

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії

Кафедра Машинознавства та обладнання промислових підприємств

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
до бакалаврської роботи

освітньо-кваліфікаційного рівня *бакалавр*

спеціальності *131 прикладна механіка*

спеціалізації *технології машинобудування*

на тему **«Розробка технологічного процесу виготовлення деталі (циліндр ЦЛ 86.03, річна програма 1000 шт.), з проектуванням пристосувань по її виготовленню»**

Виконав: здобувач вищої освіти групи ТМ-15д

Шкарлет Є.В.

(прізвище, та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник Алтухов В.М.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Завідувач кафедри Архипов О.Г.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Сергієнко О.В.

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 93 с., 12 табл., 2 рис., 8 дод., 13 джерел.

У бакалаврській роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Вал ВШ 38.01»

Проведено критичний аналіз норм точності деталі й аналіз на технологічність. Розглянуті варіанти отримання заготовок. Розраховані режими різання й проведено нормування операцій. Спроектовано верстатне і контрольне пристосування. Проведено розрахунок собівартості деталі й економічного ефекту зміни технологічного процесу.

На основі отриманих результатів розроблено комплект технологічної документації.

## ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

Креслення деталі.....	A3
Креслення заготовки.....	A3
Пристосування верстатне.....	A1
Пристосування контрольне.....	A1
РТК.....	A1
Комплект технологічної документації на 15 сторінках.	

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	5
ВСТУП.....	6
1 ПРИЗНАЧЕННЯ І КОНСТРУКЦІЯ ДЕТАЛІ.....	7
2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ.....	8
3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА.....	11
4 ВИБІР МЕТОДУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ.....	12
5 РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ДВОХ ВАРІАНТІВ МАРШРУТНИХ ТЕХПРОЦЕСІВ ДЕТАЛІ.....	16
6 РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ НА ОБРОБКУ.....	20
7 РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ.....	31
7.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом.....	31
7.2 Розрахунок режимів різання за нормативами.....	37
8 РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ ВЕРСТАТІВ.....	42
9 РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ ОПЕРАЦІЇ.....	44
10 УТОЧНЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА.....	46
11 РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ.....	48
11.1 Призначення і пристрій пристосування.....	48
11.2 Силовий розрахунок пристосування.....	48
11.3 Розрахунок пристосування на міцність.....	49
11.4 Розрахунок пристосування на точність.....	50
12 КОНТРОЛЬНЕ ПРИСТОСУВАННЯ.....	51
13 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ПРИСТОСУВАННЯ.....	52
13.1 Аналіз технологічності складальної одиниці(пристосування).....	52
13.2 Технологічний процес складання пристосування.....	53
14 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	55
15 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....	62

15.1 Прогнозування можливих надзвичайних ситуацій на території підприємства, їх характеристика.....	62
15.2 Методи забезпечення захисту співробітників підприємства в надзвичайних ситуаціях.....	63
15.3 Управління підприємством у надзвичайній ситуації.....	64
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	67
ДОДАТОК 1.....	69
ДОДАТОК 2.....	71
ДОДАТОК 3.....	73
ДОДАТОК 4.....	74
ДОДАТОК 5.....	75
ДОДАТОК 6.....	76
ДОДАТОК 7.....	77
ДОДАТОК 8.....	78

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

НВ – твердість по Бринелю.

НРС – твердість по Роквеллу.

РТК – розрахунково-технологічна карта.

ІТР – інженерно-технічні робітники.

МОР – мастильно-охолоджуюча рідина.

ЛКМ – литі композиційні матеріали.

НС – надзвичайна ситуація.

ТБ – техніка безпеки.

## ВСТУП

Науково-технічний прогрес у машинобудуванні значною мірою визначає розвиток і вдосконалення всього народного господарства країни. Найважливішими умовами прискорення науково-технічного прогресу є зростання продуктивності праці, підвищення ефективності суспільного виробництва і поліпшення якості продукції.

Вдосконалення технологічних методів виготовлення машин має при цьому першорядне значення. Якість машини, надійність, довговічність і економічність експлуатації залежать не тільки від досконалості її конструкції, але й від технології виробництва.

Застосування прогресивних високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу точність і якість поверхонь деталей машини, методів зміцнення робочих поверхонь, що підвищують ресурс роботи деталей і машини в цілому, ефективне використання сучасних автоматичних та потокових ліній, верстатів з програмним управлінням, електронних та обчислювальних машин та іншої нової техніки, застосування прогресивних форм організації і економіки виробничих процесів - це спрямовано на вирішення головних завдань: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

В даному проекті ми аналізуємо базовий технологічний процес, розробляємо і вдосконалюємо технологію, верстати і ріжучий інструмент. Призначаємо режими різання і прораховуємо норми часу. Проектуємо верстатне пристосування для обробки отворів на свердлильному верстаті з ЧПУ. Складаємо схему і техпроцес складального вузла.

Виробляємо техніко-економічні розрахунки зміни технології обробки з метою визначення економічного ефекту.

## 1 ПРИЗНАЧЕННЯ І КОНСТРУКЦІЯ ДЕТАЛІ

Вал призначений для передачі крутного моменту. Поверхні Ø55к6 і з'єднань Ø75р6 призначені для підшипників. Точність розмірів поверхонь забезпечується по 6-му квалітету точності, тому що підшипник має клас точності 0. Для того щоб уникнути перекосу підшипників при запресовуванні і підвищеного шуму і вібрації при роботі, дані шийки і прилеглі буртики повинні мати биття не більше 0,02 і 0,05 мм.

Для забезпечення необхідних робочих параметрів в якості матеріалу для вала обрана сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-71 наведено в табл. 1.1, а механічні властивості - в табл. 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-71

С, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Mn, %	P, %	S, %	Cu, %
					не більш		
0,36-0,44	0,17-0,37	0,45-0,75	1-1,4	0,5-0,8	0,035	0,035	0,3

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 40Х ГОСТ 4543-71

$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
не менш					
490	850	13	40	54	212-248

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Аналіз технологічності є одним з важливих етапів у розробці технологічного процесу, від якого залежать його основні техніко-економічні показники: металоємність, трудомісткість, собівартість.

Аналіз технологічності конструкції деталі будемо проводити відповідно до рекомендацій [1].

Деталь являє собою тіло обертання і відноситься до валів. Вал має п'ять ступенів, діаметри яких збільшуються від торців до середини, завдяки чому можна вести обробку на токарних операціях прохідними різцями. Конструкція деталі дозволяє отримати заготовку, форма і розміри якої будуть максимально наближені до форми і розмірів деталі. Для отримання заготовки можуть бути застосовані методи, характерні для крупносерійного виробництва, наприклад, отримання заготовки штампуванням.

Вал має достатню жорсткість, так як  $10d > L$ . Це означає, що при обробці вала можна використовувати нормативні режими різання, не зменшуючи їх.

В якості технологічних баз при виконанні більшості операцій можуть бути використані центрові отвори, що забезпечує принцип сталості баз та забезпечує мінімальні значення торцевого і радіального биття поверхонь валу.

В цілому деталь можна вважати технологічною.

Кількісна оцінка технологічності конструкції деталі виконується відповідно до ГОСТ 13.331-73, ГОСТ 14.201-73, ГОСТ 14.202-73, ГОСТ 14.203-73. При цьому для розрахунку коефіцієнта точності складаємо таблицю 3.

Середній квалітет точності обробки деталі

$$T_{\text{ср.}} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.1)$$

де  $T_i$  – номер квалітета точності  $i$ -й поверхні;

$n_i$  - кількість розмірів деталей, оброблюваних по  $T_i$  - му квалітету.

Для розрахунку  $T_{\text{ср.}}$  складаємо вихідну таблицю точності (таблиця 2.1).



Таблиця 2.1 - Точність поверхонь деталі

Квалітет точності, IT	14	9	6
Кількість розмірів, n	17	2	5

$$T_{cp} = \frac{6 \cdot 5 + 9 \cdot 2 + 14 \cdot 17}{5 + 2 + 17} = 11,92$$

Коефіцієнт точності обробки

$$K_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{T_{cp}}, \quad (2.2)$$

$$K_{т.ч.} = 1 - \frac{1}{11,92} = 0,92.$$

Оскільки значення коефіцієнта точності більше 0,85, то деталь вважається технологічною.

Середня шорсткість поверхонь

$$R_{cp} = \frac{\sum Ra \cdot n_i}{\sum n_i}, \quad (2.3)$$

де  $R_{ai}$  - значення шорсткості  $i$ -ї поверхні;

$n_i$  – кількість поверхонь, що мають шорсткість  $R_{ai}$ .

Для розрахунку  $R_{cp}$  складаємо таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Шорсткість поверхонь деталі

Шорсткість $R_a$ , мкм	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5
Кількість поверхонь, n	2	3	7	1	11

$$R_{cp} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 3 + 3,2 \cdot 7 + 6,3 \cdot 1 + 12,5 \cdot 11}{2 + 3 + 7 + 1 + 11} = 7,20 \text{ мкм.}$$

Коефіцієнт шорсткості деталі

$$K_{ш} = \frac{1}{R_{cp}}, \quad (2.4)$$

$$K_{ш} = \frac{1}{7,2} = 0,14.$$

Оскільки значення коефіцієнта шорсткості менше 0,32, то деталь вважається технологічною.

В цілому конструкція вала є досить технологічною і дозволяє порівняно легко і гарантовано забезпечувати задані вимоги відомими технологічними способами. При цьому на всіх операціях забезпечується дотримання принципу єдності і сталості баз.

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

Зважаючи на відсутність даних, необхідних для визначення коефіцієнта закріплення операцій на початковій стадії проектування тип виробництва визначаємо орієнтовно, користуючись рекомендаціями [1, с. 31].

Розрахуємо розмір партії деталей за формулою:

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi}, \quad (3.1)$$

де  $N$  – річний обсяг випуску деталей в штуках ( $N = 25000$  шт);

$a$  – кількість днів запасу деталей на складі (приймаємо  $a = 5$  днів);

$\Phi$  – кількість робочих днів у році ( $\Phi = 253$  днів).

$$n = \frac{25000 \cdot 5}{253} = 495 \text{ шт.}$$

При масі деталі  $m_d = 14,5$  кг і кількості деталей в партії – 495 штук, приймаємо тип виробництва – масове.

Після розрахунку норм часу на операції зробимо уточнення типу виробництва.

#### 4 ВИБІР МЕТОДУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ

Деталь являє собою вал, у якого діаметри поверхонь зменшуються від середини до торців. Тому заготівля валу може бути отримана штампуванням на кривошипному гарячештамповочному пресі (КГШП) з формуванням окремих поверхонь.

Визначаємо Індекс заготовки за проектним варіантом по ГОСТ 7505-89.

Розрахункова маса поковки:

$$M_p = m_d \cdot K_p, \quad (4.1)$$

де  $m_d$  – маса деталі;

$K_p$  – розрахунковий коефіцієнт,  $K_p = 1,5$ .

$$M_p = 14,5 \cdot 1,5 = 21,75 \text{ кг}.$$

Клас точності - Т4.

Ступінь складності – С2.

Група сталі – М2.

Конфігурація поверхні роз'єму штампа – П.

Індекс заготовки – 16 по ГОСТ 7505-89.

Розрахунок вартості заготовок отриманих штампуванням виконується за формулою:

$$S_2 = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{II} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{отх}}{1000}, \quad (4.2)$$

де  $C_i$  – базова вартість однієї тонни заготовок,  $C_i = 12\,75$  грн;

$Q$  – маса заготовки,  $Q = 21,75$  кг;

$q$  – маса деталі,  $q = 14,5$  кг;

$S_{отх}$  – вартість однієї тонни відходів,  $S_{отх} = 127,5$  грн;

$K_T$  – коефіцієнт, що залежить від класу точності,  $K_T = 1$ ;

$K_C$  – коефіцієнт, що залежить від ступеня складності,  $K_C = 0,9$ ;

$K_B$  – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки,  $K_B = 0,8$ ;

$K_M$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу,  $K_M = 1$ ;

$K_{II}$  – коефіцієнт, що залежить від обсягу випуску,  $K_{II} = 1$ .

$$S_2 = \left( \frac{1275}{1000} \cdot 21,75 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (21,75 - 14,5) \cdot \frac{127,5}{1000} = 19,05 \text{ грн.}$$

Розрахуємо вартість заготовки з прокату [3, с. 32].

Вартість заготовок з прокату:

$$S_2 = M + \sum C_{0.3} \quad (4.3)$$

Орієнтовна маса прокату:

$$Q = V \cdot \rho = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \cdot l_1, \quad (4.4)$$

$$Q = \left( \frac{3,14 \cdot 85^2}{4} \cdot 525 \right) \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 23,38 \text{ кг.}$$

Розрахунки витрат на матеріали і технологічної собівартості виконуються за формулами:

$$M = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{отх}}, \quad (4.5)$$

$$M = 23,38 \cdot 0,98 - (23,38 - 14,5) \cdot \frac{98}{1000} = 21,53 \text{ грн.}$$

Технологічна собівартість:

$$\sum C_{0.3} = \frac{C_{\text{п.з}} \cdot t_{\text{шт-к}}}{60}, \quad (4.6)$$

де  $C_{п.з}$  – наведені витрати на робочому місці,  $C_{п.з} = 0,8$  грн/рік;

$t_{шт-к}$  – штучний або штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції.

Штучний або штучно-калькуляційний час розраховується за формулою

$$t_{шт-к} = \frac{L_{рез} + y}{S_M} \cdot \varphi, \quad (4.7)$$

де  $L_{рез}$  – довжина різання при різанні прокату на штучні заготовки,  $L_{рез} = 85$  мм;

$y$  – величина врізання і перебігу,  $y = 5$  мм;

$S_M$  – хвилинна подача при розрізанні,  $S_M = 60$  мм/хв;

$\varphi$  – коефіцієнт, що показує частку допоміжного часу в штучному.

$\varphi = 1,84$ .

$$t_{шт-к} = \frac{85 + 5}{60} \cdot 1,84 = 2,76 \text{ хв.}$$

Обчислюємо технологічну собівартість:

$$C_{оз} = \frac{2,76 \cdot 0,8}{60} = 0,037 \text{ грн.}$$

Тоді вартість заготовок з прокату

$$S_1 = 21,53 + 0,043 = 21,57 \text{ грн.}$$

Розраховуємо економічний ефект

$$\mathcal{E}_Г = (S_2 - S_1) \cdot N, \quad (4.8)$$

де  $S_1$  – вартість заготовки з прокату;

$S_2$  – вартість заготовки з поковки;

N – річний обсяг випуску деталей.

$$\mathcal{E}_r = (21,57 - 19,05) \cdot 25000 = 63\,000 \text{ грн.}$$

Виходячи з розрахунків, в проектуваному техпроцесі в якості заготовки приймаємо поковку.

## 5 РОЗРОБКА ТА АНАЛІЗ ДВОХ ВАРІАНТІВ МАРШРУТНИХ ТЕХ-ПРОЦЕСІВ ДЕТАЛІ

Аналіз існуючого техпроцесу повинен бути проведений з точки зору забезпечення якості продукції, скорочення витрат на випуск виробу.

Універсальний технологічний процес виготовлення деталі Вал наведений в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Базовий технологічний процес виготовлення деталі Вал

№ опер	Найменування та короткий зміст операції	Модель верстата	Ріжучий інструмент, розміри, марка інструментального матеріалу	Технологічні бази
05	Фрезерно-центрувальна 1.Фрезерування торців 2. Свердління центровальних отворів	MP-75	Фреза торцева (Ø100,Т15К6) , центрувальне свердло Ø6,3 (Р6М5)	Поверхня заготовки і торець
10	Транспортування			
15	Токарно-гвинторізна 1.Чорнове точіння поверхонь Ø56, Ø66, Ø71, Ø76. 2. Чистове точіння поверхонь Ø55, Ø65, Ø70, Ø75, і зняття фасок	16К25	Різець прохідний 16×25 Т15К6	Центрові отвори
20	Токарно-гвинторізна 1.Чорнове точіння поверхонь Ø76, Ø80. 2. Чистове точіння поверхонь Ø75 и і зняття фаски	16К25	Різець прохідний 16×25 Т15К6	Центрові отвори
25	Транспортування			
30	Розмічувальна Розмітити шпонковий паз		Керн, молоток	
35	Вертикально-фрезерна Фрезерувати шпонковий паз 20Н9, 22Н9	6Р11	Фреза шпонкова Ø16 Р6М5	Поверхня заготовки і торець
40	Транспортування			
45	Торцекруглошлифовальна Шліфувати поверхні Ø55, Ø65, Ø70, Ø75 і торець	3Т153Е	Круг шліфувальний	Центрові отвори
50	Торцекруглошлифовальна 1. Шліфувати поверхню Ø75 і торець	3Т153Е	Круг шліфувальний	Центрові отвори
90	Мийна			
95	Контрольна			



У базовому техпроцесі застосовується нераціональний спосіб отримання заготовки з прокату. Існує можливість отримання заготовки штампуванням на КГШП, що дозволяє збільшити коефіцієнт використання металу і знижує вартість виробу.

З урахуванням того, що масове виробництво і використовуються верстати з ЧПУ продуктивніше сконцентрувати чорнові і чистові токарні операції, тому доцільно замінити використовуються універсальні токарні верстати на токарно-фрезерний верстат з ЧПК моделі СТХ beta 800 ТС.

Також доцільно замінити універсальні верстати на більш продуктивні верстати з ЧПУ на шліфувальних операціях.

Для забезпечення точності і високих швидкостей різання в базовому тих процесі використовуються токарні різці з механічним кріпленням твёрдосплавних пластин, а також осьовий інструмент з швидкорізальної сталі Р6М5.

Для серійного виробництва приймаємо наступний технологічний процес виготовлення валу, який оформляємо у вигляді таблиці 5.2.

Розрахунок необхідної кількості операцій проведемо для поверхні  $\varnothing 75k6 \begin{pmatrix} + 0.021 \\ + 0.002 \end{pmatrix}$ .

Допуск заготовки згідно ГОСТ 7505-89 становить 2,5 мм, тобто  $T_{\text{заг}} = 2500$  мкм.

Допуск деталі  $T_{\text{дет}} = 0,019$  мм = 19 мкм.

Необхідну величину уточнення визначимо за формулою:

$$\varepsilon_0 = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}}, \quad (5.1)$$

$$\varepsilon_0 = \frac{2500}{19} = 131,58.$$

Таблиця 5.2 – Принятый маршрутний техпроцес изготовления вала

№ опер	Найменування та короткий зміст операції	Модель верстата	Ріжучий інструмент, розміри, марка інструментального матеріалу	Технологічні бази
10	Фрезерно-центрувальна з ЧПУ 1. Фрезерування торців 2. Свердління центрувальних отворів	2Г942.04	Фреза торцева (Ø100, T15K6), центрувальне свердло Ø6,3 (P6M5)	Поверхня заготовки і торець
15	Токарно-фрезерна з ЧПУ Установ А 1. Чорнове точіння поверхонь Ø56, Ø66, Ø71, Ø76. 2. Чистове точіння поверхонь Ø55, Ø65, Ø70, Ø75, і зняття фасок 3. Точити канавки Установ Б 1. Чорнове точіння поверхонь Ø76, Ø80. 2. Чистове точіння поверхні Ø75 і зняття фасок 3. Точити канавки Установ В Фрезерувати шпонковий паз 20Н9, 22Н9	CTX beta 800 TC	Різець прохідний CDLNL 2020 16Н с пластиной DNMG 120408, Різець прохідний CDLNL 2020 16Н с пластиной DNMG 120402, резец канавочний CNDNL 2020 с пластиной TNM 123 фреза шпонкова Ø20 P6M5, фреза шпонкова Ø22 P6M5,	Центрові отвори
20	Шліфувальна з ЧПУ Установ А Шліфувати поверхні Ø55, Ø65, Ø70, Ø75 і торець	SMA400CN C	Круг шліфувальний ПП 300x90x90 24A16ПСМ-27К1А ГОСТ 2424 - 83	Центрові отвори
	Установ Б 1. Шліфувати поверхню Ø75 і торець	SMA400CN C	Круг шліфувальний ПП 300x90x90 24A16ПСМ-27К1А ГОСТ 2424 - 83	Центрові отвори
35	Контрольна			

З іншого боку, уточнення визначається як добуток уточнень, отриманих при обробці поверхні на всіх операціях(переходах) прийнятого техпроцесу.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (5.2)$$

де  $\varepsilon_i$  - величина уточнення, отриманого на  $i$ -ой операції (переході);

$n$  - кількість прийнятих у техпроцесі операцій (переходів).

Для обробки даної поверхні в маршрутному технологічному процесі передбачені наступні операції:

– чорнове точіння;

- чистове точіння;
- шліфування.

Проміжні значення розраховуються за формулами:

$$\varepsilon_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{T_1}; \quad \varepsilon_2 = \frac{T_1}{T_2}; \quad \varepsilon_3 = \frac{T_2}{T_3}; \quad (5.3)$$

де  $T_1, T_2, T_3$  - допуски розмірів, отримані при обробці деталі на першій, другій та інших операціях.

- чорнове точіння:  $T_1 = 460$  мкм;
- чистове точіння:  $T_2 = 74$  мкм;
- шліфування:  $T_3 = 19$  мкм.

$$\varepsilon_1 = \frac{2500}{460} = 5,43; \quad \varepsilon_2 = \frac{460}{74} = 4,21; \quad \varepsilon_3 = \frac{74}{19} = 3,9.$$

Визначаємо загальне уточнення для прийнятого маршруту обробки

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 5,43 \cdot 4,21 \cdot 3,9 = 131,64.$$

Отримане значення  $\varepsilon_{\text{пр}}$  показує, що при прийнятому маршруті точність обробки поверхні  $\varnothing 75_{\text{к6}} \left( \begin{smallmatrix} +0.021 \\ +0.002 \end{smallmatrix} \right)$  забезпечується, т. к.

$$\varepsilon_0 \leq \varepsilon_{\text{пр}}, \quad (5.4)$$

$$131,58 \leq 131,64.$$

## 6 РОЗРАХУНОК ПРИПУСКІВ НА ОБРОБКУ

Заготівля валу отримана штампуванням на КГШП. Маршрут обробки включає наступні операції (переходи) [1, стр.59]:

- 1) чорнове точіння;
- 2) чистове точіння;
- 3) шліфування.

На всіх операціях обробка розрахункової поверхні ведеться в центрах, з чого випливає, що похибка установки деталі в радіальному напрямку дорівнює нулю.

$$\varepsilon=0. \quad (6.1)$$

Похибка заготовки визначаємо за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2}, \quad (6.2)$$

де  $\rho_{\text{см}}$  – похибка заготовки по зміщенню, мм;

$\rho_{\text{кор}}$  – похибка заготовки по викривленню, мм;

$\rho_{\text{ц}}$  – похибка зацентровки, мм.

Згідно ГОСТ 7505-89:  $\rho_{\text{см}} = 0,8$  мм.

Похибка заготовки по викривленню визначаємо за формулою:

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_K \cdot l, \quad (6.3)$$

де  $\Delta_K$  – питома кривизна заготовки, мкм/мм;

$l$  – довжина заготовки, мм.

Згідно з таблицею [3]  $\Delta_K = 1$  мкм/мм.

$$\rho_{\text{КОР}} = 1 \cdot 260 = 0,260 \text{ мм.}$$

Похибка зацентровки визначаємо за формулою:

$$\rho_{\text{Ц}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2}, \quad (6.4)$$

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{2,5}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,5 \text{ мм.}$$

Тоді,

$$\rho_3 = \sqrt{0,8^2 + 0,26^2 + 1,5^2} = 2,62 \text{ мм.}$$

Залишкове відхилення розташування заготовки після обробки визначимо за формулою:

$$\rho_{\text{ост}} = K_{\text{у}} \cdot \rho_3, \quad (6.5)$$

де  $K_{\text{у}}$  - коефіцієнт уточнення.

Величина залишкових просторових відхилень:

1) після чорнового точіння:  $\rho_1 = 0,06 \cdot 2629 = 158 \text{ мкм}$ ;

2) після чистового точіння:  $\rho_2 = 0,04 \cdot 2629 = 105 \text{ мкм}$ .

Розрахунок мінімальних значень припусків під обробку зробимо за формулою:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \cdot (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}), \quad (6.6)$$

де  $R_{z_{i-1}}$  - висота нерівностей, отриманих на попередній операції;

$T_{i-1}$  - глибина дефектного шару, отриманого на попередній операції;

$\rho_{i-1}$  - просторове відхилення, отримане на попередній операції.

Випишемо параметри шорсткості  $R_z$  і глибини дефектного шару  $T$  для всіх операцій:

1) заготовка:  $R_z=300$  мкм;  $T = 300$  мкм;

2) точіння чорнове:  $R_z = 50$  мкм;  $T = 50$  мкм;

3) чистове точіння:  $R_z = 30$  мкм;  $T = 30$  мкм.

Тоді згідно з отриманими значеннями мінімальний припуск:

- під чорнове точіння

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (300 + 300 + 2629) = 2 \cdot 3229 \text{ мкм},$$

- під чистове точіння

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + 158) = 2 \cdot 258 \text{ мкм},$$

- під шліфування

$$2Z_{\min 3} = 2 \cdot (30 + 30 + 105) = 2 \cdot 165 \text{ мкм}.$$

Визначаємо розрахунковий розмір  $d_p$  шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу, починаючи з мінімального розміру.

$$d_p = d_{p_{i-1}} + 2Z_{\min i-1}, \quad (6.7)$$

де  $d_{p_{i-1}}$  - розрахунковий діаметр на попередньому переході.

Для шліфування за  $d_{p_{i-1}}$  приймаємо мінімальний діаметр

$$d_{\min} = d_{p_{\min}} = 75,002 \text{ мм}.$$

Тоді розрахунковий діаметр під шліфування

$$d_{p2} = 75,002 + 0,33 = 75,332 \text{ мм,}$$

під чистове точіння

$$d_{p1} = 75,332 + 0,516 = 75,848 \text{ мм,}$$

під чорнове точіння

$$d_{p3ar} = 75,848 + 6,458 = 82,306 \text{ мм.}$$

Визначимо найбільші граничні розміри по переходах за формулою:

$$d_{max} = d_p + \delta_p, \quad (6.8)$$

де  $\delta_p$  - допуск розміру по переходах.

Відповідно до таблиць точності та креслення деталі допуски при обробці складають:

- при шліфуванні  $\delta_3 = 0,022$  мм;
- при чистовому точінні  $\delta_2 = 0,120$  мм;
- при чорновому точінні  $\delta_1 = 0,46$  мм.

Тоді найбільший діаметр при шліфуванні

$$d_{max3} = 75,003 + 0,021 = 75,024 \text{ мм.}$$

Найбільший діаметр при чистовому точінні

$$d_{max2} = 75,332 + 0,12 = 75,452 \text{ мм.}$$

Найбільший діаметр при чорновому точінні

$$d_{\max 1} = 75,848 + 0,460 = 76,308 \text{ мм.}$$

Найбільший діаметр заготовки

$$d_{\max \text{зах}} = 82,306 + 2,5 = 84,806 \text{ мм.}$$

Граничні значення припусків визначимо за формулами.

Максимальний припуск

$$2Z_{\max} = d_{\max} - d_{\max \text{ i-1}} \quad (6.9)$$

Тоді максимальний припуск.

- під точіння чорнове

$$2z_{\max 3}^{\text{пп}} = 84,806 - 76,308 = 8,498 \text{ мм,}$$

- під чистове точіння

$$2z_{\max 2}^{\text{пп}} = 76,308 - 75,452 = 0,856 \text{ мм,}$$

- під шліфування

$$2z_{\max 1}^{\text{пп}} = 75,452 - 75,024 = 0,428 \text{ мм.}$$

Мінімальний припуск

$$2Z_{\min} = d_{\min} - d_{\min \text{ i-1}}. \quad (6.10)$$

Мінімальний припуск.

- під шліфування



$$2z_{\min 1}^{np} = 82,306 - 75,848 = 6,458 \text{ мм.}$$

- під чистове точіння

$$2z_{\min 2}^{np} = 75,848 - 75,332 = 0,516 \text{ мм,}$$

- під чорнове точіння

$$2z_{\min 3}^{np} = 75,332 - 75,003 = 0,329 \text{ мм.}$$

Загальні припуски розраховуємо як суму проміжних припусків

$$2Z_{\max} = \sum 2Z_{\max} = 428 + 856 + 8498 = 9784 \text{ мкм,}$$

$$2Z_{\min} = \sum 2Z_{\min} = 329 + 516 + 6458 = 7303 \text{ мкм.}$$

Отримані значення зводимо в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 - Розрахунок припусків на обробку поверхні  $\Phi 75k6$

Технологічні переходи обробки поверхні $\Phi 75k6 \begin{smallmatrix} +0.021 \\ +0.002 \end{smallmatrix}$	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	Rz	T	$\rho$				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$2z_{\max}^{np}$	$2z_{\min}^{np}$
Заготовка	300	300	2512		82,306	2500	84,806	82,306		
Точіння чорнове	50	50	158	2*3229	75,848	460	76,308	75,848	9356	6460
Чистове точіння	30	30	105	2*258	75,332	120	75,452	75,332	856	516
Шліфування				2*165	75,002	19	75,024	75,002	428	329
Итого									9784	7303

Величину номінального припуску визначимо з урахуванням несиметричності розташування поля допуску заготовки за формулою:

$$2Z_o \text{ ном} = 2Z_o \text{ min} + H_z - H_d, \quad (6.11)$$

де  $z$  – нижнє відхилення розміру заготовки,  $z = 0,8$  мм;

$z_d$  – допуск деталі,  $z_d = 0,002$  мм.

Тоді

$$2z_{\text{ном}} = 7,303 + 0,8 - 0,002 = 8,101 \text{ мм.}$$

Номинальний діаметр заготовки визначаємо за формулою:

$$d_{\text{ном}} = d_{\text{мін}} + z_{\text{ном}}, \quad (6.12)$$

$$d_z = 85,002 + 8,101 = 93,103 \text{ мм.}$$

Проводимо перевірку правильності розрахунків за формулі:

$$z_{\text{макс}} - z_{\text{мін}} = \delta_{i-1} - \delta_i, \quad (6.13)$$

$$9784 - 7303 = 2500 - 19.$$

$$2481 = 2481.$$

Строим схему графического расположения припусков и допусков поверхности  $\varnothing 76k6$  на рисунку 6.1.

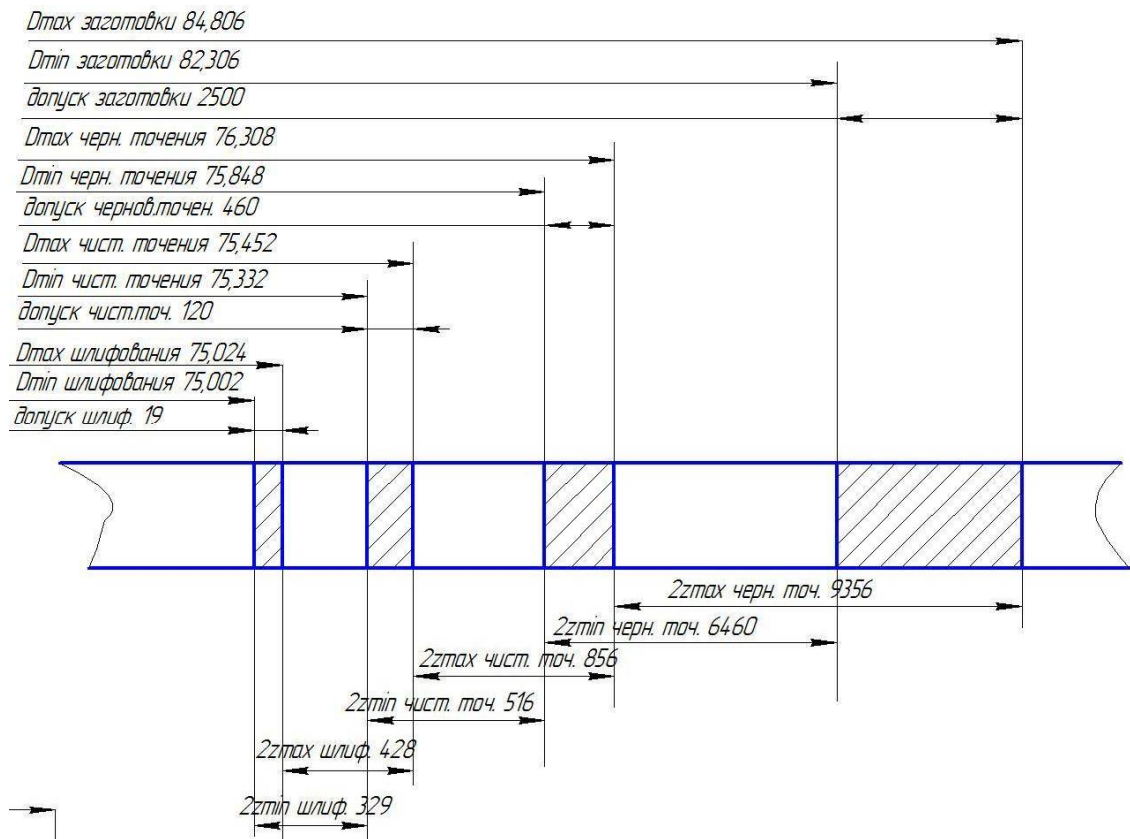


Рисунок 6.1 – Схема графічного розташування припусків і допусків на розмір Ø76k6

Розрахунок припусків на обробку поверхні довжиною 520<sub>-1,75</sub> мм.

Заготівля валу отримана з КГШП. Маршрут обробки включає наступні операції (переходи):

- фрезерування торців.

На всіх операціях обробка розрахункової поверхні ведеться в центрах, з чого випливає, що похибка установки деталі в радіальному напрямку дорівнює нулю, тобто  $\varepsilon=0$ .

Похибка зацентровки визначаємо за формулою:

$$\rho_{ц} = \sqrt{\left(\frac{3,5}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 2 \text{ мм.}$$

де  $\delta_3$  - допуск на розмір поковки,  $\delta_3 = 3,5$  мм.

Тогда,

$$\rho_3 = \sqrt{0^2 + 0,6^2 + 2^2} = 2,6 \text{ мм.}$$

Величина залишкових просторових відхилень  
- після фрезерування

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 2,6 = 156 \text{ мкм.}$$

Випишемо параметри шорсткості  $R_z$  і глибини дефектного шару  $T$  для всіх операцій:

- 1) заготовка  $R_z=150$  мкм;  $T = 250$  мкм;
- 2) фрезерування  $R_z=50$  мкм;  $T = 50$  мкм.

Розрахунок мінімальних значень припусків виробляємо за формулою, попередньо заповнивши розрахункову таблицю 6.2.

Мінімальні припуски під фрезерування

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (150 + 250 + 2000 + 156) = 2 \cdot 2556 \text{ мкм.}$$

Визначаємо розрахунковий розмір  $L_p$  шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу, починаючи з мінімального розміру

$$L_p = 518,25 + 2 \cdot 2,556 = 523,362 \text{ мм.}$$

У графу  $L_{\min}$  записуємо розрахункові розміри. Графу «допуск» заповнюємо відповідно до досягнутої точності при обробці деталей на даній операції.

Найбільші граничні розміри  $L_{\max}$  визначаємо додатком допуску до найменшого граничного розміру

$$L_{\max 1} = 518,25 + 1,75 = 520 \text{ мм,}$$

$$L_{\max 0} = 523,362 + 3,5 = 526,862 \text{ мм.}$$

Граничні значення припусків  $Z_{\max}^{\text{пр}}$  визначаємо як різниця найбільших граничних розмірів і  $Z_{\min}^{\text{пр}}$  - як різниця найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2z_{\max}^{\text{пр}} = 526,862 - 520 = 6,862 \text{ мм},$$

$$2z_{\min}^{\text{пр}} = 523,362 - 518,25 = 5,112 \text{ мм}.$$

Загальні припуски  $Z_{0\max}$  и  $Z_{0\min}$  розраховуємо, підсумовуючи їх проміжні значення і записуючи їх внизу відповідних граф:

$$z_{0\min} = 5112 \text{ мкм},$$

$$z_{0\max} = 6862 \text{ мкм}.$$

Проводимо перевірку правильності розрахунків за формулою:

$$6862 - 5112 = 3500 - 1750,$$

$$1750 = 1750.$$

Перевірка показує, що розрахунки припусків виконані правильно.

Величину номінального припуску визначаємо з урахуванням несиметричності розташування поля допуску заготовки

$$z_{\text{ном}} = z_{0\min} + H_3 - H_d,$$

де  $H_3$  - нижнє відхилення заготовки  $H_3 = 1,1$  мм;

$H_d$  - нижнє відхилення розміру деталі,  $H_3 = 1,75$  мм.

$$z_{\text{ном}} = 5,112 + 1,1 - 1,75 = 4,462 \text{ мм}.$$

Номінальний діаметр заготовки

$$l_{\text{зном}} = l_{\text{мін}} + z_{\text{ном}}, \quad (6.14)$$

$$l_{\text{зном}} = 518,25 + 4,462 = 522,712 \text{ мм.}$$

Перевірка показує, що розрахунки припусків виконані правильно.

Зводимо розрахунки в таблицю 6.2.

Таблиця 6.2 - Розрахунок припусків на обробку поверхні довжиною 520<sub>-1,75</sub>

Технологічні переходи обробки пов. 370 <sub>-1,55</sub>	Елементи припуску			Розрахунковий припуск $2Z_{\text{мін}}$	Розрахунковий розмір $L_p$ , в мм	Допуск $\delta$ , в мкм	Граничний розмір, в мм		Граничні значення припусків, в мкм	
	Rz	T	$\rho$				Lmin	Lmax	$2Z_{\text{мін}}^{\text{np}}$	$2Z_{\text{макс}}^{\text{np}}$
Заготовка	150	250	2600	-	523,623	3500	523,623	526,862		
Фрезерування	50	50	156	2*2556	518,25	1750	518,25	520	5112	6862
Разом:									5112	6862

Будуємо схему графічного розташування припусків і допусків поверхні 520<sub>-1,75</sub> (рисунок 6.2).

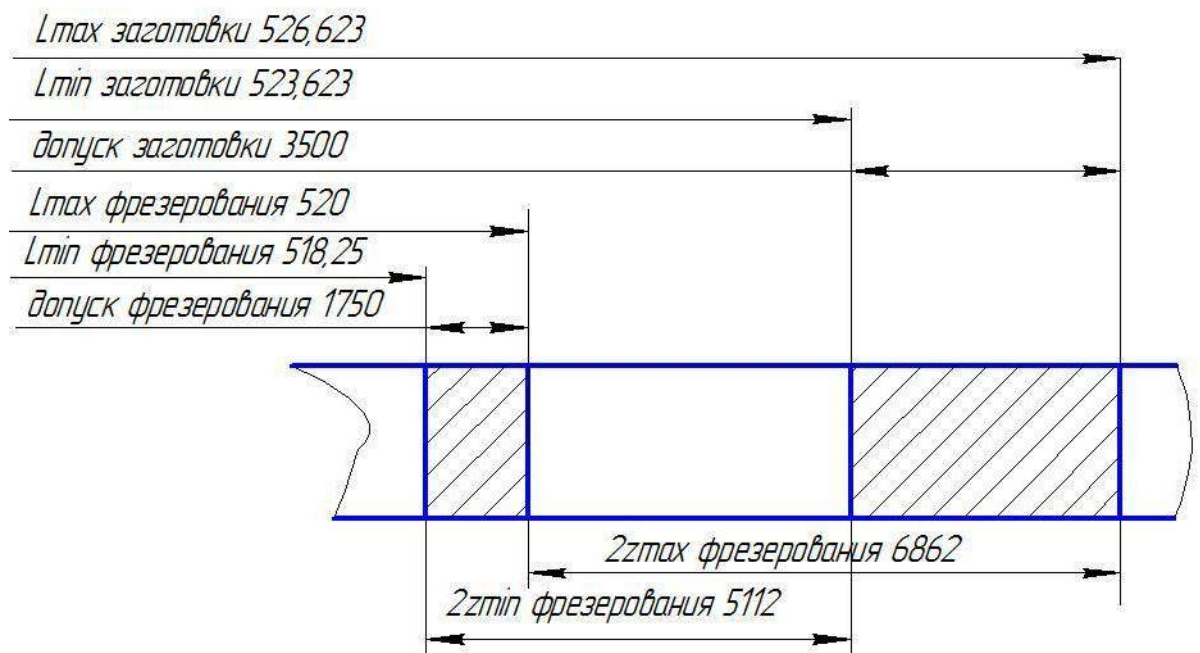


Рисунок 6.2 – Схема графічного розташування припусків і допусків на розмір 520<sub>-1,75</sub>

## 7 РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ

### 7.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом

Розрахунок зробимо для операції 10 - токарна з ЧПУ.

Перехід 2 - чистове точіння  $\varnothing 75$ . Верстат моделі СТХ beta 800 ТС. Різець прохідний CDLNL 2020 16Н с пластиной DNMG 120408

Глибина різання  $t = 1$  мм.

Швидкість різання визначається за формулою [5, с.265]:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} \cdot K_v, \quad (7.1)$$

де  $C_v$  – постійний коефіцієнт, що залежить від подачі,  $C_v = 350$  [5, с. 169];

$T$  – період стійкості,  $T = 50$  хв 17 [5, с. 168];

$t$  – глибина різання;

$S$  – подача, 17 [5, стр. 165];

$m, x, y$  – показник степеня,  $m=0,2$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,35$  [5, с. 169].

$K_v$  – поправковий коефіцієнт.

Поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}, \quad (7.2)$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, який враховує якість обробки матеріалу [5, с. 261];

$K_{nv}$  – коефіцієнт, що відображає якість поверхні заготовки,  
 $K_{nv} = 0,8$ , [5, с. 263];

$K_{iv}$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту,  
 $K_{iv} = 1$ , [5, с. 263].

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \cdot \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (7.3)$$

де  $K_{\Gamma}$  - коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності,  
 $K_{\Gamma} = 1$ , [5, с. 261];

$\sigma_B$  - межа міцності оброблюваного матеріалу;

$n_v$  - показник степеня,  $n_v = 1$ , [5, с. 261].

$$K_{mv} = 1 \cdot \left( \frac{750}{850} \right)^1 = 0,88.$$

Тоді

$$K_v = 0,88 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,71.$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 0,71 = 140 \text{ м/хв}.$$

Частоту обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\text{расч.}}}{\pi \cdot d}, \quad (7.4)$$

Поверхня  $\varnothing 75$

$$n = \frac{1000 \cdot 140}{3,14 \cdot 75} = 594 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначимо силу різання за формулою:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t_x \cdot S_y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (7.5)$$

де  $C_p$  - коефіцієнт, що залежить від виду обробки [5, с. 273];

$x, y, n$  - показники ступенів, що залежить від виду обробки [5, с. 273];



$K_p$  - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання, [5, с. 273].

Розраховуємо  $K_p$  по формуле:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{\Gamma p}, \quad (7.6)$$

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

$K_{\varphi p}$   $K_{\gamma p}$   $K_{\lambda p}$   $K_{\Gamma p}$  - коефіцієнт, що враховує впливу геометричних параметрів ріжучої частини інструменту,  $K_{\varphi p} = 1$ ;  $K_{\gamma p} = 1,0$ ;  $K_{\lambda p} = 1$ ;  $K_{\Gamma p} = 1$  [5, табл. 9, 10, 23].

Коефіцієнт  $K_{mp}$  розраховуємо за формулою:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (7.7)$$

де  $n$  - показник ступеня, що залежить від виду обробки  $n = 0,75$ .

$$K_{mp} = \left( \frac{850}{750} \right)^{0,75} = 1,1.$$

$$K_{pz} = 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,1.$$

Згідно таблиці, для зовнішнього поздовжнього точіння твердосплавними різцями конструкційної сталі  $S_p = 300$ ;  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $n = -0,15$ .

Розрахуємо тангенціальну силу різання  $P_z$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 140^{-0,15} \cdot 1,1 = 637,4 \text{ Н.}$$

Потужність потрібну для різання, визначаємо за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (7.8)$$

$$N_p = \frac{637,4 \cdot 140}{1020 \times 60} = 1,46 \text{ кВт/}$$

За паспортом верстата, потужність на шпинделі складе:

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{пасп}} \cdot \eta, \quad (7.9)$$

$$N_{\text{шп}} = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт.}$$

де  $N_{\text{пасп}}$  - потужність двигуна;

$\eta$  - КПД верстата.

$$N_{\text{шп}} > N,$$

$$1,46 < 12,75.$$

Таким чином, привід верстата забезпечує обробку при заданих режимах.

Операція 005-Фрезерно-центрувальна з ЧПУ.

На даній операції фрезеруються торці  $\varnothing 79$ . Обробка ведеться на фрезерно-центрувальному верстаті з ЧПУ моделі 2Г942.04. Фрезерування проводиться торцевими фрезами з механічним кріпленням круглих пластин з твердого сплаву (ГОСТ 9473 – 80), матеріал ріжучої частини Т15К6.

Розрахунок зробимо для першого переходу - фрезерування торців.

Призначаємо подачу при фрезеруванні  $S_z=0,15$  мм/зуб.

Швидкість різання при фрезеруванні визначаємо за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v, \quad (7.10)$$

де  $C_V$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки  $C_V = 332$ ;

$D$  – діаметр фрези,  $D = 100$  мм;

$T$  – період стійкості інструменту,  $T=180$  хв;

$t$  – глибина фрезерування  $t = 2,5$  мм;

$S_z$  – подача на зуб,  $S_z = 0,15$  мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерування,  $B = 79$  мм;

$Z$  – число зубів фрези  $Z = 12$ ;

$x, y, u, q, p, m$  – показник степеня:  $x = 0,1$ ;  $y = 0,4$ ;  $u = 0,2$ ;  $q = 0,2$ ;  $p = 0$ ;

$m = 0,2$ ;

$K_V$  – загальний поправочний коефіцієнт.

Поправочный коэффициент рассчитываем по формуле:

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}; \quad (7.11)$$

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

$K_{nv}$  - коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

$K_{uv}$  - коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки.

$$K_{mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{mv}, \quad (7.12)$$

$$K_r = 1; K_{nv} = 0,8; K_{uv} = 1;$$

$$K_{mv} = 1 \cdot \left( \frac{750}{850} \right)^1 = 0,88,$$

$$K_V = 0,88 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,71.$$

Визначаємо швидкість різання

$$V = \frac{332 \cdot 100^{0,2}}{180^{0,2} \cdot 2,5^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 79^{0,2} \cdot 12^0} \cdot 0,71 = 174 \text{ м/хв}$$

Виробляємо розрахунок числа обертів шпинделя, відповідного даній швидкості різання, по формулі:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (7.13)$$

де  $V$  – швидкість різання при фрезеруванні;

$D$  – діаметр фрези.

$$n = \frac{1000 \cdot 174}{3,14 \cdot 100} = 554 \text{ хв}^{-1}.$$

Розраховуємо хвилинну подачу за прийнятими оборотами шпинделя за формулою:

$$S_M = S_Z \cdot Z \cdot n, \quad (7.14)$$

$$S_M = 0,15 \cdot 12 \cdot 554 = 997 \text{ мм/хв.}$$

Главную составляющую силу резания определяем по формуле:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \quad (7.15)$$

де  $C_p = 825$  - коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки;

$K_{mp}$  – загальний поправочний коефіцієнт;

$x, y, u, q, w$  – показник степеня,  $x = 1$ ;  $y = 0,75$ ;  $u = 1,1$ ;  $q = 1,3$ ;  $w = 0,2$ .

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2,5^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 79^{1,1} \cdot 12}{100^{1,3} \cdot 554^{0,2}} = 5180 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (7.16)$$

$$N = \frac{5180 \cdot 174}{1020 \cdot 60} = 8,73 \text{ кВт.}$$

Потужність двигуна головного приводу верстата  $N_{cm} = 13,5$  кВт, К.П.Д. приводу верстата  $\eta = 0,85$ .

Тоді:

$$N_n = N_{cm} \cdot \eta, \quad (7.17)$$

$$N_n = 13,5 \cdot 0,85 = 11,48 \text{ кВт.}$$

$$N_p < N_n, \text{ т.е. } 8,73 < 11,48.$$

Таким чином, привід верстата забезпечує обробку при заданих режимах.

## 7.2 Розрахунок режимів різання за нормативами

Розрахунок режимів різання виробляємо за довідником [6].

Операція 020-Фрезерна з ЧПУ.

Перехід 1-фрезерувати шпонковий паз шириною 20 мм і довжиною 120 мм. верстат токарно-фрезерний з ЧПУ моделі СТХ beta 800 ТС.

Інструмент-шпонкова фреза Р6М5.

Довжину робочого ходу розраховуємо за формулою:

$$L_{p.x.} = l_p + y, \quad (7.18)$$

$$L_{p.x.} = 120 + 6 = 126 \text{ мм.}$$

де  $l_p$  - довжина резання;

$u$  - довжина підведення, врізання і перебігу інструменту,  $u = 6$  мм.

Призначаємо подачу на зуб фрези [6]  $S_0 = 0,1$  мм/об.

Визначимо стійкість інструменту [6]  $T = 100$  хв.

Визначаємо швидкість різання

$$V = V_{\text{таб}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (7.19)$$

де  $V_{\text{таб}}$  - таблична швидкість різання,  $V_{\text{таб}} = 18$  м/хв;

$K_1$  - коефіцієнт, що враховує матеріал деталі,  $K_1 = 1$ ;

$K_2$  - коефіцієнт, що враховує стійкість інструменту,  $K_2 = 0,75$ ;

$K_3$  - коефіцієнт, що враховує вид обробки,  $K_3 = 1$ .

$$V = 18 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 18 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання інструменту розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (7.20)$$

де  $D$  - діаметр фрези.

$$n = \frac{1000 \cdot 18}{3,14 \cdot 20} = 287 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок хвилинної подачі за прийнятним значенням числа обертів шпинделя

$$S_M = S_Z \cdot Z_u \cdot n, \quad (7.21)$$

де  $Z_u$  – число зубів фрези.

$$S_M = 0,1 \cdot 2 \cdot 287 = 57 \text{ мм/хв.}$$

Виявлення подачі на зуб за прийнятими режимами різання

$$S_z = \frac{S_M}{n \cdot z_u}, \quad (7.22)$$

$$S_z = \frac{57}{287 \cdot 2} = 0,1 \text{ мм/зуб.}$$

Определяем по нормативам потребную мощность

$$N_{\text{рез}} = E \frac{V \cdot t \cdot z_u}{1000} \cdot k_1 \cdot k_2, \quad (7.23)$$

де  $E$  – величина, що визначається за таблицею ( $= 0,9$ );

$k_1$  – коефіцієнт, що залежить від оброблюва ( $= 1,35$ );

$k_2$  – коефіцієнт, що залежить від типу фрези і швидкості різання ( $= 0,95$ ).

$$N_{\text{рез}} = 0,9 \cdot \frac{18 \cdot 8 \cdot 2}{1000} \cdot 1,35 \cdot 0,95 = 0,125 \text{ кВт.}$$

Перевірка по потужності двигуна.

Потужність двигуна головного приводу верстата  $N_{\text{ст}} = 15 \text{ кВт}$ , К. П. Д. приводу верстата  $\eta = 0,85$ .

Тоді

$$N_{\text{п}} = N_{\text{ст}} \eta, \quad (7.24)$$

$$N_{\Pi}=15 \cdot 0,85=12,75 \text{ кВт.}$$

$$N_p < N_n, \text{ т.е. } 0,125 < 12,75.$$

Таким чином, привід верстата забезпечує обробку при заданих режимах.

Аналогічно розраховуємо режими різання на інші операції і результати зводимо в таблицю 7.1.



Таблиця 7.1– Зведена таблиця режимів різання

№ операції	Найменування операції, переходу	Глибина різання t, мм	Довжина різання, Ірез, мм	Подача S <sub>0</sub> , мм/об		Швидкість V, м/хв		Частота обертання, хв <sup>-1</sup>		Хвилина подача S <sub>m</sub> , мм/хв	Основний час t <sub>0</sub> , хв
				Ро-зрахунок	При-йнята	Ро-зрахунок	При-йнята	Ро-зрахунок	При-йнята		
05	Фрезерно-центровальна 1. Фрезерування торців 2. Свердління центровальних отворів Ø6,3.	2,5	80	0,15	0,15	174	174	554	554	997	0,14
		3,15	12,7	0,08	0,08	23,1	22,2	1167	1125	90	0,2
10	Токарно-фрезерна з ЧПУ										
	Установ А										
	1. Чорнове точіння поверхонь										
	Ø56										
	2	140	0,5	0,5	95	95	540	540	270	0,54	
	Ø66										
	2	126	0,5	0,5	95	95	458	458	229	0,57	
	Ø71										
	2	42	0,5	0,5	95	95	426	426	213	0,22	
	Ø76										
	2. Чистове точіння поверхонь і фасок										
	Ø55										
	1	140	0,3	0,3	140	140	811	811	243	0,60	
	Ø65										
	1	126	0,3	0,3	140	140	686	686	206	0,64	
	Ø70										
1	42	0,3	0,3	140	140	637	637	191	0,25		
Ø75											
1	180	0,3	0,3	140	140	594	594	178	1,04		
3. Точіння канавок											
0,3	5	0,3	0,3	140	140	650	650	195	0,15		
Установ Б											
1. Чорнове точіння поверхонь											
Ø76											
2	20	0,5	0,5	95	95	398	398	199	0,13		
Ø80											
2	12	0,5	0,5	95	95	375	375	189	0,09		
2. Чистове точіння поверхні											
Ø75 і фасок											
1	20	0,3	0,3	140	140	594	594	101	0,26		
3. Точіння канавки											
0,3	5	0,3	0,3	140	140	594	594	101	0,08		
Установ В											
1. Фрезерувати шпонковий паз 1											
8	120	0,1	0,1	18	18	287	287	57	6,84		
2. Фрезерувати шпонковий паз 2											
10	140	0,1	0,1	18	18	261	261	52	7,84		
15	Шлифовальна с ЧПУ										
	Установ А										
	Шліфувати поверхню і торці										
	Ø55										
	0,4	140	0,005	0,005	30	30	174	174	0,87	0,81	
Ø65											
0,4	126	0,005	0,005	30	30	147	147	0,73	0,86		
Ø70											
0,4	42	0,005	0,005	30	30	136	136	0,68	0,31		
Ø75											
0,4	180	0,005	0,005	30	30	127	127	0,64	1,41		
55	Установ Б										
Ø75 і торець											
0,4	20	0,005	0,005	30	30	127	127	0,64	0,16		

## 8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА СТАНКОВ

Кількість верстатів для потокового виробництва визначається виходячи з часу, необхідного для виконання окремих операцій, та такту випуску з лінії готових деталей.

Щоб визначити кількість верстатів для виконання однієї операції поточної лінії, потрібно поштучна час на її виконання розділити на величину такту випуску, тобто,

$$C = \frac{t_{\text{оп}}}{t_{\text{вып}}}, \quad (8.1)$$

де  $t_{\text{оп}}$  – час обробки, хв;

$t_{\text{в}}$  – такт випуску деталей, з потокової лінії.

Величина такту випуску:

$$t_{\text{вып}} = \frac{F_{\text{д}} \cdot 60 \cdot n}{N}, \quad (8.2)$$

де  $N$  – річна програма випуску,  $N = 25000$  шт.;

$F_{\text{д}}$  – річний фонд часу роботи обладнання,  $F_{\text{д}} = 3817$  год.;

$n$  – кількість смен.

$$t_{\text{вып}} = \frac{3817 \cdot 60 \cdot 2}{25000} = 18,32$$

Тоді кількість верстатів для першої операції:

$$C = \frac{0,34}{18,32} = 0.019 \text{ верстат}$$

Для визначення трудомісткості річної програми необхідно використовувати норми часу за операціями на одну деталь і виробничу програму. Розрахунок виконується за формулою:

$$T_{\Gamma} = \frac{t_{umi} \cdot A}{60}, \quad (8.3)$$

де  $T_{\Gamma}$  – трудомісткість річного випуску продукції, н-год;

$A$  – кількість деталей, що випускаються в рік, шт.;

$t_{шти}$  – норма часу на операцію, мін.

Розрахунки кількості верстатів на всі операції розраховуються аналогічно і зводяться в таблицю 8.1

Таблиця 8.1 - Зведена таблиця норм часу

№ операції	Найменування операції	Обсяг випуску	Основний час $t_o$ , хв	Кількість верстатів, С	Трудомісткість річного випуску продукції, год	Обсяг випуску з урахуванням дозавантаження	Кількість верстатів з урахуванням дозавантаження
005	Фрезерно-центрувальна	25000	0,34	0,019	141,67	50 000	1
010	Токарно-фрезерна з ЧПУ		20,18	1,101	8408,33		4
015	Шліфувальна з ЧПУ		3,55	0,19	1479,17		1
Разом			24,07	3	10029,17	50 000	6

## 9 РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ ОПЕРАЦИИ

Розрахунок виробляємо згідно з методикою і формул з джерела [3] для діаметра Ø75. Допуск на оброблювані поверхні  $T = 120$  мкм.

Сумарну похибку обробки розраховуємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{и} + \Delta_{н} + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \varepsilon_y^2}; \quad (9.1)$$

де  $\Delta_{и}$  - похибка, обумовлена зносом ріжучого інструменту, мкм;

$\Delta_{сл}$  - поле розсіювання похибок обробки, обумовлених та-кими технологічними факторами випадкового характеру, як нерівномірність припуску, неоднакова твердість матеріалу заготовки, недостатня жорсткість системи СНІД, а також похибкою форми деталі, мкм;

$\Delta_{н}$  - похибка налаштування верстата, мкм;

$\varepsilon_y$  - похибка установки заготовки, мкм.

Знаходимо величину похибки, обумовлену розмірним зносом різця

$$\Delta_{и} = \frac{u_0 \cdot l}{1000}, \quad (9.2)$$

де  $u_0$  - відносний знос різця [3, табл. 3.3]  $u_0=6$  мкм/км).

$l$  - шлях різання при обробці даної партії деталей.

Шлях різання

$$l = \frac{\pi \cdot d \cdot L \cdot n}{1000 \cdot s_0}, \quad (9.3)$$

де  $d$  - діаметр оброблюваної поверхні, мм;

$L$  - розрахункова довжина обробки з урахуванням шляху врізання і перебега ріжучого інструменту, мм;

$n$  - кількість деталей в настроювальній партії;

$s_0$  - подача на оборот верстата, мм/об.

$$L = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 20 \cdot 495}{1000 \cdot 0,3} = 7772 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\text{И}} = \frac{9 \cdot 7772}{1000} = 69,9 \text{ мкм.}$$

Значення випадкової похибки знаходимо по [3, табл. 3.6]  $\Delta_{\text{сл}} = 40$  мкм.

Похибка налаштування

$$\Delta_{\text{Н}} = \sqrt{\Delta_{\text{СМ}}^2 + \Delta_{\text{РЕГ}}^2 + \Delta_{\text{ИЗМ}}^2}, \quad (9.4)$$

де  $\Delta_{\text{ин}}$  - похибка виготовлення інструменту, мкм [3, табл. 3.15];

$\Delta_{\text{у.и}}$  - похибка установки інструменту, мкм [3, табл. 3.16];

$$\Delta_{\text{у.и}} = 9 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_{\text{Н}} = \sqrt{35 + 9 + 25,6} = 8,64 \text{ мкм.}$$

При установці деталі в пристосуванні похибка установки  $\varepsilon_y = 0$ .

Разом сумарна похибка обробки дорівнює

$$\Delta_{\Sigma} = 69,9 + 8,64 + \sqrt{40^2 + 0^2} = 118,54 \text{ мкм.}$$

Точність отримання розміру на даній операції буде забезпечена, так як допуск на розмір перевищує величину сумарної похибки обробки

$$\Delta_{\Sigma} = 118,54 \text{ мкм} < T_{\text{дет}} = 120 \text{ мкм.}$$

## 10 УТОЧНЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА

Кількість операцій, що виконуються на робочому місці, визначається за формулою:

$$O = \frac{\eta_{зн}}{\eta_{зф}}, \quad (10.1)$$

$$O = \frac{0,8}{0,02} = 53.$$

У таблиці 10.1 наведено розрахунок коефіцієнта закріплення операцій.

Таблиця 10.1 - Розрахунок коефіцієнта закріплення операцій

№	Наименование операции	Штучний час $t_{шт}$	Кількість верстатів, $m_p$	Число робочих місць $P$	Коефіцієнт завантаж., $\eta_{з.ф.}$	Кількість операцій, $O$
005	Фрезерно-центрув.	0,34	0,07	1	0,07	12
010	Токарна з ЧПУ	20,18	4,24	1	0,95	1
015	Шліфувальна	3,55	0,75	1	0,75	1
				$P=3$		$O=14$

Коефіцієнт закріплення операцій розраховується за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P}, \quad (10.2)$$

$$K_{з.о.} = \frac{14}{3} = 4,7.$$

По ГОСТ 3.1121-84 прийняті наступні коефіцієнти закріплення операцій  $K_{з.о.}$ :

масове виробництво

$$K_{з.о.} \leq 1;$$

великосерійне виробництво

$$1 < K_{з.о.} \leq 10;$$

среднесерийное виробництво	$10 < \kappa_{3.0.} \leq 20;$
дрібносерійне виробництво	$20 < \kappa_{3.0.} \leq 40;$
одичне виробництво	$\kappa_{3.0.} > 40;$
Отже, виробництво буде масовим.	

## 11 РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТОСУВАННЯ

### 11.1 Призначення і пристрій пристосування

На операції Фрезерна з ЧПУ застосовується спеціальне пристосування, яке призначене для фрезерування шпонкових пазів в деталях типу тіл обертання (вал, черв'як, вал-шестерня).

Пристосування складається з корпусу 2, на якому змонтовані всі вузли верстатного пристосування. На корпусі встановлені призми 3 і упор 6, на яких встановлюється деталь по опорних шийок. Притиском 7 здійснюється затиск деталі. При подачі робочого тиску в порожнину пневмопривода під поршень, останній переміщається на величину робочого ходу. Поршень має внутрішню різьбову поверхню, в яку вкручений шток. Шток переміщається разом з поршнем і змушує перемішатися притиск. Притиск опускається вниз і затискає заготовку.

### 11.2 Силовий розрахунок пристосування

За умови одностороннього різання сила  $P_r$  прагне зрушити оброблювану деталь

$$P_r = P_z \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (11.1)$$

де  $P_r$  – радіальна складова сили різання, Н;

$\alpha$  – кут підйому зубів фрези.

$$P_r = 350 \cdot \operatorname{tg} 15^\circ = 93,78 \text{ Н.}$$

Визначаємо необхідне зусилля затиску:



$$Q = P_r \cdot k, \quad (11.2)$$

де  $Q$  – зусилля затиску, Н;

$k$  – коефіцієнт запаса.

$$Q = 93,78 \cdot 2,5 = 234,45 \text{ Н.}$$

Визначаємо зусилля закріплення при дії крутного моменту:

$$Q = \frac{k \cdot M_p \cdot R \cdot \sin \alpha}{\sin \varphi \cdot R_c}, \quad (11.3)$$

де  $M_p$  – момент різання, Н·м;

$\alpha$  – кут вершини конуса;

$\varphi$  – кут тертя;

$R_c$  – середній діаметр кола поверхні контакту, мм.

$$M_p = P_z \cdot R = 350 \cdot 12,15 \cdot 10^{-3} = 4,25 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (11.4)$$

$$R_c = \frac{D_u + d_u}{4} = \frac{12 + 6,3}{4} = 4,58 \text{ мм}, \quad (11.5)$$

$$Q = \frac{2 \cdot 4,25 \cdot 12,15 \cdot \sin 60}{\sin 30 \cdot 4,58} = 234 \text{ Н.}$$

### 11.3 Розрахунок пристосування на міцність

Виробляємо перевірочний розрахунок гвинта на зріз:

$$\tau = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau], \quad (11.6)$$

де  $[\tau]$  – допускане напруження зрізу, МПа.

$$\tau = \frac{4 \cdot 234}{3,14 \cdot 0,008^2} = 4,6 \text{ МПа} \leq 12 \text{ МПа}$$

Умова міцності дотримується.

#### 11.4 Розрахунок пристосування на точність

Сумарна похибка  $\Sigma \varepsilon$  при обробці деталі не повинна перевищувати величину допуску паралельності шпонкового паза  $F=22$  мкм.

Сумарна похибка залежить від ряду факторів і складається з похибки базування заготовки  $\varepsilon_6$ , похибка її закріплення  $\varepsilon_3$ , похибка установки пристосування на столі верстата  $\varepsilon_y$ , похибка, пов'язана зі зносом елементів пристосування  $\varepsilon_u$ , похибка перекошу інструменту  $\varepsilon_n$  і похибки, що викликаються іншими факторами, що не залежать від пристосування.

$$\varepsilon_{np} = T - K_T \cdot \sqrt{(K_{T1} \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_u^2 + \varepsilon_n^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2}, \quad (11.7)$$

де  $K_T$  – коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання випадкових похибок від закону нормального розподілу;

$K_{T1} = 0,8-0,85$  – коефіцієнт, що враховує можливість зменшення  $\varepsilon_6$  при роботі на налаштованих верстатах;

$K_{T2} = 0,6-0,8$  – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки, викликані факторами не залежними від пристосування;

$\omega$  – економічна точність обробки.

$$\varepsilon_{np} = 100 - 1,1 \cdot \sqrt{(0,80 \cdot 75)^2 + 15^2 + 0^2 + 25^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 60)^2} = 16,62 \text{ мкм}.$$

Значення похибки  $16,62 \text{ мкм} < 30 \text{ мкм}$ . Умова дотримується.

## 12 КОНТРОЛЬНЕ ПРИСТОСУВАННЯ

Контрольне пристосування спроектовано для контролю радіального биття зовнішніх діаметрів і торців деталі.

Пристосування складається з підстави, в якому встановлені задній і передній центри, призначені для базування і закріплення вала.

Принцип дії контрольного пристосування полягає в наступному: деталь з лівого боку встановлюється в підпружинений центр, з правого боку підтискається центром, який пов'язаний з двигуном, що передає крутний момент на деталь. Після установки до контактної поверхні підводиться індикатор і шляхом обертання деталі навколо осі знімаються показання радіального і торцевого биття поверхонь деталі.

## 13 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ПРИСТОСУВАННЯ

### 13.1 Аналіз технологічності складальної одиниці(пристосування)

Виконаємо якісний аналіз технологічності складальної одиниці.

У даній складальній одиниці максимально застосовано стандартні і Уніфіковані деталі. Існує можливість складання з відокремлених складальних одиниць без повторної збірки. Присутнє скорочення обсягу пригоночних робіт і скорочення тривалості циклу вузлової збірки і зниження її собівартості.

Виконаємо кількісний аналіз технологічності складальної одиниці, яка включає розрахунок і зіставлення чисельних значень показників технологічності з їх базовими значеннями.

Відповідно до ГОСТ 14.203-73 розраховують такі показники.

Коефіцієнт збірності:

$$K_{сб} = \frac{E}{E + D}, \quad (13.1)$$

де  $E$  – число складальних одиниць у виробі;

$D$  – число деталей у виробі, що не увійшли в складальні одиниці.

$$K_{сб} = \frac{1}{1 + 26} = 0,037 .$$

Коефіцієнт застосовності уніфікованих деталей у виробі (крім кріпильних)

$$K_{yo} = \frac{D_y}{D}, \quad (13.2)$$

де  $D_y$  – число уніфікованих деталей;

$D$  – загальне число деталей.

$$K_{y\partial} = \frac{2}{26} = 0,08.$$

Коефіцієнт застосовності стандартних виробів:

$$K_{cm} = \frac{D_{cm}}{D}, \quad (13.3)$$

де  $D_{cm}$  – число стандартних виробів.

$$K_{cm} = \frac{20}{26} = 0,77.$$

Після якісного і кількісного аналізу можна зробити висновок, що складальна одиниця є досить технологічною.

### 13.2 Технологічний процес складання пристосування

Технологічний процес складання пристосування для фрезерної операції представлений в таблиці 13.1.

Таблиця 13.1 – Таблиця переходів технологічного процесу складання

№	Найменування операції і зміст технологічних переходів збірки	Обладнання
1	2	3
010	Транспортування Перемістити деталі і складальні одиниці на робоче місце	Візок
015	Підготовка 1.Провести зовнішній огляд 2.Перевірити відповідність порядкових номерів 3.Перед складанням змастити тонким шаром мастила тертьові поверхні деталі	Ванночка, кисть
020	Зборка 1. На Корпус 2 вставити 2 шпонки 16 і пригвинчуються гвинтами 9. 2. На Корпус 2 встановити призми 3 і зафіксувати гвинтами 11 і штифтами 15. 3. На Корпус 2 Превмопривод 1 і Шток 5, зафіксувати Гвинтами 10. 4. На шток 5 встановити Притиск 7, зафіксувавши Шайбою 17, Гайкою 13 і 14.	Ключ динамометричний, викрутка, пристосування для стиснення кілець, ключ ріжковий, пристосування для збірки, верстат, прес
025	Контроль 1. Перевірити правильність збірки і комплектність складальної одиниці 2. Перевірити затягування гайок, гвинтів. 3. Перевірити змазування тертьових поверхонь деталей мастилом. 4. Таврувати складальну одиницю.	Тавро ОТК

## 14 ОХОРОНА ПРАЦІ

До самостійної роботи на металорізальних і заточувальних верстатах з сухими абразивним кругом допускаються особи, що пройшли медичний огляд, а також навчання і інструктаж з правил експлуатації і техніки безпеки, склали іспити і отримали відповідні посвідчення.

При перекладі на роботу з використанням нового обладнання робочий зобов'язаний ознайомитися з конструкцією, методами безпечної роботи на ньому і пройти додатковий інструктаж з охорони праці.

Робітники повинні працювати в спецодязі, спецвзуття, а також користуватися, при необхідності, захисними пристосуваннями (окуляри і т.п.), одяг повинен бути застебнутий на всі гудзики. Крім того, повинні працювати в головному уборі, повністю закриває волосся. Працювати на верстатах у взутті легкого типу (сандалях, босоніжках, тапочках і т.д.) забороняється.

Робочі верстатники повинні містити в справності і чистоті обладнання, інструмент та робоче місце, а роботу виконувати, стоячи на дерев'яних решітках.

Складівають матеріали і готову продукцію на стелажах і інші пристосування в спеціально відведених місцях. Забороняється розміщувати матеріали та вироби в проходах і проїздах, на підлозі поблизу робочого місця.

Відходи слід зберігати в спеціальних ящиках і кожну зміну прибирати.

Обтиральні і мастильні матеріали повинні зберігатися в щільно закритих спеціально відведених ящиках.

Механічні передачі металорізальних верстатів та інші обертові і рухомі частини верстатів повинні мати огорожі. Оброблювані вироби, що виступають за габарити верстатів, повинні бути огорожені стійкими запобіжними пристосуваннями.

На робочому місці слід зберігати тільки ті інструменти і пристосування, заготовки та готові вироби, які необхідні для виконання роботи в цю зміну.

Робоче місце верстатника має додатково висвітлюватися джерелом місцевого освітлення, що забезпечує хорошу видимість в зоні роботи. Працюючи при штучному освітленні, необхідно опускати рефлектор (відбивач) з лампою нижче рівня очей.

Забороняється допускати до управління верстатами сторонніх осіб і залишати верстати без нагляду. Встановлювати і знімати оброблювані вироби, замінювати ріжучі інструменти, проводити виміри, а також прибирати стружку слід при непрацюючих приводах верстатів.

При обробці деталей з металу, що дає дрібну стружку, а також при роботі на великих швидкостях різання необхідно користуватися захисними екранами, встановленими на верстатах, а якщо їх немає, застосовувати захисні окуляри.

Забороняється видаляти стружку з верстатів руками і видувати ротом з отворів, заглиблень. Для цього необхідно користуватися пристосуваннями - гачками з екранами, щітками і магнітами.

Перед кожним включенням верстата переконатися, що при пуску не виникає небезпека для оточуючих.

Верстатник повинен знати прийоми надання першої допомоги потерпілому. При отриманні травми необхідно негайно звернутися за медичною допомогою і одночасно повідомити майстра або механіку. Майстер або особа, яка його замінює, зобов'язаний повідомити про це негайно керівникові для своєчасного складання акту про нещасний випадок, і вжиття заходів, покликаних унеможливити повторення подібних випадків.

Робітники, які використовують при обробці деталей на металообробних верстатах охолоджуючі або змащувальні рідини, повинні забезпечуватися профілактичними мазями або рідинами для змазування рук.

Станочник зобов'язаний:

- Знати будову верстата, вміти визначати несправності.



- Заготовки і деталі вагою більше 16 кг піднімати із застосуванням підйомних механізмів і використанням спеціальних захоплень,
- Дотримуватися вимоги виробничої санітарії та гігієни праці.
- Дотримуватися "Правила внутрішнього трудового розпорядку для робітників і службовців підприємства".
- У випадках, не передбачених цією Інструкцією, верстатник зобов'язаний звернутися за конкретним рішенням до безпосереднього керівника робіт (механіку, майстру і т.д.).

Ця інструкція є обов'язковою для робітників, які працюють на металорізальних верстатах. Особи, які порушили вимоги безпеки праці, несуть відповідальність згідно з правилами внутрішнього розпорядку.

#### Вимоги безпеки перед початком роботи

Перевірити наявність і справність огорожень в небезпечних місцях, а також заземлення та занулення верстатів.

Перевірити наявність необхідного інструменту, пристосувань, їх справність.

Перевірити верстати на холостому ходу, при цьому переконатися в справності: органів управління електричних кнопкових пристроїв, гальм, фіксації важелів включення і переключення, що виключають можливість самовільного перемикавання з холостого ходу на робочий; переконатися в тому, що системи змащення й охолодження працюють безперебійно.

При установці ріжучого і свердлильного інструменту перевірити:

- правильність заточування інструменту для обробки даного матеріалу;
- міцність кріплення оправлення і фрези;
- кріплення свердла в патроні і правильність центрування його з віссю шпинделя верстата. Застосовувати свердла з правильною заточкою.

Надійно і міцно закріплювати оброблювані матеріали і заготовки на верстатах, користуючись при цьому безпечними пристосуваннями.

Перед початком роботи верстатник зобов'язаний:

- перевірити справність верстата, інструментів і допоміжних пристосувань;
- перевірити наявність і справність огорожень, заземлюючих і занулюючих пристроїв.

Вимоги безпеки під час роботи.

Під час роботи верстата стежити за надійністю кріплення огорожувальних і запобіжних пристроїв і не знімати їх.

Якщо на металевих частинах верстата виявлено напруга (відчуття струму), електродвигун працює на дві фази (гуде), заземлення обірваний або виявлені інші несправності електрообладнання, негайно зупинити верстат і доповісти майстру або начальнику цеху про несправності; без його вказівок до роботи не приступати.

- Не брати і не давати через працюючі верстати будь-які інструменти.
- Знімати і одягати ремені на шківи тільки після повної зупинки верстатів.
- Переміщення ременів по ступінчастим шківів і на ходу допускається тільки з застосуванням переводок.
- При захопленні обтирального матеріалу обертовими частинами верстата або деталями не намагатися їх витягнути, а зупинити верстат і звільнити захоплені предмети, повертаючи при цьому патрон вручну, якщо це можливо.

Обов'язково зупинити верстат і вимкнути електродвигун:

- при відході від верстата навіть на короткий час;
- при тимчасове припинення роботи;
- при збиранні, мастилi, чищенні верстатів;
- при перерві в подачі електроенергії;
- при виявленні будь-якої несправності в обладнанні;
- при підтягуванні болтів, гайок і інших сполучних деталей верстата.

Не допускається класти на верстати інструменти, заготовки, так як вони можуть впасти і травмувати робітника.

Заходи безпеки на токарних верстатах:

- Встановлювати на верстат тільки справний інструмент, надійно і правильно закріплювати його, щоб під час роботи він не міг вирватися.

- Акуратно звертатися з твердосплавними різцями при заточуванні і процесі різання, а також охороняти різці від ударів, так як тверді сплави мають підвищену крихкістю.

- Різець повинен встановлюватися по центру оброблюваної деталі. Установка (загвинчування), зняття (свинчивание) патрона або планшайби з шпинделя виробляється при ручному обертанні патрона. Чи не згвинчувати патрон (планшайбу) раптовим гальмуванням шпинделя.

- Не користуватися затискними пристосуваннями, якщо зношені робочі площині кулачків або губок.

При закріпленні деталей в центрах:

- протерти і змастити центрові отвори;
- не застосовувати центри зі зношеними або забитими конусами;
- стежити за тим, щоб розміри токарних центрів відповідали отворів оброблюваної деталі;

- не затягувати туго задній центр, надійно закріплювати задню бабку і піноль.

При обробці довгих і тонких деталей в центрах (більш 10-12 діаметрів), необхідно користуватися люнетом.

При обробці пруткового матеріалу кінець прутка, який виступає з шпинделя, захищати на всю довжину. Огорожа повинна бути міцним, стійким і забезпечувати безшумну роботу.

При нарізуванні різьблення плашками притримувати Клупи супортом, а не руками.

Щоб уникнути травм через поломки інструменту необхідно дотримуватися наступне:

- включати спочатку обертання шпинделя, а потім подачу, при цьому оброблювану деталь слід привести в обертання до зіткнення її з різцем, врізання виробляти плавно і без ударів;

- перед зупинкою верстата спочатку відвести від оброблюваної деталі ріжучий інструмент, вимкнувши при цьому подачу, а потім вимкнути обертання шпинделя.

Відводити інструмент на безпечну відстань при виконанні наступних операцій;

- центруванні деталей на верстаті;
- зачистці, шліфуванні деталей наждаковим полотном;
- обпилюванню, шабровки, вимірюванні деталей. При зміні патрона і деталі відводити подалі задню бабку.

Чи не гальмувати обертання шпинделя, натискаючи рукою на обертіві частини верстата або деталі.

При відрізанні важких частин деталей або заготовок притримувати відрізаний кінець деталі руками.

При обпилюванню, зачистці і шліфовці оброблюваних деталей на верстаті:

- не доторкатися руками або одягом до оброблюваної деталі;
- стояти обличчям до патрона, тримати ручку напилка лівою рукою, і не переносити праву руку за деталь;
- забороняється користуватися напилками, шаберами і іншими інструментами, що не мають дерев'яних ручок.

Заходи безпеки при роботі на фрезерних верстатах.

Перед включенням автоматичної подачі (самоходу) підвести фрезу без ударів до матеріалу від руки і трохи в нього врізати, потім включити самохід.

Чи не зупиняти верстат без повного виходу ріжучого інструменту з оброблюваної деталі.

Забороняється на ходу верстата:

- перевірка рукою чистоти оброблюваної поверхні деталі і гостроти різальних крайок фрези;
- видалення з ріжучої грані і з-під фрези стружки;
- вимір оброблюваних деталей;
- охолодження фрези мокрими ганчірками, притримуючи їх рукою;
- мастило та чистка верстата;
- підведення трубопроводу емульсійного охолодження до фрези і його кріплення.

При зміні фрези або після закінчення роботи, вибиваючи фрезу, притримувати її рукою збоку, а не з торця.

Збірні фрези повинні мати пристрої, що запобігають виліт вставних зубів в

Вимоги безпеки після закінчення роботи.

Вимкнути верстат і електродвигун.

Привести в порядок робоче місце: прибрати стружку з верстата, інструмент і пристосування, покласти у відведене місце, акуратно поскладати готові деталі, заготовки.

Використані обтиральні матеріали необхідно прибрати в спеціальні ящики.

Змастити деталі верстата які підлягають тертю.

При здачі зміни повідомити змінника або керівнику про помічені несправності верстата.

## 15 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

### 15.1 Прогнозування можливих надзвичайних ситуацій на території підприємства, їх характеристика

Проектований цех з виробництва насосів поршневих розташований в місцевості, в якій можуть виникнути такі стихійні лиха:

- в холодний період року можливі рясні снігопади, в результаті яких може статися припинення вантажопасажирського повідомлення підприємства з прилеглими населеними пунктами, обвалення покрівель промислових будівель під вагою снігу, порушення технологічних процесів внаслідок припинення переміщення предметів праці між підрозділами підприємства;

- нормальне транспортне сполучення з підприємством може бути порушено внаслідок ожеледі;

- через налипання мокрого снігу може відбутися обрив проводів ЛЕП;

- в теплу пору року можливий спалах сухої трави, як на території підприємства, так і на прилеглій території, що призведе до виникнення природного пожежі, при якому погіршаться умови праці на підприємстві через задимленості повітря, підвищення його температури. Так само вітер може переносити іскри на значну відстань, що може призвести до пожежі на складах паливно - мастильних матеріалів.

- в літній період ураганні вітри і град можуть стати причиною пошкодження покрівель будівель, руйнування світлоаераційних ліхтарів, можуть заподіяти шкоду здоров'ю людей, які перебувають поза будівлями;

- значне підвищення температури в літній період може призвести до погіршення умов праці робітників і до зупинки обладнання.

На території підприємства розташований склад, в якому зберігаються паливно-мастильні матеріали, на якому може статися пожежа. Газова котельня, на яких може статися пожежа і вибух, який може привести до руйнування інших будівель.

У виробничому процесі застосовуються гідро - і пневмовипробувань, протягом яких великі судини знаходяться певний час під великим тиском і в разі руйнування яких можливі жертви і руйнування будівель.

У технологічному процесі використовуються такі види ХТО, як окиснення, азотування. Дані процеси проходять в розчинах і розплавах небезпечних речовин, викиди яких можуть призвести до пожеж і отруєнь людей.

## 15.2 Методи забезпечення захисту співробітників підприємства в надзвичайних ситуаціях

Найбільш ефективними методами захисту співробітників підприємства є попередження аварій і катастроф. Що досягається як організаційними, так і інженерно-технічними заходами, які полягають у виявленні та усуненні причин можливих аварій, і попередженні наслідків катастроф.

Інженерно-технічні заходи включають аналіз інженерних об'єктів і технологічних процесів і внесення в проекти планувальних і технологічних рішень, які повинні виключити або знизити ймовірність виникнення аварійної ситуації, або мінімізувати її наслідки. Наприклад, заміну небезпечних процесів у виробництві безпечними (заміна пневматичних випробувань гідравлічними, заміна нагріву заготовок в газових печах нагріванням в індукційних печах). При проектуванні систем водопостачання підприємства необхідно передбачити можливість їх використання для пожежогасіння, знезараження техніки і людей при хімічній аварії.

До організаційних заходів належать: проведення регулярних навчань з цивільної оборони, навчання співробітників використанню засобів індивідуального захисту, організацію взаємодії сил ГО підприємства з силами ГО району, області, населених пунктів.

При великих аваріях (вибухи, пожежі) і стихійних лихах (снігопади, град, ожеледь) роботи по ліквідації їх наслідків повинні проводитися в найкоротші терміни. При обваленні будівель і споруд необхідно якомога швидше врятувати

людей, що знаходяться в завалах і заблокованих в підвальних приміщеннях, надати постраждалим екстрену допомогу.

У разі витоків небезпечних речовин з гальванічних цехів і цехів хіміко-термічної обробки необхідно провести укриття персоналу підприємства в захисних спорудах (сховищах).

Притулок має забезпечувати захист від усіх можливих вражаючих факторів: температури, вибухової хвилі, отруйних речовин. Люди повинні мати можливість знаходитися в притулок тривалий час.

Дієвим способом захисту людей під час надзвичайних ситуацій є їх евакуація і розосередження, які проводяться за планами, складеними штабом цивільної оборони населеного пункту.

### 15.3 Управління підприємством у надзвичайній ситуації

У разі виникнення надзвичайної ситуації важливим заходом є оповіщення органів цивільної оборони, співробітників підприємства і місцевого населення. Своєчасне оповіщення дозволяє завчасно почати здійснення заходів щодо попередження надзвичайної ситуації або ліквідації наслідків аварії, тим самим зменшити число жертв і зберегти матеріальні цінності.

При появі інформації про загрозу або виникнення НС черговий оповіщає начальника штабу ЦО на підприємстві (директора підприємства) і членів комісії з НС. Члени комісії прибувають до голови комісії, отримавши сигнал «збір-аварія».

Голова комісії заслуховує доповідь начальника штабу ЦО підприємства про ситуації, що склалася, заходи, вжиті начальниками підрозділів на місцях, пропозиції подальших дій, допомоги постраждалим, ліквідації наслідків надзвичайної ситуацій.

Робоча група під керівництвом начальника штабу ЦО підприємства здійснює такі заходи:

- уточнює обстановку на підприємстві і в місці події;



- організовує евакуацію або укриття службовців підприємства населення найближчих будинків;
- приймає рішення щодо локалізації та усунення наслідків НС;
- готує доповідь директору підприємства;
- враховує всі дії і розпорядження начальників підрозділів;
- контролює виконання розпоряджень директора підприємства, дій сил ЦО на місці події.

## ВИСНОВКИ

Розроблений дипломний проект містить низку положень, який дозволяє зробити висновок про те, що в базовий варіант технологічного процесу привнесені деякі зміни, внаслідок чого прийнятий варіант технологічного процесу став ефективніше. Це відбивається в обладнанні, яке замінено на більш продуктивне, ніж в базовому варіанті.

В результаті розробки даного проекту було проведено повне дослідження технологічного процесу отримання деталі в умовах середньосерійного виробництва. Найважливішим етапом проектування технології є призначення маршрутного техпроцесу обробки, вибір обладнання, ріжучого інструменту і контрольних пристосувань. По відношенню до базового техпроцесу виконані наступні зміни:

- заміна універсальних верстатів на верстати з ЧПУ;
- концентрація операцій на одному обладнанні;
- підвищення якості продукції за рахунок застосування автоматизованого пристосування для фрезерування шпонкових пазів.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Технология машиностроения. Курсовое и дипломное проектирование / М. Ф. Пашкевич и др.; под ред. М. Ф. Пашкевича. – Минск : Изд-во Гревцова, 2010. – 360 с.
2. Справочник металлиста: в 5 т. Т.2 / под ред. А.Г. Рахшпадта, В.А. Прострема. М., 1976.
3. Горбацевич, А. Ф. Курсовое проектирования по технологии машиностроения / А. Ф. Горбацевич, В. А. Шкред. – Минск : Выш. шк., 1983. – 256 с.
4. Дипломное проектирование: метод. указания для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» / Сост. В.А. Лукашенко, А.М. Федоренко. –Могилев : Беларус. –Рос. ун-т, 2009. - 48с.
5. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – Т.2. – 496
6. Режимы резания металлов : справочник / Под ред. Ю. Б. Барановского.– М. : Машиностроение, 1972. – 408 с.
7. Автоматизация проектирования технологических процессов. Сборник задач: учеб. пособие / Под ред. А. Н. Рязанцев, А.А. Жолобов. – Минск., 1997. 121с.
8. Параметрическая оптимизация технологических операций: метод. Указания по выполнению раздела дипломного проекта «Автоматизация проектирования технологических процессов» /Сост. А.Н. Рязанцев. – Могилев: Белорусс.-Росс. ун-т, 2011. -21 с.
9. Горохов, В. А. Проектирование и расчет приспособлений / В. А. Горохов. – Минск : Выш. шк., 1986. – 240 с.
10. Технологическая оснастка / М.Ф. Пашкевич [и др.].- Минск: Адукацыя і мастацтва, 2002. – 320 с.
11. Козырев, Ю.Г. Промышленные роботы: справочник / Под ред. Ю.Г. Козырева – М.: Машиностроение, 1988. – 375 с.

12. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – Т.1. – 656 с.

13. Организационно – экономическая часть дипломного проекта: метод. указания к дипломному проектированию для студентов специальностей 1-36 01 01 / Сост. А.Г. Барановский. – Могилев: Белорусс. - Росс. ун-т, 2016. -32 с.