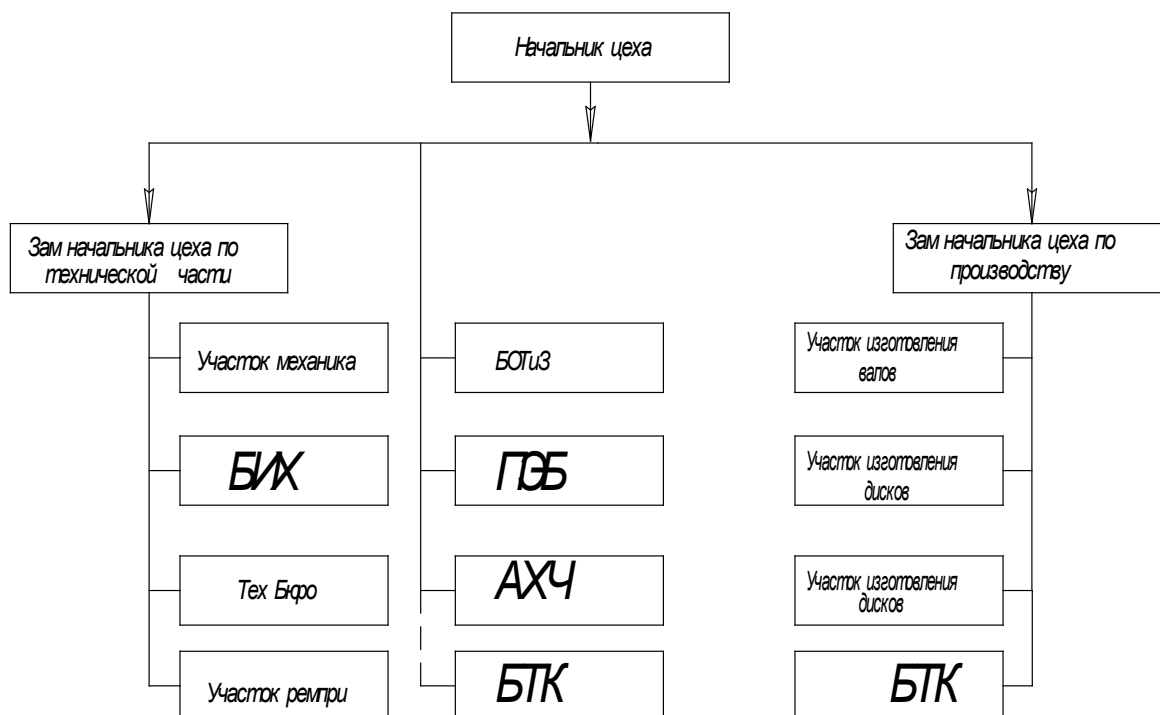
бухгалтера – 2 чіл

Результати заносимо в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 - Чисельність промислово-виробничого персоналу цеху.

Категорії промислово-виробничого персоналу	Чисельність, чіл.	% від загального числа працюючих	% від числа основних виробничих робітників
Основні виробничі робітники	138	69,7	—
Допоміжні робітники	33	16,7	23,91
ІТП	27	13,6	19,57
Усього по цехові	198	100	—

4.4 Організація й керування виробництвом



- функціональне підпорядкування;
- пряме підпорядкування;

Рис 4.4.1 Схема організації виробництва

Техбюро- здійснення технологічного забезпечення виконання цехом виробничого плану по виготовленню й ремонту продукції з урахуванням рекомендацій УГТ; пророблення на технологічність, розробка технологічного процесу й оформлення технологічних документів виготовлення й ремонту продукції відповідно до вимог; розробка КД на термообробку для здійснення виробничої діяльності цеху; участь у розробці, розробка коригувальних і попереджуючих заходів щодо невідповідностей і дефектам продукції, з метою підвищення надійності, рівня якості продукції, а також забезпечення стабільності виробництва; оформлення повідомлень про зміну й внесенні змін у технологію; розробка заходів щодо якості продукції, що випускається, новій техніці й культурі виробництва.

Ботиз- нормування й тарифікація робіт і виконавців у цеху відповідно до діючого тарифно-кваліфікаційного довідника, систематичний аналіз діючих норм часу, організація роботи з розробки й впровадженню в цеху заходів, що забезпечують виконання завдання по зниженню трудомісткості виробів.

Ділянка механіка- введення в експлуатацію й проведення планово-запобіжного ремонту встаткування й перевірки його на технологічну точність згідно із графіками, технічне обслуговування й своєчасний огляд посудин працюючих під тиском, виконання затверджених проф. Заходів спрямованих на зниження впливу на цеховий персонал небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

БІХ- забезпечення своєчасного й безперебійного постачання виробничих ділянок цеху обробним інструментом, оформлення заявок на виготовлення дублерів і обробного інструмента відповідно до діючих інструкцій, положень і стандартами підприємства, організація й забезпечення централізованого заточення РИ.

РЕМПРИ- виконання поточного ремонту, виготовлення ТЕ за планом інструментального виробництва відповідно до КД ТЕ ведення обліку й зберігання КД отриманих для ділянки РЕМПРИ, пред'явлення на перевірку відремонтованої й знову виготовленої ТЕ.

Функції господарської служби- зміст усіх виробничих і побутових приміщень цеху й закріпленої за цехом території в стані, що відповідає нормам, передбаченим нормативам по охороні праці, вимогам санітарно-гігієнічного стану й культури праці,

організація дрібного ремонту меблів, реманенту й приміщень цеху, організація прання спецодягу, ремонту спецодягу й спеціальному взуття.

Функції економічної служби- розробка й доведення до підрозділів цеху річних, квартальних і місячних планів робіт з техніко-економічних показників на основі виробничої програми, виданої цеху, оперативний облік показників роботи ділянок цеху й економічний аналіз виробничо-господарської діяльності цеху і його підрозділів, розробка нормативних і оптових цін на деталі, складальні одиниці й виробу, що виготовляються й ремонтвані цехом, підготовка звітності про виробничо-господарську діяльність цеху.

4.5 Вартість основних матеріалів

Таблиця 4.6 - Вартість основних матеріалів.

Деталь	Матеріал	кількість матеріалу, кг	Оптова ціна матеріалу, грн/т	Ціна матеріалів на деталь, грн	Відходи на деталь, кг	Ціна відходів на деталь, грн/т	Відходи на деталь, грн	Вартість матеріалів на деталь із відрахуванням	матеріалів з відрахуванням відходів
Вал	ХН73 МБТЮ- ВД	15	12000	180	53,23	177	9,42	170,58	85290
Інше									545856
По цехові									631146

4.6 Заробітна плата

Фонд заробітної плати розраховуємо по категоріях промислово-виробничого персоналу цеху. При цьому необхідно забезпечити найбільш раціональне

співвідношення заробітної плати окремих категорій робітників відносно до кількості і якості їх роботи й ефективного використання загального фонду заробітної плати.

Тарифний фонд заробітної плати робочих відрядників Z_{cd} визначають виходячи із трудомісткості річної виробничої програми цеху в нормочасах і среднечасовой тарифної ставки відрядника $C_{cp.cd}$.

$$Z_{cd} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot t_{um_{ш}} \cdot C_{cp.cd}$$

Тарифний фонд заробітної плати на основну деталь

$$Z = N_i \cdot P_i$$

Основна заробітна плата на одну деталь – розцінка:

$$P_i = \sum_{i=1}^m C_i \cdot t_{um-\kappa_i} \cdot 1.5$$

де P_i - розцінка на деталь, грн;

m - кількість операцій у техпроцесі;

C_i - годинна тарифна ставка робочого, грн/година;

Тшт- До- штучно-калькуляційний час, година;

Результати розрахунків затягаємо в таблицю 4.6.1

Таблиця 4.7 - Розрахунки розцінок по операціях

Деталь	№	Операція	Норма часу, мін	Розряд робітника	Тарифна ставка	Розцінка
1	2	3	4	5	6	7
вал	15	Токарна з ЧПУ	210	5	6,4	4,37
інше			741			32,36
вал	20	Токарна з ЧПУ	362	5	6,4	2,24
інше			280			12,23
вал	25	Токарна з ЧПУ	2800	5	6,4	115,02
інше			194			8,47
вал	30	Токарна з ЧПУ	944	5	6,4	41,22
інше			-			-
вал	50	Токарна з ЧПУ	1203	5	6,4	52,53
інше			141			6,16
вал	55	Токарна з ЧПУ	432	5	6,4	18,86
інше			278			12,14
вал	60	Токарна з ЧПУ	220	5	6,4	5,24
інше			350			15,28
вал	70	Усередині- шліфувальна	270	5	6,4	11,79
інше			400			17,47
вал	75	Радіально- свердлильна	210	5	6,4	9,17
інше			260			11,35

вал	80	Радіально-свердлильна	87,2	5	6,4	1,57
інше			438			19,13

1		3	4	5	6	7
вал	90	Фрезерна з ЧПУ	15,36	5	6,4	0,67
інше			449,64			19,63
вал	100	Усередині-шліфувальна	26,6	5	6,4	13,97
інше			135			5,9
вал	110	Усередині-шліфував	150	5	6,4	6,55
інше			294			12,84
вал	120	Радіально-свердлильна	120	5	6,4	5,24
інше			334			14,58
вал	125	Радіально-свердлильна	90	6	7,55	4,62
інше			290			14,89
вал	130	Токарна	8,8	6	7,55	3,08
інше			310			15,91
вал	140	Токарна	12,6	5	6,4	7,86
інше			280			12,23
вал	145	Токарна	300	5	6,4	7,86
інше			-			-
вал	160	Радіально-свердлильна	120	5	6,4	7,86
інше			-			-
вал	175	Балансувальна	120	6	7,55	6,16
інше			285			14,63
Разом					вал	322,88

Заробітна плата на ділянці №1 становить:

$$322,88 \cdot 1,5 = 484,32 \text{ грн,}$$

де 1,5 – преміальні виплати.

Розраховуємо основну заробітну плату на інші деталі:

$$P_i = \sum_{i=1}^m C_i \cdot t_{um-\kappa_i} \cdot 1,5 = 2,62 \cdot (60,07 + 33,69) \cdot 1,5 = 368,47 \text{ грн}$$

Тарифний фонд заробітної плати на деталь:

$$З = N_i \cdot P_i = 500 \cdot 484,32 = 242160 \text{ грн}$$

Тарифний фонд заробітної плати на інші деталі:

$$З = N_i \cdot P_i = 1000 \cdot 368,47 = 368470 \text{ грн}$$

Визначаємо тарифний фонд заробітної плати по інших ділянках цеху:

$$З_{cd} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot t_{um_w} \cdot C_{cp.cd} = 259730 \cdot 2,62 = 680492,6 \text{ грн}$$

Тарифний фонд заробітної плати по цехові:

$$З_{ц} = 242160 + 368470 + 680492,6 = 1291122,6 \text{ грн.}$$

Тарифний фонд заробітної плати робітників-погодинників $З_{пов}$ визначають виходячи з їхньої чисельності $R_{пов}$, середньої годинної тарифної ставки $C_{ср.пов}$ і ефективного фонду часу $F_{еф.раб.}$.

$$З_{нов} = R_{нов} \cdot C_{ср.нов} \cdot F_{эф.роб} \cdot 1,5$$

Заробітна плата допоміжних робітників:

1.Наладчики

$$З_{нов} = R_{нов} \cdot C_{ср.нов} \cdot F_{эф.роб} \cdot 1,5 = 9 \cdot 5.93 \cdot 1870 \cdot 1,5 = 65788,2 \text{ грн.}$$

2.Слюсарі з ремонту встаткування

$$З_{нов} = R_{нов} \cdot C_{ср.нов} \cdot F_{эф.роб} \cdot 1,5 = 3 \cdot 5.23 \cdot 1870 \cdot 1,5 = 16488,9 \text{ грн.}$$

3.Контролер

$$З_{нов} = R_{нов} \cdot C_{ср.нов} \cdot F_{эф.роб} \cdot 1,5 = 6 \cdot 5.23 \cdot 1870 \cdot 1,5 = 38669,4 \text{ грн.}$$

4.Електромонтер

$$З_{нов} = R_{нов} \cdot C_{ср.нов} \cdot F_{эф.роб} \cdot 1,5 = 2 \cdot 5.23 \cdot 1870 \cdot 1,5 = 10992,6 \text{ грн.}$$

5.Комірники й транспортні робітники

$$З_{нов} = R_{нов} \cdot C_{ср.нов} \cdot F_{эф.роб} \cdot 1,5 = 4 \cdot 4.71 \cdot 1870 \cdot 1,5 = 17521,2 \text{ грн.}$$

6.Механіки

$$З_{нов} = R_{нов} \cdot C_{ср.нов} \cdot F_{эф.раб.} \cdot 1,5 = 4 \cdot 4.71 \cdot 1870 \cdot 1,5 = 17521,2 \text{ грн.}$$

3

7Слюсарі з ремонту й заточенню інструмента

$$З_{нов} = R_{нов} \cdot C_{ср.нов} \cdot F_{эф.раб.} \cdot 1,5 = 3 \cdot 4.71 \cdot 1870 \cdot 1,5 = 13140,9 \text{ грн.}$$

8Роздавальник інструмента

$$З_{нов} = R_{нов} \cdot C_{ср.нов} \cdot F_{эф.раб.} \cdot 1,5 = 2 \cdot 4.71 \cdot 1870 \cdot 1,5 = 8760,6 \text{ грн.}$$

Заробітна плата керівників, фахівців, службовців розраховуємо по типових структурах керування:

$$\text{начальник цеху-1чіл-} 850 \cdot 12 = 10200 \text{ грн.}$$

$$\text{зам начальники цеху} - 670 \cdot 12 \cdot 2 = 16080 \text{ грн.}$$

$$\text{головний механік} - 490 \cdot 12 = 5880 \text{ грн.}$$

$$\text{старший майстер} - 520 \cdot 12 \cdot 3 = 18720 \text{ грн.}$$

$$\text{змінний майстер} - 430 \cdot 12 \cdot 6 = 30960 \text{ грн.}$$

$$\text{контрольний майстер} - 420 \cdot 12 \cdot 2 = 10080 \text{ грн.}$$

$$\text{начальник техбюро} - 520 \cdot 12 = 6240 \text{ грн.}$$

$$\text{начальник БТиЗ} - 430 \cdot 12 = 5160 \text{ грн.}$$

$$\text{технолог} - 350 \cdot 12 \cdot 5 = 21000 \text{ грн.}$$

$$\text{нормувальники} - 400 \cdot 12 \cdot 3 = 14400 \text{ грн.}$$

економіст – $440 \cdot 12 = 5280 \text{ грн.}$

бухгалтера – $320 \cdot 12 \cdot 2 = 7680 \text{ грн.}$

Таблиця 4.8 - Фонд заробітної плати промислово-виробничого персоналу цеху

Категорії промислово- виробничого персоналу	Чисельність, чіл	Тарифний фонд заробітної плати +премія, грн.	Дополн. заробітна плата, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн.	Середньомісячна заробітна плата одного робітника, грн.
Основні виробничі робітники	138	1291122,6	86074,84	1377197,44	831,64
Допоміжні робітники	33	188883	12592,2	201475,2	508,78
ІТП	27	227520	—	227520	702,22
Разом	214	1707525,6	98667,04	1806192,64	703,35

4.7 Собівартість продукції

4.7.1 Витрати на зміст і експлуатацію встаткування

Витрати на зміст і експлуатацію встаткування складаються у вигляді кошторису й містять статті витрат у цеху, які визначаються роботою встаткування .

Кошторис витрат на зміст і експлуатацію встаткування:

Стаття 1."Експлуатація встаткування"

-витрати на силову електроенергію

$$\mathcal{E} = M \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot K_{\text{зср}} \cdot C_e = 4267,2 \cdot 4000 \cdot 0,87 \cdot 0,33 = 3118469,76 \text{ грн.}$$

де М-Потужність двигунів верстатів, кВт;

$\Phi_{\text{эф}}$ - річний фонд часу роботи верстата, година;

$K_{\text{зср}}$ - середній коефіцієнт завантаження встаткування;

C_e - ціна одного кВтч енергії, грн.

-витрати на стиснене повітря;

$$Y = C_{\text{в}} \cdot q \cdot n \cdot \Phi_{\text{эф}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{зср}} = 0,04496 \cdot 3 \cdot 74 \cdot 4000 \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 16316,47 \text{ грн.}$$

де $C_{\text{в}}$ - ціна одного кубометра стисненого повітря, грн;

q-витрати стисненого повітря на один верстат у годину, м³/година;

n-число верстатів із пневмоцилиндрами, єдиний.;

$\Phi_{\text{эф}}$ - ефективний фонд часу роботи встаткування;

K_B - коефіцієнт втрат повітря;

-витрати на воду для виробничих цілей

$$Y_1 = C_в \cdot (Q_1 + Q_2) = 0,69 \cdot (250,56 + 1,2) = 136,64 \text{ грн}$$

де $C_в$ -Ціна одного кубометра води, грн.;

Q_1 -вода на готування охолодних рідин, m^3 ;

$$Q_1 = \frac{q_{в1} \cdot S \cdot \Phi_{эф} \cdot K_{зср}}{1000} = \frac{0,6 \cdot 120 \cdot 4000 \cdot 0,87}{1000} = 250,56 m^3$$

де $q_{в1}$ -затрати води на один верстат, л/година

S -Кількість верстатів, єдиний.;

Q_2 -вода на промивання деталей у баках, m^3

$$Q_2 = \frac{q_{в2} \cdot \Phi_{эф}}{1000} = \frac{0,3 \cdot 4000}{1000} = 1,2 m^3$$

де $q_{в2}$ -витрата води на промивання, л/година.

- витрати на допоміжні матеріали визначається укрупнено в розмірі 2% від вартості матеріалу - 1222,92 грн.

- витрати на заробітну плату

$$З / П = \Phi_{зпг} \cdot K = 201475,2 \cdot 0,3835 = 77265,74 \text{ грн.}$$

де $\Phi_{зпг}$ - річний фонд заробітної плати допоміжних робітників;

ДО – нарахування на заробітну плату встановлене законодавством України.

Стаття 2 “Зношування малоцінних інструментів і встаткування”.

для встаткування- $4\% \cdot 8685042,42 = 347401,7 = 223703,38 \text{ грн.}$

для інструмента - $5\% \cdot 34740,7 = 1737,04 \text{ грн.}$

Стаття 3 “Амортизація встаткування й транспортних засобів.”

Амортизація = $138960,68 + 69480,34 + 2084410,13 = 2292851,15 \text{ грн}$

Стаття 4 “ Поточний ремонт устаткування й транспортних засобів ”

$1,5\% \cdot 8777842,42 = 131667,64 \text{ грн.}$

Стаття 5 “Інші витрати”

Укрупнене суму витрат по цій статті можна визначити в розмірі 1% від суми витрат по статтях 1 - 4: $1,1\% \cdot 5863406,74 = 64497,47 \text{ грн.}$

Відсоток витрат по змісту й експлуатації встаткування на собівартість одиниці виробу визначають пропорційно тарифній заробітній платі основних робітників по формулі:

$$\%PO = \frac{\sum P_{об}}{\sum Z_{сб}} \cdot 100\% = \frac{5927904,21}{1291122,6} \cdot 100 = 459,13\%$$

Розмір витрат по змісту й експлуатації встаткування, які припадають на одиницю виробу:

$$P_{іо} = \frac{\%PO}{100\%} \cdot P_I = \frac{459,13}{100} \cdot 484,32 = 2223,65 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.9 - Витрати на зміст і експлуатацію встаткування

Стаття витрат	Сума, грн
1. Експлуатація встаткування (крім витрат на поточний ремонт)	3213411,53
2. Зношування малоцінних інструментів	225476,42
3. Амортизація встаткування й транспортних засобів	2292851,15
4. Поточний ремонт устаткування й транспортних засобів	131667,64
5. Інші витрати	64491,97
Разом:	5927904,21

4.7.2 Виробничі витрати

Виробничі витрати містять у собі витрати по обслуговуванню й керуванню цехом.

Стаття1 “Зміст апарата керування цехом ”

Сума витрат по цій статті визначається по формулі:

$$З/П = \Phi_{\text{зм}} \cdot K = 227520 \cdot 1,3835 = 314773,92 \text{ грн.}$$

Стаття2 “Зміст будинків, споруджень, реманенту”

Сума витрат містить у собі:

-витрати на енергію для висвітлення

$$\Xi_o = S \cdot W \cdot \Pi_{\varepsilon} \cdot \Phi_{ocb} = 4604 \cdot 0,015 \cdot 0,21 \cdot 2100 = 30455,46 \text{ грн.}$$

де S- площа цеху, м²;

W- потужність необхідна для висвітлення 1м² площі цеху

Ц_ε- ціна 1 кВт.година. енергії, грн.;

Φ_{осв}- річний фонд часу роботи освітлювальної системи, година.;

-витрати на воду для побутових потреб визначається з розрахунку 15 літрів на одну людину в зміну для споживання й 40 літрів на одну людину в зміну для душових:

$$Y = (15 \cdot 214 + 40 \cdot 187) \cdot 257 \cdot \frac{0,98}{1000} = 1868,18 \text{ грн.}$$

- витрати на пару для опалення

$$Q_{nm} = \frac{q_m \cdot H \cdot V}{i \cdot 1000} \cdot \Pi_n = \frac{20 \cdot 4320 \cdot 36832}{540 \cdot 1000} \cdot 105,5 = 621724,16 \text{ грн.}$$

де q_т- теплові витрати на 1м³ будинки, ккал/година;

H-Число годин опалення, година.;

V-Обсяг будинку, м³;

i-теплота випару, ккал/година;

Ц_п- ціна одного кілограма пари, грн;

-витрати на допоміжні матеріали укрупнене визначаються в розмірі 3% від балансової вартості будинку

$$3\% \cdot 1893892 = 56816,76 \text{ грн.}$$

Стаття 3 “Амортизація будинків, споруджень, реліквію”

Визначається: $151511,36 + 30302,27 + 55680 = 237493,63$ грн.

Стаття 4 “ Поточний ремонт будинків, споруджень, ремонту”

Укрупнене суму витрат визначаємо в розмірі 2% від балансової вартості будинків і реманенту:

$$0,02 \cdot (1893892 + 75755,68 + 173700,84 + 92800) = 44722,97 \text{ грн.}$$

Стаття 5 “Витрати на досвіди, дослідження, раціоналізацію й винахідництво”

Сума витрат по цій статті визначається в розмірі 200грн. На один фахівця ІТП на місяць.

$$200 \cdot 12 \cdot 27 = 64870 \text{ грн.}$$

Стаття 6 “Охорона праці”

Сума витрат по цій статті визначається в розмірі 1% від річного фонду заробітної плати

$$0,01 \cdot 1806192,64 = 18061,93 \text{ грн.}$$

Стаття 7 “Зношування малоцінного реманенту”

Укрупнене суму витрат по цій статті можна визначити в розмірі 2% від балансової вартості й реманенту

$$0,02 \cdot (173700,84 + 75755,68) = 4989,13 \text{ грн.}$$

Стаття 8 “Інші витрати”

Укрупнене суму витрат по цій статті можна визначити в розмірі 1% від суми статей

$$0,01 \cdot 1395764,27 = 13957,64 \text{ грн.}$$

Відсоток загальновиробничих витрат на собівартість одиниці виробу визначають пропорційно тарифній заробітній платі основних робітників по формулі:

$$\%PP = \frac{\sum PP}{\sum Z_{сд}} \cdot 100\% = \frac{1409721,91}{1291122,6} \cdot 100 = 109,1\%$$

Розмір витрат по змісту й експлуатації встаткування, які припадають на одиницю виробу:

$$PP = \frac{\%PP}{100\%} \cdot P_I = \frac{109,1}{100} \cdot 484,32 = 528,39 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.10 - Виробничі витрати

Стаття витрат	Сума, грн
1.Зміст апарата керування цехом	314773,92
2.Зміст будинків, споруджень, реманенту	710864,56
3.Амортизація будинків, споруджень, реманенту	237493,63
4. Поточний ремонт будинків, споруджень, реманенту	44722,97
5.Витрати на досвіди, дослідження, раціоналізацію й винахідництво	64870
6.Охорона праці	18061,93
7. Зношування малоцінного реманенту, який зазнає	4989,13

швидкому зношуванню	
8. Інші витрати	13975,64
Разом	1409721,91

4.8 Калькуляція собівартості продукції

Загальногосподарські витрати становлять 170% від основної заробітної плати основних виробничих робітників.

$$1291122,6 \cdot 170 / 100 = 2194908,42 \text{ грн}$$

4.9 Техніко-економічні показники роботи цеху

Техніко-економічні показники розділяють на абсолютні й відносні. Абсолютні характеризують виробничу потужність проектного цеху, відносні-ефективність використання ресурсів.

Таблиця 4.11 – Калькуляція виробничої собівартості продукції

Стаття витрат	Усього по цехові, грн.	Деталь	
		На одиницю, грн.	На програму, грн.
Основні матеріали	631146	170,58	85290
Основна заробітна плата основних виробничих робітників	1291122,6	484,32	242160
Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	86074,84	32,29	16144
Нарахування на заробітну плату	528155,22	200,7	100351,49

Витрати на зміст і експлуатацію встаткування	5927904,21	2223,65	1111825
Виробничі витрати	1409721,91	528,39	264196,56
Загальногосподарські витрати	2194908,42	823,34	411672
Собівартість	12069033	4463,27	2231639

Таблиця 4.9.1 Техніко-економічні показники проектного цеху

Показники	Одиниці виміру	Показники Цеху
1	2	3
1 Абсолютні		
Річний випуск продукції:		
а) у натуральному вираженні	шт.	3700
б) по трудомісткості	нормо-година	420600
г) за собівартістю	грн.	12069033
Вартість основних виробничих фондів цеху	грн.	11268592,76
У тому числі встаткування й дорогий інструмент	грн.	8719783,12
Площа цеху	м ²	5064,4
У тому числі виробнича	м ²	4604
Кількість металорізального встаткування	шт.	120
У тому числі виробничого встаткування	шт.	120
Чисельність промислово-виробничого персоналу	чіл.	214
У тому числі основних виробничих робітників	чіл.	138

2 Відносні показники		
Виробіток на один основного виробничого робітника:		
Нормо-година.на чіл.	нормо-година./чіл	3047,83
у грошовому вираженні по виробничій собівартості	грн./чіл.	87456,76
1	2	3
Виробіток на один працюючого:		
нормо-година. на чіл.	нормо-година./чіл	2459,65
у грошовому вираженні по виробничій собівартості	грн./чіл.	70579,14
Фондовіддача		1,07
Випуск продукції на 1м ² виробничій площі	грн/м ²	2621,42
Трудомісткість виготовлення одиниці продукції	година	113,68
Коефіцієнт завантаження встаткування		0,87
Фондоозброєність		52656,98
Собівартість одиниці продукції	грн	4463,27

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час технологічного процесу виготовлення деталей ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

1. ураження електричним струмом, у наслідок несправності електроболаднання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку;

2. Механічні травми внаслідок організаційних причин:

а) нераціонального планування робочого місця; в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам;

б) захаращення заготовками і деталями робочого місця;

в) травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей;

г) пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шорохуватістю на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць;

д) Падіння заготовок та деталей, що були недостатньо надійно закріплені на верстаті, може привести до травмування фахівців.

3. Можливі опіки при порушенні правил безпеки при виконанні операцій точіння в'зких металів без спец.одягу.

4. Можливе попадання змащувально-охолоджувальної рідини у очі в процесі виконання робіт при відсутності захисних пристроїв (екранів) і роботі без захисних окулярів або щитків

5. Неуважність і недбалість персоналу також може привести до травм різного ступеню важкості.

6. Технологічна необхідність установки заготовок масою до 8 кг, а також постійне застосування інструменту та пристосувань масою до 20кг може

привести до підвищеної втомлюваності персоналу, захворювань опорно-рухового апарату.

7. Довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності.

8. Повтор однотипних рухів, які пов'язані з багаторазовим скороченням м'язів є причиною захворювання кистей рук (запалення та набрякання) та зап'ястя, набрякання та оніміння пальців.

9. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;

10. Підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках - до погіршення слуху.

11. Незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання.

12. Вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі;

13. Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

4.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища.

Категорія приміщення, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий пил в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога).

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок».

Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токоведучих частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту, повна недоступність працівників до неізольованих проводів.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом;

- додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції.

Згідно з ГОСТом 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до І класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків виконується відповідно вимога ПУЕ і ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001). Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на ділянці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей.

Відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями») в конструкторському бюро та інших робочих кімнатах, де співробітники застосовують персональні комп'ютери (ПК), площа на одне робоче місце становить не менше 6 м², а об'єм – не менше 20 м³. Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (ПК, дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Висота робочої поверхні робочого столу з ВДТ має регулюватися в межах 680...800 мм, а ширина і глибина - забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600...1400 мм, глибина - 800...1000 мм). Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм,

завширшки не менше ніж 500 мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450 мм, на рівні простягнутої ноги - ніж 650 мм. Робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом і нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край - заокругленим. Обладнання і організація робочого місця працюючих з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ мають забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам з урахуванням характеру і особливостей трудової діяльності згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м, що відповідає вимогам НПАОП 63.11-7.02-87 ОСТ 113.18-014-87 «ССБТ. Роботи вантажно-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки». На проектуємій ділянці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогу ГОСТу 12.4.026-76 (1987) «ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности». Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

Обслуговування універсальних верстатів з елементами ручного керування пов'язане з тривалим перебуванням у вимушеній робочій позі, статичним навантаженням, напруженням уваги, що в свою чергу, призводить

до підвищеної втоми та нервово-емоційного напруження. Тобто під час роботи людина постійно відчуває енергетичне та інформаційне напруження.

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Таким чином кожен працівник повинен дотримуватися заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання місцевих виробничих інструкцій, застосування індивідуальних захисних засобів та вміти надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи.

4.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»), ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до категорії Іа –робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 18-20°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;

- у теплий період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання».

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2006

«Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5%.

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на ділянці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП, з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин.

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників.

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ

Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966. Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття.

4.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки для приміщення дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані з горінням електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.)

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної небезпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані.

Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення дослідницької лабораторії – II.

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу,

згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить 70 метрів.

Приміщення дослідницької лабораторії, в якому розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування, належить до пожежанебезпечної зони, класу П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення (лабораторія) оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДІП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у захищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення

температури, дим, полум'я.

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на ділянці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3).

Евакуація людей при пожежі

Під час пожежі або стихійного лиха переміщення людей в приміщенні має вирішальне для їх життя значення. При виникненні пожежі на початковій стадії виділяється тепло, токсичні продукти згорання, знижується концентрація кисню у повітрі, можливі обвалення конструкцій. Термін, коли небезпека для людей стає смертельною дуже обмежений і не перевищує 3-4 хвилин. Тому, слід враховувати необхідність евакуації людей у визначені терміни. Показником ефективності евакуації є час, протягом якого люди можуть при необхідності залишити окремі приміщення і будівлю загалом. Безпека евакуації досягається тоді, коли тривалість евакуації людей в окремих приміщеннях і будівлях загалом не перевищує критичної тривалості пожежі, яка становить небезпеку для людей. Критичною тривалістю пожежі є час досягнення при пожежі небезпечних для людини температур і зменшення вмісту кисню у повітрі.

Основним критерієм переміщення людей при евакуації є ступінь свободи під час руху, яка, в свою чергу, залежить від кількості осіб, що переміщуються одночасно, від габаритів людини (антропометричних характеристик людини, виду одягу, наявності вантажу, його габаритів та маси), нервово-емоційного стану людей, конфігурації та площі приміщення. На швидкість евакуації також впливає ступінь свободи переміщення людей відносно один одного. Дослідження показали, що щільність розміщення людей під час руху може змінюватись в широкому інтервалі: від нуля до $1,14 - 1,15 \text{ м}^2 / \text{м}^2$. При щільності до $0,05 \text{ м}^2 / \text{м}^2$ людина має повну свободу, як по швидкості руху, так і в напрямку. При щільності до $0,15 \text{ м}^2 / \text{м}^2$ – вже не

можливо вільно змінювати напрямок свого переміщення та необхідно враховувати швидкість переміщення оточуючих людей. При щільності понад $0,15 \text{ м}^2 / \text{м}^2$ – вже не можливо йти вільно, а при щільності понад $1 \text{ м}^2 / \text{м}^2$ – спостерігається силовий тиск однієї людини на іншу, частина людей може не торкатися ногами підлоги, їх може знести основним потоком людей, є ймовірність отримання травм під час руху. Конкретне значення щільності руху при розробці схем евакуації залежить від призначення приміщення, економічних можливостей організації, але його значення повинно бути менше критичного з точки зору безпеки і не перевищувати $0,92 \text{ м}^2 / \text{м}^2$. Швидкість руху по сходах донизу в окремих випадках може бути вищою ніж по горизонталі (людина витрачає менше енергії, а сходи визначають загальний темп руху). Але, у випадку коли людина перестає бачити підлогу, боїться впасти, панікує швидкість суттєво зменшується.

Відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» при проектуванні приміщення повинні бути передбачені заходи щодо забезпечення безпеки під час пожежі.

Всі шляхи евакуації повинні бути забезпечені природним та штучним освітленням, яке повинно працювати як від звичайної електромережі так і від мережі аварійного живлення (ДБН В. 2. 5. – 28– 2006 «Природне і штучне освітлення»).

Згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» в усіх закладах та установах повинні бути передбачені евакуаційні виходи.

Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть:

- приміщень першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;
- з приміщень будь-якого поверху, крім першого, в коридори, що ведуть на сходову клітку, яка має вихід назовні;

- з приміщень в сусіднє приміщення на цьому ж поверсі, забезпечене виходами, вказаними вище.

Евакуаційні виходи повинні розташовуватись розосереджено. Їх кількість повинна бути не менше двох. Евакуаційні виходи, коридори, сходи не повинні заставлятися будь-якими предметами і обладнанням. Враховуючи, що при евакуації в одному напрямку переміщується значна кількість людей, то згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» висота походу повинна бути не менше 2 метрів, мінімальна ширина шляхів евакуації повинна бути не менше 1 метра, дверей - не менше 0.8 метра. Двері на шляху евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу з будівель. При наявності людей у приміщенні двері евакуаційних виходів можуть замикатись лише на внутрішні запори (засуви, крючки тощо), котрі легко відмикаються СНИП 2.09.02-85* «Производственные здания» (ДБН В.1.1- 7- 2002 «Захист від пожежі. Пожежна безпека»). Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу із приміщення безпосередньо назовні або на сходову клітину не повинна перевищувати значень зазначених в СНИП 2.09.02-85. Необхідний час евакуації людей (хв.) із громадських і виробничих приміщень встановлено СНИП 2-2-80.

Для забезпечення організованого руху під час евакуації та попередження паніки технічні рішення повинні бути доповнені організаційними заходами, до яких, передусім, належать інструктаж та навчання персоналу. З цією ж метою розробляють плани евакуації з будівель та місць масового перебування людей.

План евакуації складається з двох частин: графічної і текстової. Графічна частина являє собою план поверху або приміщення, на який нанесено пронумеровані евакуаційні шляхи і виходи з маршрутами руху. Маршрути руху до основних евакуаційних виходів зображуються суцільними лініями зі стрілками зеленого кольору, маршрути до запасних виходів –

пунктирними зеленими лініями зі стрілками. Окрім маршруту руху на плані позначаються місця розташування засобів оповіщення та пожежогасіння.

Текстова частина плану евакуації, яка являє собою таблицю з переліком та послідовністю дій у разі пожежі для конкретних посадових осіб і працівників, затверджується керівником об'єкту. План евакуації вивішується на видному місці, а його положення повинні систематично відпрацьовуватись на практиці.

Дуже важливо для безпеки людей створити поти димний захист приміщення і особливо шляхів евакуації. Протидимний захист забезпечується обмеженням розповсюдження продуктів горіння в будівлях та приміщеннях, ізоляцією можливих місць виникнення пожежі, примусовим видаленням диму. Ці задачі вирішуються за допомогою об'ємно-планувальних та конструктивних рішень при проектуванні об'єктів, деякими технологічними прийомами в процесі будівництва, завдяки використанню спеціальних пристроїв і вентиляційних систем, які призначені для видалення диму, зниження температури і конденсації продуктів горіння.

Для своєчасного здійснення заходів з евакуації людей, включення стаціонарних установок пожежогасіння, виклику пожежної охорони тощо, вибухопожежонебезпечні об'єкти обладнуються системами пожежної сигналізації, запуск яких може здійснюватись автоматично або вручну.

Система пожежної сигналізації повинна швидко виявляти місця виникнення пожежі, надійно передавати сигнал на приймально-контрольний прилад і до пункту прийому сигналів по пожежу, перетворювати сигнал про пожежу у сприйнятливую для персоналу захищуваного об'єкту форму, вмикати існуючу стаціонарну систему пожежогасіння, забезпечувати самоконтроль функціонування.

До складу будь-якої системи пожежної сигналізації входять пожежні сповіщувачі, приймальний прилад та автономне джерело електроживлення.

4.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях

Згідно вимог «Кодексу цивільного захисту (далі – ЦЗ) України» навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях (далі – НС) здійснюється:

- за місцем роботи – працюючого населення;
- за місцем навчання – дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- за місцем проживання – непрацюючого населення.

Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

- працюючого та непрацюючого населення – на Державну службу України з НС (далі – ДСНС України), Раду міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування, які розробляють і затверджують відповідні організаційно-методичні вказівки та програми з підготовки населення до таких дій;

- дітей дошкільного віку, учнів та студентів – на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, який розробляє та затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних надзвичайними ситуаціями, з надання домедичної допомоги за погодженням з ДСНС України.

Стандартами професійно-технічної та вищої освіти передбачається набуття знань у сфері цивільного захисту.

Порядок здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях встановлюється Кабінетом Міністрів України.

Громадські організації та позашкільні навчальні заклади здійснюють

навчання діям у надзвичайних ситуаціях відповідно до своїх статутів.

Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту.

Порядок організації та проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту визначається ДСНС України.

Для отримання працівниками відомостей про конкретні дії у надзвичайних ситуаціях з урахуванням особливостей виробничої діяльності суб'єкта господарювання у кожному суб'єкті господарювання обладнується інформаційно-довідковий куточок з питань цивільного захисту.

Особи під час прийняття на роботу та працівники щороку за місцем роботи проходять інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях.

Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань цивільного захисту, зокрема з пожежної безпеки, забороняється.

Програми навчання з питань пожежної безпеки погоджуються з ДСНС України.

Культура безпеки життєдіяльності населення – це сукупність цінностей, стандартів, моральних норм і норм поведінки, спрямованих на підтримання

самодисципліни як способу підвищення рівня безпеки.

Популяризація культури безпеки життєдіяльності серед дітей та молоді організовується і здійснюється центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, спільно з центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, громадськими організаціями шляхом:

- проведення шкільних, районних (міських), обласних та всеукраїнських змагань з безпеки життєдіяльності;
- проведення навчально-тренувальних зборів і польових таборів;
- участі команд – переможниць у заходах міжнародного рівня з цих питань.

Навчання учнів, студентів та дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та правилам пожежної безпеки є обов'язковим і здійснюється під час навчально-виховного процесу за рахунок коштів, передбачених на фінансування навчальних закладів.

Навчання дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та запобігання пожежам від дитячих пустощів з вогнем проводиться шляхом формування у них поведінки, відповідної віку дитини, щодо власного захисту та рятування.

Непрацююче населення самостійно вивчає пам'ятки та інший інформаційно-довідковий матеріал з питань цивільного захисту, правила пожежної безпеки у побуті та громадських місцях та має право отримувати від органів державної влади, органів місцевого самоврядування, через засоби масової інформації іншу наочну продукцію, відомості про надзвичайні ситуації, у зоні яких або у зоні можливого ураження від яких може опинитися місце проживання непрацюючих громадян, а також про способи захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних такими надзвичайними ситуаціями.

Передбачений комплекс заходів з пожежної безпеки і цивільного

захисту, щодо навчання працюючого та непрацюючого населення основним нормам поведінки та діям у надзвичайних ситуаціях, підвищує стійкість роботи об'єкта та забезпечує безпеку персоналу в умовах пожеж та інших надзвичайних ситуацій.

6. Спеціальна частина

Вплив алмазноговігладжування на тонкстінні вали ГТД

Вибір режимів алмазного вигладжування для вала КВ

Насиченість сучасної авіаційної техніки комплексом взаємозалежних агрегатів і систем висуває на перший план завдання по забезпеченню безвідмовної роботи всіх деталей і вузлів протягом заданого ресурсу. Несправність окремих деталей у ряді випадків може привести до неможливості виконання завдання.

Цим пояснюється велика увага, яка приділяється в сучасному виробництві питанням підвищення надійності, довговічності, удосконалюванню чистової обробки металів, дослідженню й впровадженню у виробництво високопродуктивних оздоблювальних процесів, що відрізняються високими якісними показниками.

В останні роки усе більш широке застосування в різних галузях промисловості одержують методи чистової обробки металевих поверхонь виробів тиском.

Поверхні металевих виробів, оброблені тиском, мають високий ступінь чистоти й зміцнення, що забезпечує значне поліпшення експлуатаційних властивостей виробів: підвищення зносостійкості, всталостної міцності й ін.

У зв'язку з безперервною жорсткістю умов роботи й режимів експлуатаційної навантажки валів газотурбінних двигунів, зростанням вимог до зменшення їх металоємності, дослідження поверхневого деформаційного зміцнення валів є актуальними. При розробці технологічного процесу вала КВТ необхідно врахувати умови експлуатації деталі й ужити заходів по збільшенню надійності виробу за рахунок підвищення його прочностних характеристик.

Несуча здатність вала КВТ значною мірою визначається станом його поверхневого шару, який формується на фінішних етапах технологічного процесу й умов експлуатації. У процесі експлуатації мають місце випадки руйнування вала КВТ, пов'язані з появою й розвитком втомлюючих тріщин у місцях концентрації напруг від слідів обробок (рисок, подряпин) після таких фінішних операцій як шліфування й полірування.

Слід зазначити, що вал КВТ виготовляється з високолегованого сплаву, чутливого до концентрації напруг, є тонкостінним і має велика кількість жолобників, отворів і виточень.

Аналіз результатів тензометрирования вала компресора високого тиску показав, що експлуатаційний спектр навантаження утворюється за рахунок напруг, викликаних оболонковими коливаннями його циліндричної частини, згинаючих і крутильних коливань ротора. Величина напруги, викликані оболонковими коливаннями, досягає 3 Мпа й проявляється із частотою від 335 до 1600 Гц за першою формою й із частотами 1450-3200 Гц по більш складних формах коливань. Зародження багатоочагової всталостної тріщини вала компресора високого тиску було викликано впливом високочастотних вібрацій

Вибір методу й режимів деформаційного зміцнення валів залежить від величини й характеру експлуатаційних навантажень, конструктивних особливостей, механічних характеристик матеріалів і виду попередньої обробки. Для підвищення несучої здатності вала КВТ застосовується алмазне вигладжування, область використання якого залишається досить вузької.

Слід зазначити, що підвищення опору утоми вал КВТ можна одержати при призначенні режимів вигладжування з урахуванням механічних характеристик матеріалу, товщини стінки, рівня залишкових напруг, виду попередньої обробки й конструктивних особливостей.

Застосування алмаза для вигладжування обумовлене його високою твердістю, зносостійкістю й теплопровідністю, а також тим, що коефіцієнт тертя пари алмаз — метал порівняно низький.

Освоєння виробництва алмазних наконечників вітчизняною промисловістю дає підставу вважати, що процес алмазного вигладжування є економічно виправданим і має широке застосування в машинобудуванні.

Процес обробки алмазним вигладжуванням не вимагає спеціального устаткування й здійснюється на звичайних токарно-гвинторізних або фрезерних верстатах і дозволяє одержати високу якість поверхні зовнішніх і внутрішніх поверхонь тіл обертання й площин. При алмазному вигладжуванні поверхневий шар деталей вільний від абразивних включенні, що поліпшує експлуатаційні властивості деталей машин.

Обробці алмазним вигладжуванням зазнають: вуглецеві сталі (нормалізовані, поліпшені, загартовані), що не іржавіють, жароміцні сталі й сплави, бронзи, алюмінієві сплави й ін. Установлене, що алмазному вигладжуванню не бажане піддавати титан, цирконій і ніобій, тому що в процесі їх обробки спостерігається утвор міцної плівки на поверхні алмаза, що приводить до його прискореного зношування й виходу з ладу.

Алмазне вигладжування проводиться після попереднього шліфування або чистової токарської обробки.

Інструментом для вигладжування служить алмазний наконечник, закріплений у пружинній або пружній державці. Алмазний наконечник являє собою оправлення з упаяним на її кінці алмазом. Робоча поверхня алмаза заправлена по сфері або циліндрі радіусом $R = 0,8 - 4$ мм із високим ступенем чистоти (13-14 клас).

Державка с. наконечником установлюється в супорті токарського верстата й підводить до деталі до створення певного зусилля притиску наконечника P_v (зусилля вигладжування) до оброблюваної поверхні. Деталь обертається із

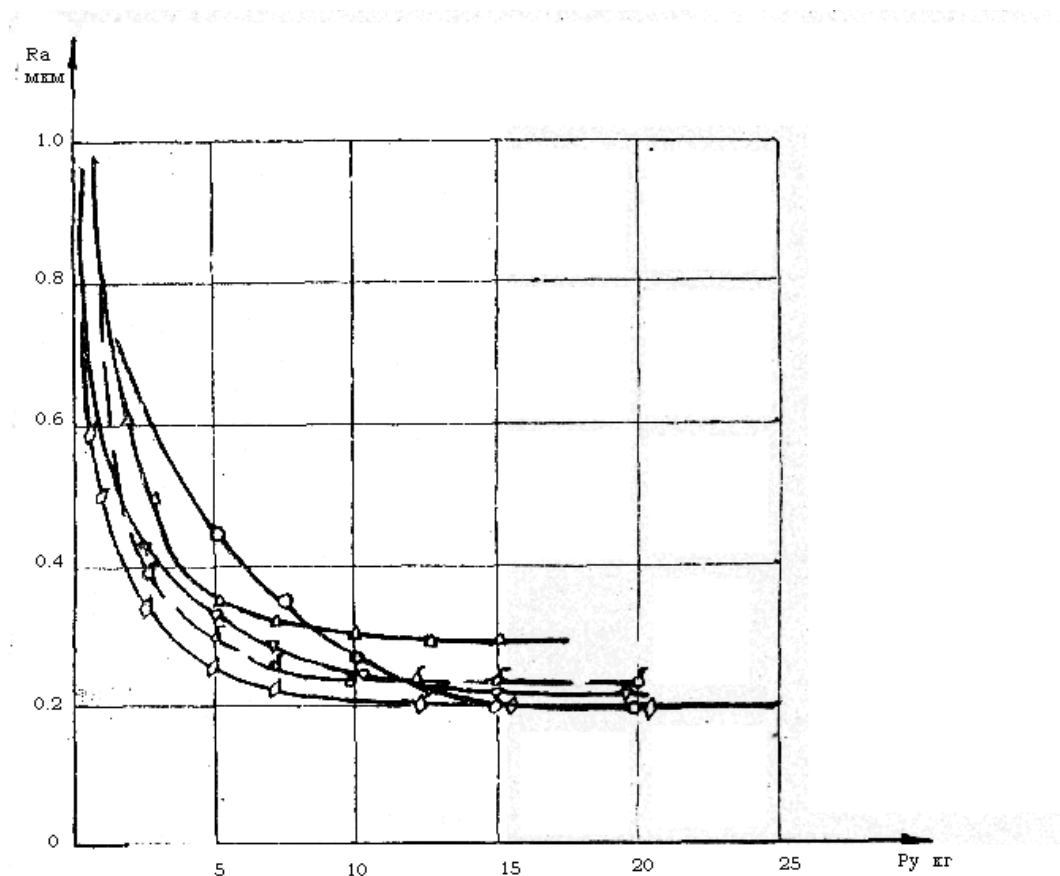
частотою обертання n про/хв. Після підведення інструмента до деталі, каретки повідомляється поздовжня подача (S мм/про).

У результаті вигладжування гребінці первісних мікронерівностей поверхні заповнюють западини й висота мікронерівностей зменшується. Відбувається перерозподіл матеріалу на поверхні оброблюваної деталі й, як наслідок, утвор'яється шару й залишкових напруг.

Процес алмазного вигладжування є процесом пластичної деформації й підкоряється тим же закономірностям, які управляють іншими видами пластичної деформації — стиском, розтяганням, крутінням і т.п. При вигладжуванні так само, як і при інших видах пластичної деформації, спостерігається зміцнення деформуємого металу, тобто підвищення його міцності й зниження пластичності. Процес алмазного вигладжування можна порівнювати із пластичним стиском, тому що при стиску схема деформації найбільш близька до процесу алмазного вигладжування.

На якість вигладженої поверхні великий вплив виявляють зусилля вигладжування (P_y), подача інструмента (S), радіус робочої частини алмаза (R), фізико-механічні властивості оброблюваного матеріалу (параметри «В» і «С») і вихідна величина шорсткості ($Ra_{исх}$) і хвилястості ($H_{в исх}$) поверхні.

Із графіків видно, що зі збільшенням зусилля вигладжування висота нерівностей зменшується спочатку досить швидко. Подальше збільшення зусилля вигладжування, на зміну висоти нерівностей практично не впливає. Це пояснюється, тим, що в міру заповнення западин матеріалом гребінців відбувається збільшення поверхні контакту робочої частини алмаза з оброблюваною поверхнею, що приводить до збільшення опору деформованого шару. Кожному матеріалу залежно від його вихідних характеристик ($У$ і $С$) відповідає таке оптимальне зусилля вигладжування, при якому виходить найменша шорсткість вигладженої поверхні.



Малюнок –6.1 Зміна шорсткості поверхні (R_a) у залежності, від зусилля вигладжування (P_y), $R=1,2$ мм; $R_a=1,5$ мкм; $S=0,05$ м\ про.

Про -сталь IX18H2AG5

◇ — сталь IX18H9T

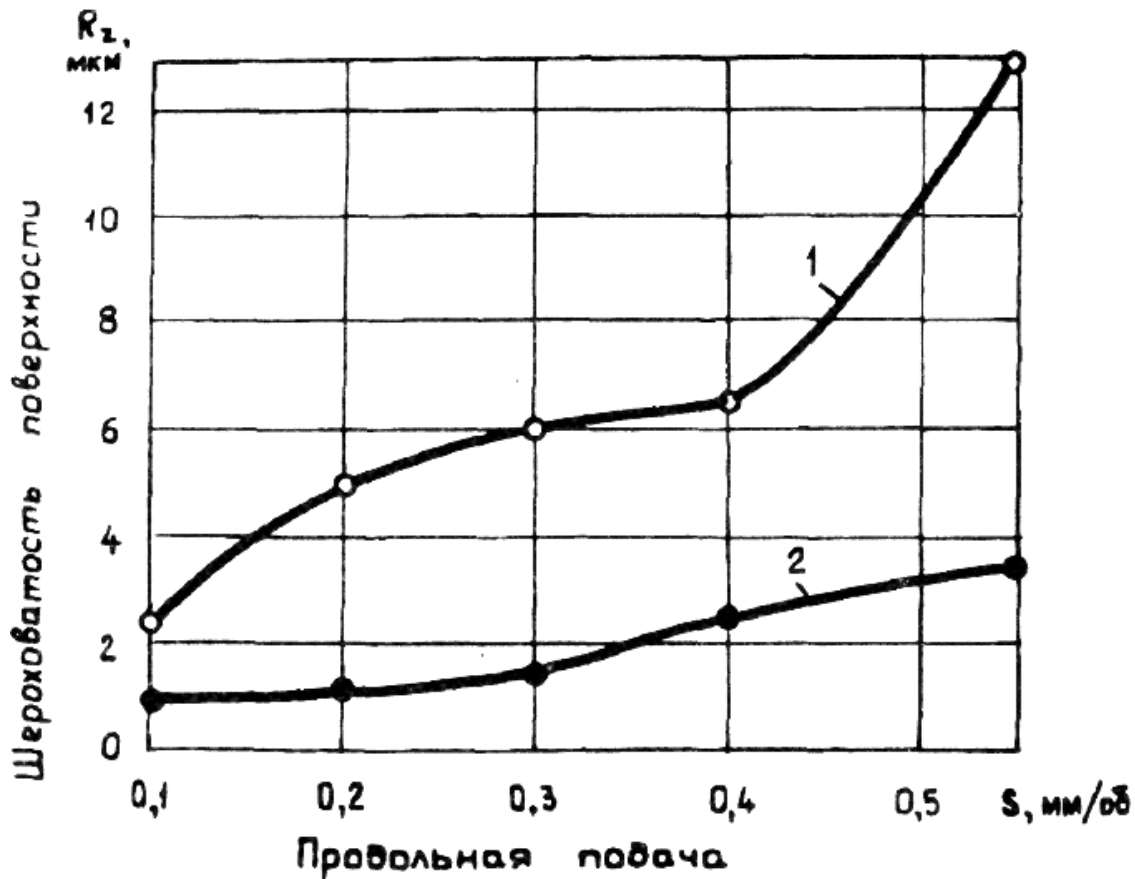
(-сталь 13X12HBMФА

▽ -сталь 38XMЮA

△ -сталь 30

На шорсткість вигладженої поверхні дуже впливає радіус алмаза: зі збільшенням радіуса закруглення, алмаза чистота поверхні поліпшується.

Вплив поздовжньої подачі (S) алмазного інструмента на шорсткість поверхні при вигладжуванні різних, матеріалів характеризує графік (див. малюнок 6.1), з розгляду якого випливає; вивід про значне погіршення якості поверхні з ростом, подачі.



Малюнок 6.2 – Залежність шорсткості поверхні від величини поздовжньої подачі:

1 — $R_{\text{проф}} = 3 \text{ мм}$,

2 — $R_{\text{проф}} = 5 \text{ мм}$.

Режим зміцнення: зусилля 10000 Н, число обертів у хвилину 125, прохід один.

Навіть, при незначному збільшенні подачі висота нерівностей різко зростає. Так, наприклад при зміні подачі алмаза від 0,05 мм/ про до 0,15 мм/ про висота нерівностей збільшується з 0,03 мкм до 0,2 мкм. Однак при вилажіванні з подачею, рівної 0,02 мм/ про, чистота поверхні досягає 12-го класу ($R_a=0,02 \text{ мк}$), але при цьому знижується продуктивність обробки. Таке зміні чистоти поверхні залежно від величини, подачі алмазного інструмента закономірно для всіх оброблюваних матеріалів. Критерієм вибору подачі інструмента є необхідна чистота одержуваної поверхні, а також фізико-механічні властивості оброблюваної поверхні.

Алмазне вигладжування можна застосовувати при обробці різних деталей (валів, циліндрів, золотникових пар, калібрів, маточин, ресор і т.д.) і при цьому для матеріалів з різними фізико-механічними властивостями й вихідною шорсткістю. Міняючи режими й умова вигладжування, а також радіус закруглення робочої частини алмаза, можна одержати шорсткість вигладженої поверхні в межах від 7 до 12 класу, а в деяких випадках і вище.

Відомо, що в процесі різання відбувається зміцнення поверхневого шару. Однак при алмазному вигладжуванні спостерігається ще більше його зміцнення.

Нижче наводяться дані про ступінь і глибини зміцнення поверхневого шару вала КВТ (матеріал ХН73 МБТЮ-ВД) після алмазного вигладжування, які дозволяють найбільше правильно й ретельно розробити технологічний процес чистової обробки вала КВТ (матеріал ХН73 МБТЮ-ВД), враховуючи, що в багатьох випадках, утвір і розподіл залишкових розтягувальних і стискаючих напруг у деталях однакової конфігурації однаковий.

Вигладжування шліфованих поверхонь цих валів супроводжується зменшенням діаметральних розмірів усього на 3-4 мкм.

При вигладжуванні внутрішніх поверхонь вала при однакових значеннях сили вигладжування виходить величина стискаючих залишкових напруг вище в порівнянні із залишковими напругами на зовнішній поверхні. Очевидно, рівень напруг залежить від обсягу деформуємого металу й розмірів майданчика контакту між алмазом і поверхнею вала. При вигладжуванні внутрішньої поверхні алмаз контактує з увігнутою поверхнею вала. Це значно збільшує майданчик контакту в порівнянні із зовнішньою поверхнею й зменшує величину контактних тисків і відповідно глибину проникнення алмазного інструмента при однакових силах вигладжування. Ця обставина приводить до збільшення обсягу металу, що рухається в тангенціальному напрямку при вигладжуванні зовнішньої поверхні вала в порівнянні з вигладжуванням внутрішньої поверхні. Наступне пружне розвантаження буде супроводжуватися зменшенням рівня наведених стискаючих напруг, особливо при вигладжуванні зовнішньої поверхні.

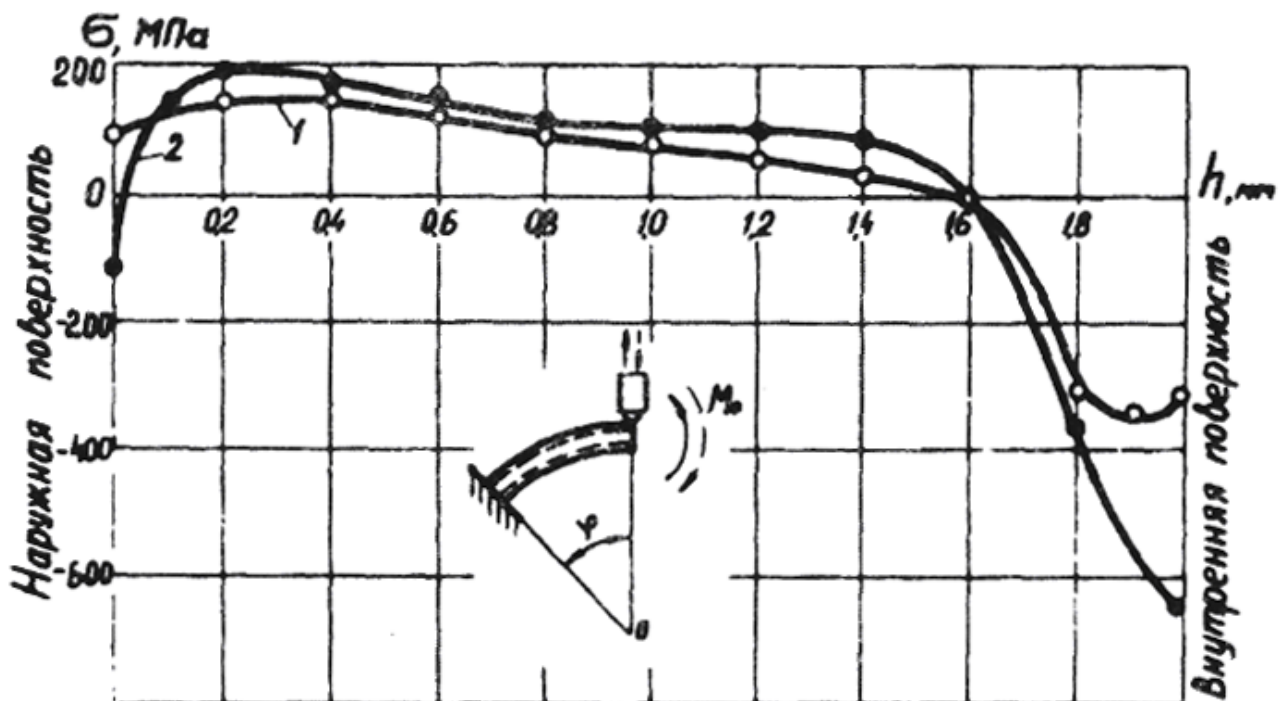
Алмазне вигладжування тільки внутрішньої поверхні тонкостінного вала зі сталі ХН73 МБТЮ-ВД може приводити до несприятливого розподілу залишкових напруг по перетину стінки. Рівні залишкових стискаючих і розтягувальних напруг

залежать від співвідношення товщин пластично й упругодеформованих шарів металу. При твердих режимах однобічне зміцнення внутрішньої поверхні вала привело до отвору в зовнішньому поверхневому шарі несприятливих розтягувальних залишкових напруг, які будуть підсумуватися з розтягувальними напругами від попередньої обробки (див. малюнок 6.3).

При призначенні режимів алмазного вигладжування необхідно враховувати залишковий напружений стан від попередньої обробки й товщину стінки вала.

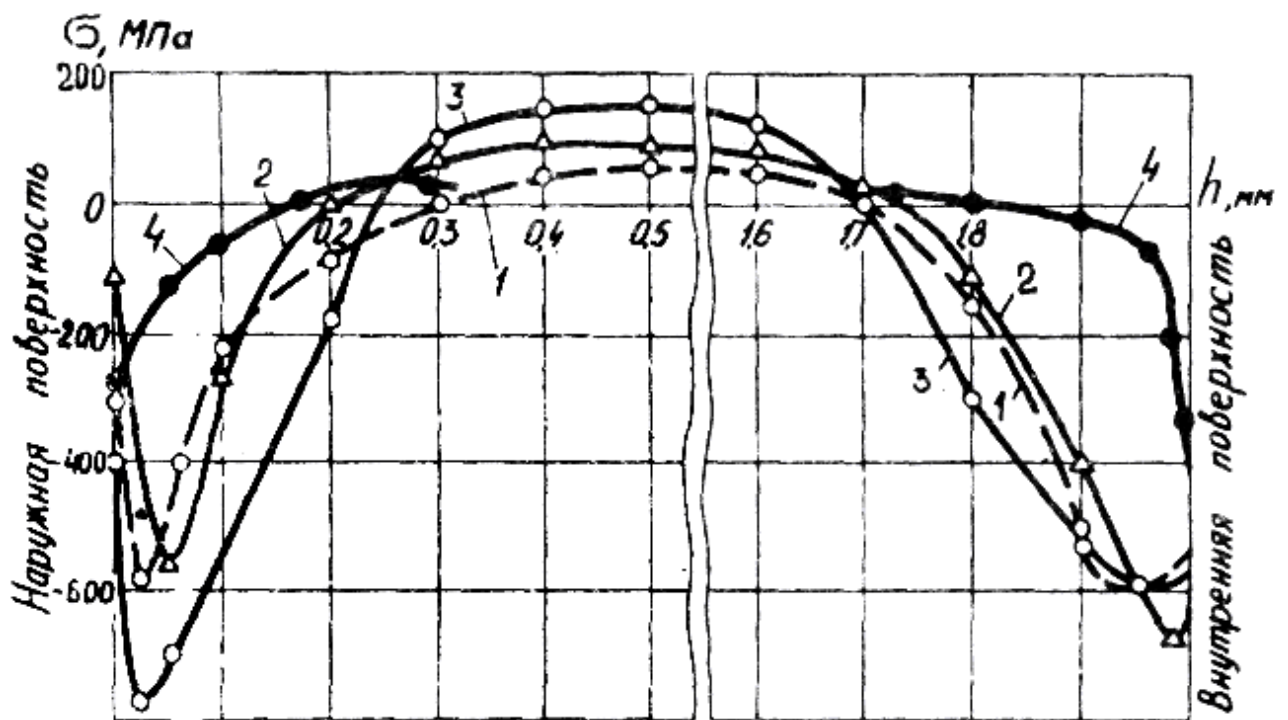
При вигладжуванні тонкостінних валів з товщиною стінки до 2 мм сила вигладжування в основному визначає величину стискаючих залишкових напруг у поверхні й величину розтягувальних напруг в упругодеформованій серцевині.

Для досліджень був узятий вал газотурбінного двигуна (діаметр 425 мм, товщина стінки 2.8 мм) зі сталі ХН73 МБТЮ-ВД (НВ 2700-3200 Мпа). Алмазне вигладжування вала, попередньо обробленого чистовим точінням, робили по зовнішній і внутрішній поверхням із силою P_y , рівної 100, 150 і 200 Н ($R_{сф} = 2,0$ мм; $s = 0,08$ мм/про; $v = 1,5$ м/с). Після зміцнення з вала вирізали кільця шириною 8 мм, розрізали їх і визначали розподіл залишкових напруг.



Малюнок 6.3 - Розподіл тангенціальних (1) і осьових (2) залишкових напруг по товщині стінки вала після вигладжування внутрішньої поверхні вала зі сталі ХН73 МБТЮ-ВД ($P_y = 200$ Н; $R_{сф} = 2$ мм; $s = 0,08$ мм/про)

Аналіз епюр тангенціальних залишкових напруг (див. мал.6.4) показує, що алмазне вигладжування збільшує їхній рівень у порівнянні з рівнем при чистовому точінні. У дослідженому діапазоні сил збільшення P_y до 200 Н приводить до підвищення максимального значення стискаючих напруг у зовнішньої й внутрішньої поверхні вала й відповідно підвищується рівень розтягувальних залишкових напруг в упругодеформованій серцевині.

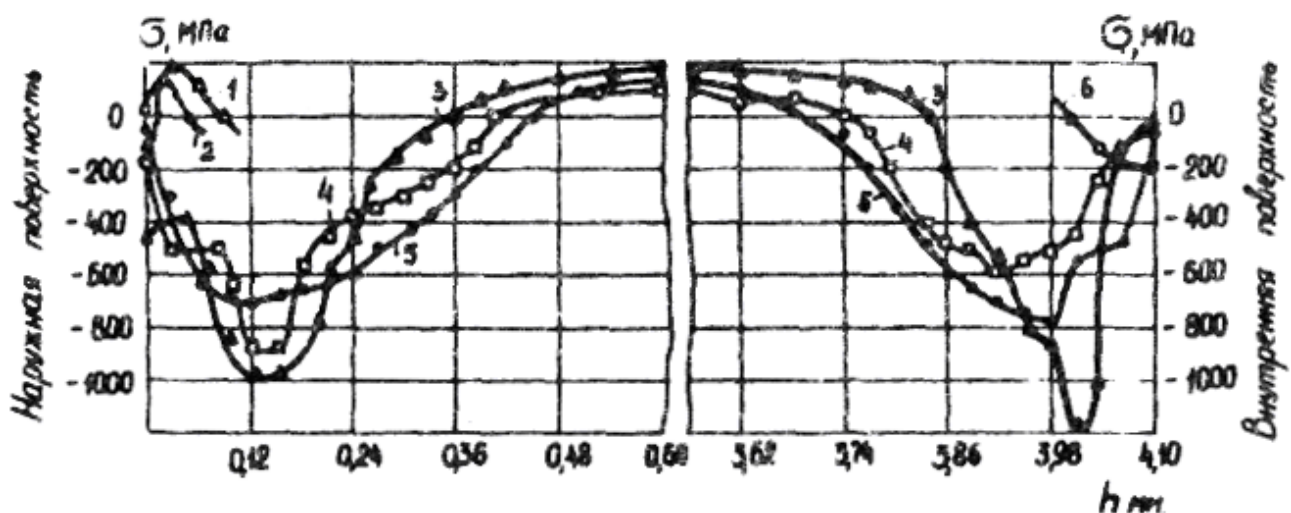


Малюнок 6.4 – Розподіл тангенціальних залишкових напруг по товщині стінки вала зі сталі ХН73 МБТЮ-ВД після вигладжування із силами P_y , рівними 100 Н (1), 150 Н (2), 200 Н (3) і чистового гостріння (4)

Враховуючи, що значні по величині розтягувальні залишкові напруги на глибині близько 300 мкм від поверхні можуть з'явитися причиною зародження стомлюючих тріщини, алмазне вигладжування тонкостінних валів слід робити по режиму ($P_y=100-150$ Н; $R_{сф}=13$ мм), що забезпечує одержання шорсткості в заданих межах.

Аналогічні епюри розподілу залишкових напруг отримані по перетину валів зі сталі 13Х1Ш2В2МФШ (НВ 2900-3200), зміцнених вигладжуванням після шліфування.

Двостороннє зміцнення цих валів ГТД алмазним вигладжуванням показало (див. мал. 6.5), що на зовнішній і внутрішній поверхнях утворюються стискаючі залишкові напруги, які на глибині 0,2-0,3 мм переходять у розтягувальні напруги меншого рівня. Зменшення тангенціальних залишкових напруг (див. мал. 4.5) у поверхні можна пояснити характером упругопластичній деформації поверхневого шару при вигладжуванні й перерозподілом залишкових напруг, наведених при попередньому чистовому точінні. Більш значний спад рівня напруг спостерігається з боку зовнішньої поверхні, яка вигладжувалася в першу чергу. При наступному вигладжуванні внутрішньої поверхні пружні деформації, що виникають у перетині тонкостінного вала, привели до деякого перерозподілу наведених стискаючих залишкових напруг у зовнішньої поверхні. Варіювання послідовністю й режимами зміцнення поверхонь дозволяє регулювати рівень створюваних залишкових напруг.



Малюнок 6.5 – Розподіл тангенціальних залишкових напруг по товщині стінки вала зі сталі 13ХПН2В2МФШ:

1 - шліфування; 2 - полірування; 3-5 - вигладжування із силою P_y рівної 200, 250 і 300 відповідно ($R_{сф}$ - 3 мм; s - 0,08 мм/про; v - 1,5 м/с);

6-чистове точіння.

Як показали випробування на утому, проведені на універсальній машині РОЗУМ-4 при плоскому консольному вигині на базі 107 циклів, алмазне вигладжування тільки зовнішньої поверхні трубчастих зразків діаметром 60 мм і товщиною стінки 2 мм зі сталі ХН73 МБТЮ-ВД привело до зниження границі витривалості від 360 до 330 Мпа CRC($p=3$ мм, $7=300$ Н).

Зразки для випробувань на утому мали на внутрішній шліфованій поверхні концентратор напруг у вигляді перехідної поверхні радіусом $R = 1$ мм ($aa = 2$). Зниження опору утоми при зміцненні тільки зовнішньої поверхні відбулося через утвір розтягувальних залишкових напруг на внутрішній поверхні в зоні перехідної поверхні — на місці зародження втомлюючих тріщин.

Для одержання зміцнюючого ефекту на тонкостінних валах необхідно перевести вогнище зародження усталостної тріщини з поверхні усередині вала. При цьому нейтралізується несприятливий вплив на опір утоми концентрації напруг, створюваної слідами обробки.

Для нейтралізації концентрації напруг внутрішня поверхня зразків у зоні концентратора була зміцнена кульками пневмороторним методом, зовнішня поверхня була піддана алмазному вигладжуванню. При цьому границя витривалості збільшилася з 360 до 520 Мпа, тобто на 44,5 % .

Слід зазначити, що на стандартних зразках діаметром 7,5 мм зі сталі ХН73 МБТЮ-ВД без концентраторів напруг границя витривалості підвищилася всього на 26 % після вигладжування алмазом з радіусом сфери 3 мм із силою 110 Н і подачею 0,07 мм/ про.

Алмазне вигладжування порожніх зразків зі сталі 13Х11Н2В2МФШ із робочим діаметром 60 мм для випробувань на утому здійснювали із двох сторін по, що згладжує й зміцнюючому режимам інструментом з радіусом сфери 3 мм. Зміцнюючий режим реалізувався за два робочі ходи зі збільшеною силою на другому робочому ході. Таке варіювання сили вигладжування дозволяє додатково деформувати поверхневий шар, зміцнений при першому робочому ході, що приводить до збільшення глибини залягання стискаючих залишкових напруг і їх величини.

Радіус перехідної поверхні $R = 5$ мм створює концентрацію напруг при товщині стінки $h = 2$ мм, рівну $aa = 1,45$, а при товщині стінки $h = 4$ мм — $\alpha_a = 1,55$.

Випробування на утому порожніх зразків здійснювали на машині РОЗУМ-4 при плоскому вигині консольно закріпленого зразка на базі $N = 107$ циклів.

Вихідні границі витривалості зразків діаметрів 10 мм після шліфування й вигладжування зі сталі 13X11H2B2MФШ визначали для заданих значень $\alpha_a = 1,55$ і 1,45.

Режим вигладжування й результати випробувань на утому наведені в табл. 6.1.

Таким чином, випробування на утому суцільних і порожніх зразків і валів показують, що масштабний фактор практично не знижує ефективність алмазного вигладжування, виконаного з раціональними режимами за умови забезпечення рівномірності зовнішньої й внутрішньої поверхонь. При цьому ефективність зміцнення порожніх круглих зразків з концентраторами напруг зі сталі ХН73 МБТЮ-ВД виявилася навіть вище ефективності зміцнення стандартних гладких зразків.

При обробці тонкостінних валів особлива увага потрібно приділяти правильній побудові технологічного процесу й призначенню режимів алмазного вигладжування, що супроводжуються утвором сприятливих стискаючих напруг у поверхневих шарах зовні й усередині вала. Ігнорування цієї умови може сприяти зниженню опору втоми вала в результаті утвору в поверхні залишкових розтягувальних напруг. Так, залишкові розтягувальні напруги $\sigma_{ост}$, що виникають у зовнішньої поверхні (при однобічному зміцненні внутрішньої поверхні тонкостінного вала), приводять до того, що $\sigma_{ост}$ і діючі напруги від зовнішніх навантажень утворюють результуюча напруга, що змінюється по асиметричному циклу із середньою напругою $\sigma_m = \sigma_{ост}$ і амплітудою σ_a , що й помітно знижує границя витривалості.

Таким чином, на підставі проведених досліджень можна зробити вивід, що алмазне вигладжування вала КВТ необхідно робити по

Таблиця 6.1 – Режими вигладжування й границі витривалості порожніх зразків зі сталі 13X1Ш2В2МФШ

Остаточна обробка	Сили вигладжуванн я $H = \frac{P_{1B} / P_{2B}}{P_{1H} / P_{2H}}, H$	d, мм	α_a	Товщина стінки зразка, h мм	σ_{-1} , Мпа	β^B , %
шліфування	-	10	1,45	-	400	100
		60	1,45	2	290	72,5
Вигладжування	200	10	1,45	—	540	100
Вигладжування за робочий хід: один два	<u>200</u> 200 <u>200/250</u> 200/300	60	1,45	2	320	59
		60	1,45	2	360	66,5
Шліфування	-	10	1,55	4	380	100
		60	1,55		275	72,5
Вигладжування	200	10	1,55	-	520	100
Вигладжування за робочий хід: Один Два	<u>200</u> 200 <u>200/250</u> 200/300	60	1,55	4	330	63,5
		60	1,55	4	390	75

Примітки. 6 1. P_{2H} , P_{2B} — сили вигладжування зовнішньої й внутрішньої

поверхонь при другому робочому ході; P_{1H} , P_{1B} — те ж при першому робочому ході. 2. α_a — теоретичний коефіцієнт концентрації напруг у небезпечному перерізі, розрахований для порожніх валів.

зовнішньої й внутрішньої поверхням з метою створення сприятливої епюри залишкових напруг. При призначенні режимів зміцнення необхідно враховувати вид попередньої обробки (токарська чистова) і геометричні параметри деталей. Вигладжування тонкостінних валів з товщиною стінки до 2 мм необхідно робити по режиму, що згладжує, з метою одержання необхідної шорсткості :

- зусилля вигладжування P_y 120-150 Н,

- радіус сфери алмаза 2,5-3,5 мм;

- подача 0,02-0,05 мм/ про;

- швидкість 1,5 м/с.

Обробка проводиться на токарському танку 16 ДО30Ф305.

Позитивним ефектом алмазного вигладжування є контрольна функція – виявлення дефектів (мікротріщин), що утворювалися в наслідку попередньої механічної обробки.

ВИСНОВКИ

В ході магістерської роботи модернізували технологічний процес. Розробили РТК на дві операції токарну та фрезерну і запровадили для обробки верстати з ЧПУ. Розробили планування ділянки механообробного цеху. Викоростали нове пристосування для фрезерування вибірок, та кондуктор для обробки 14 отв. Ø17 та 2 отв. Ø17,2 Спеціальною темою магістерської роботи став вплив алмазновігладжування на тонкстінні вали ГТД.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Справочник технолога-машиностроителя Т1. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 694 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя Т2. /Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.- 652 с.
3. Косилова, А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении/ А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М.: Машиностроение, 1976. – 352 с.
4. Ципак, В.І. Розрахунки технологічних розмірів при проектуванні процесів механічної обробки. /В.І.Ципак – Запоріжжя: ЗДТУ, 1996. – 91 с.
5. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /Под ред. А.Ф. Горбачевича. - Минск: Высшая школа, 1983 – 256 с.
6. Методичні рекомендації до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування та машинобудування / В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Кореневський. – Запоріжжя: ЗДТУ, 2000. – 245 с.
7. Обработка металлов резанием / Под ред. М.И. Панова. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.
8. Режимы резания металлов /Под ред. Ю.В. Барановского. –М.: Машиностроение, 1972. – 176 с.
9. Фридлендер, И.Г. Размерный анализ технологических процессов обработки / И.Г.Фридлендер– Л.: Машиностроение, 1987. – 152 с.
10. Металлорежущие станки и автоматы / Под ред. Проникова А.С.– М.: Машиностроение, 1981. – 308 с.
11. Камышный, Н.И. Автоматизация загрузки станков / Камышный, Н.И. – М.: Машиностроение, 1977. – 252 с.

12. Корсаков, В.С. Основы проектирования приспособлений /В.С. Корсаков– М.: Машиностроение, 1983. – 248 с.
13. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров.– М.: Машиностроение, 1975. – 447 с.
14. Конструкции приспособлений /Под ред. В.А. Богуслаева.-Запорожье: Изд-во «Мотор Сич», 2004. – 203 с.
15. Фираго, В.П. Основы проектирования приспособлений /В.П.Фираго – М.: Оборонгиз, 1973. – 240 с.
16. Егоров, М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов/М.Е.Егоров.– М.: Высшая школа, 1969. – 344 с.
17. Хромец, Ю.Н. Современные конструкции промышленных зданий /Ю.Н. Хромец – М.: Стройиздат, 1982. – 416 с.
18. СНиП II 90-80. Производственные здания промышленных предприятий. Нормы проектирования.– М.: Госстрой, 1981.– 144 с.
19. СНиП II 92-76. Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий. Нормы проектирования.– М.: Госстрой, 1981. – 124 с.