

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний факультет
(заочна форма навчання)

Кафедра Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Луценко Сергія Вікторовича
(ПІБ)

академічної групи 131М-17з-1
(шифр)

спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва
(офіційна назва)

на тему Технологічна підготовка серійного виробництва деталей «Вал-шестерня» редуктора головного ходу екскаватора ЕКГ-12

(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Богданов О.О.			
розділів	доц. Богданов О.О.			
Аналітичний	доц. Богданов О.О.			
Технологічний	доц. Богданов О.О.			
Конструкторський	доц. Богданов О.О.			
Спеціальний	доц. Богданов О.О.			

Рецензент			
Нормоконтроль			

Дніпро
2018

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
Технологій машинобудування та матеріалознавства
(повна назва)

_____ **В.В. Проців** _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню магістра
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

студенту _____ **Луценко С.В.** _____ академічної групи _____ **131М-17з-1** _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності _____ **131 Прикладна механіка** _____

за освітньо-професійною програмою _____
Комп'ютерні технології машинобудівного виробництва
(офіційна назва)

на тему **Технологічна підготовка серійного виробництва деталей «Вал-шестерня» редуктора головного ходу екскаватора ЕКГ-12**

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від **29.11.18** № **2031-Л**

Розділ	Зміст	Термін виконання
Аналітичний	Аналіз технологічності деталей	03.09.18-27.09.18
Технологічний	Проектування технології	28.09.18-20.10.18
Конструкторський	Розробка комплексу документації	21.10.18-30.10.18
Спеціальний	Аналіз впливу різання на шорсткість обробленої поверхні	30.10.18-08.12.18

Завдання видано _____
(підпис керівника)

_____ **доц. Богданов О.О.** _____
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____ **01.09.18** _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____ **12.12.2018** _____

Прийнято до виконання _____
(підпис студента)

_____ **Луценко С.В.** _____
(прізвище, ініціали)

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Технологічний контроль робочих креслень деталей і технічних вимог

Контроль робочих креслень деталей і технічних вимог показав, що кількість проєкцій, розрізів, видів деталей досить, щоб зрозуміти конструкцію деталей.

Присутність і правильність проставлення всіх необхідних розмірів, допусків на точність форми, взаємне розташування, шорсткість і твердість поверхонь, тобто повнота технічних умов відповідає вимогам Держстандарту.

У технічних умовах задані показники якості, такі як твердість, точність форми і взаємного розташування поверхонь, допустимі відхилення оброблених поверхонь, марку матеріалу і ін., які повинні бути присутніми у деталей після механічної обробки.

Аналіз технічних умов показав, що вплив вище перерахованих параметрів сильно впливає на працездатність деталей.

Проконтролювати деякі з параметрів можна спеціальним контрольним інструментом - калібрами.

1.2. Аналіз технологічності конструкції деталей

Склад робіт по забезпеченню технологічності конструкції виробів на всіх стадіях їх створення встановлюється Єдиною системою технологічної підготовки виробництва. Розрізняють виробничу, експлуатаційну та ремонтну технологічність. Єдиним критерієм технологічності конструкції виробу є її економічна доцільність при заданій якості і прийнятих умовах виробництва і експлуатації.

Для розробки оптимального технологічного процесу виготовлення деталі, забезпечення раціональної концентрації технологічних операцій із застосуванням економічно обґрунтованих і технологічно необхідних методів обробки, необхідно проаналізувати призначення робочих поверхонь деталі,

використовувані матеріали і технічні вимоги до них з точки зору умов збирання та експлуатації.

На етапі проектування технологічного процесу механічної обробки, коли конструкторські документи вже затверджені і не підлягають радикальних змін, доцільно проводити якісний аналіз технологічності конструкції деталі з метою узагальнення, на підставі досвіду виконавця, встановити ступінь відповідності між показниками якості та прийнятими умовами виробництва. Кількісну оцінку виконують за деякими показниками, щоб охарактеризувати ступінь задоволення вимог до технологічності конструкції.

1.2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі «Вал-шестерня»

Деталь «Вал-шестерня» 46.1613.004 виготовлена зі сталі 40Х ГОСТ 4543-71. Сталь 40Х призначена для виготовлення деталей високої міцності і в'язкості, що працюють при середніх тисках і невеликих швидкостях (вали, осі, колінчаті вали, шестерні, пальці, шпинделі, ролики, втулки).

Хімічні і механічні властивості сталі 40Х зведені в таблиці 1.1 і 1.2:

Таблиця 1.1

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	S, %	P, %
						не більше	
0.36-0.44	0.17-0.37	0.50-0.80	0.80-1.10	0.30	0.30	0.035	0.035

Таблиця 1.2

σ_b , МПа	σ_u , МПа	δ , %	ψ , %	НВ
700	470	17	56	190-210

За хімічним складом і механічними властивостями вживаний матеріал (сталь 40Х) забезпечує виконання вимог до механічних властивостей поверхонь і деталі в цілому і має гарні технологічні характеристики як при обробці тиском, так і різанням.

Деталь «Вал-шестерня» є ведучою ланкою зубчастої передачі двоступеневого циліндричного редуктора НЦ-400. Основними

конструкторськими базами деталі служать циліндричні шийки діаметром 120К6 мм, які визначають точність установки деталей по кресленнях замовника в підшипникових опорах.

Виріб по конструкції відноситься до класу валів і являє собою сукупність 4 поверхонь обертання. Також він включає в себе шпонковий паз для збірки деталей у вузол і зубчастий вінець, необхідний для передачі крутного моменту. На торцях деталі «Вал-шестерня» є технологічні отвори.

Найбільш відповідальна поверхня деталі - зубчастий вінець восьмого ступені точності, виправдане необхідністю забезпечити високу міцність від утоми в зв'язку інтенсивним реверсуванням, а отже і високою циклічністю знакозмінних навантажень.

Результати якісного аналізу технологічності конструкції деталі "Вал-шестерня» зведені в таблицю 1.3:

Конструкція деталі жорстка (відношення довжини до діаметру менше 6), не потрібно заготовка складної форми, найвищий квалітет точності 6 і шорсткість поверхні = 1.25 мкм не вимагає спеціальних методів обробки, верстатів, пристроїв та інструментів, всі поверхні доступні для обробки. На підставі всього цього можна зробити висновок, що конструкція деталі вал-шестерня - технологічна.

Таблиця 1.3

Показники технологічності конструкції деталі	оцінка технологічності	
	припусти мо	неприпу стимо
1. Наявність в деталі стандартних і уніфікованих елементів	+	-
2. Можливість виготовлення деталі зі стандартних заготовок	+	-
3. Наявність оптимальної точності і шорсткості поверхні деталі	+	-
4. Відповідність фізико-хімічних і механічних властивостей матеріалу, жорсткості, форми і розмірів деталі вимогам технології механічної і термічної обробки	+	-
5. Відповідність показників базових поверхонь деталі	+	-

вимогам установки, обробки і контролю		
6. Відповідність оформлення робочого креслення деталі вимогам ЕСКД і ЕСПД	+	-

1.2.2 Аналіз технологічності конструкції деталі «Кришка»

Деталь «Кришка» 56.1632.151 виготовлена зі сталі 35 ГОСТ 4543-71. Сталь 35 призначена для виготовлення помірно навантажених деталей середньої міцності і в'язкості (штоки, шліцьові вали, кондукторні плити, шпинделі, прихвати).

Хімічні і механічні властивості сталі 35 зведені в таблиці 1.4 і 1.5:

Таблиця 1.4

C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	Cu, %	S, %	P, %
					не більше	
0.31-0.39	0.15-0.30	0.40-0.60	0.30	0.30	0,035	0,035

Таблиця 1.5

σ_b , МПа	σ_u , МПа	δ , %	ψ , %	НВ
600	420	21	58	160-180

За хімічним складом і механічними властивостями вживаний матеріал (сталь 35) забезпечує виконання вимог до механічних властивостей поверхонь і деталі в цілому і має гарні технологічні характеристики при обробці різанням.

Виріб по конструкції відноситься до класу корпусних деталей і являє собою сукупність зварених ручного дугового зварювання елементів товстолистового гарячекатаного прокату ГОСТ 19903-74.

Результати якісного аналізу технологічності конструкції деталі "Вал-шестерня» зведені в таблицю 1.6:

Таблиця 1.6

Показники технологічності конструкції деталі	оцінка технологічності	
	припусти мо	неприпу стимо
7. Наявність в деталі стандартних і уніфікованих	+	-

елементів		
8. Можливість виготовлення деталі зі стандартних заготовок	+	-
9. Наявність оптимальної точності і шорсткості поверхні деталі	+	-
10. Відповідність фізико-хімічних і механічних властивостей матеріалу, жорсткості, форми і розмірів деталі вимогам технології механічної і термічної обробки	+	-
11. Відповідність показників базових поверхонь деталі вимогам установки, обробки і контролю	+	-
12. Відповідність оформлення робочого креслення деталі вимогам ЕСКД і ЕСДП	+	-

Деталь «Кришка» має складну просторову форму, яка характеризується поєднанням внутрішніх і зовнішніх концентричних поверхонь. Внутрішні поверхні мають перехідні зони неправильної геометричної форми. Вважаю неможливим при якісному аналізі технологічності конструкції припускати зміни геометричної форми, розташування або вимог до шорсткості робочих поверхонь, оскільки вони визначають працездатність агрегату в цілому.

Конструкція деталі «Кришка» жорстка, не потрібно заготовка складної форми, найвищий квалітет точності 7 і шорсткість поверхні = 2.5 мкм не вимагає спеціальних методів обробки, верстатів, пристроїв та інструментів, всі поверхні доступні для обробки. На підставі всього цього можна зробити висновок, що конструкція деталі вал-шестерня - технологічна.

1.3. Аналіз базових технологічних процесів виготовлення деталей

Основою для розробки технологічних процесів механічної обробки заданих деталей і виконання порівняльних техніко-економічних розрахунків є базові техпроцеси і трудовитрати на підприємстві виробнику. Деталі виготовляються в умовах багатосерійного виробництва з використанням пристосованого, а не спеціально підібраного, технологічного обладнання. Заготівельне виробництво підприємства не обладнано сучасним обладнанням і технологіями і, тому, в

технологічній собівартості продукції значну частку витрат складають витрати на механічну обробку і послуги з кооперації.

1.3.1. Аналіз базових технологічних процесів виготовлення деталі «Вал-шестерня»

Аналіз заводський і проектованої технології обробки деталі «Вал-шестерня» 46.1613.004 представлений в таблиці 1.7:

Таблиця 1.7

№ операції	Найменування операції	Модель верстата	$T_{шк}$, хв.
ЗАВОДСЬКИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС			
005	Розміточна	-	10.20
010	Розточувальна	2620E	24.00
015	Токарна	1M65	46.80
020	Розміточна	-	10.20
025	Токарна	1M65	27.00
030	Токарна	1M65	70.20
035	Зубофрезерна	5370	202.20
040	Шліфувальна	3A164A	36.00
045	Розміточна	-	4.80
050	Фрезерна	6T12	25.20
ΣT_0			456.60
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЩО ПРОЕКТУЄТЬСЯ			
005	Заготівельна	ГКМ	-
010	Фрезерно-центрувальна	MP-73	16.69
015	Токарна с ЧПК	16K20Ф3	24.27
020	Токарна с ЧПК	16K20Ф3	17.65
025	Шпонкова-фрезерна	6P11	34.05
030	Зубофрезерна	5370	53.55
035	Кругло-шліфувальна	3A161	50.58
040	Слюсарна	верстат	12.00
045	Мийна	ММ	7.00
050	Контрольна	стіл ОТК	25.00
ΣT_0			240.79

Висновок: В результаті концентрації переходів на верстатах з ЧПК вдалося знизити трудомісткість обробки в 1.9 рази.

1.3.2. Аналіз базових технологічних процесів виготовлення деталі «Кришка»

Аналіз заводський і проектової технології обробки деталі «Кришка» 56.1632.151 представлений в таблиці 1.8:

Таблица 1.8

№ операції	Найменування операції	Модель верстата	$T_{шк}$, хв.
ЗАВОДСЬКИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС			
005	Розміточна	-	15.00
010	Фрезерна	6У312	45.00
015	Фрезерна	6У312	195.00
020	Розміточна	-	25.20
025	Свердлувальна	2М58	75.00
030	Слюсарно-складальна	верстат	30.00
035	Свердлувальна	2М58	45.00
040	Розміточна	-	45.00
045	Розточувальна	2Е656Р	270.00
050	Розточувальна	2Е656Р	330.00
ΣT_0			1075.2 0
ПРОЕКТИРУЕМЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС			
005	Заготовча	-	-
010	Вертикально-фрезерна с ЧПК	6560МФ3	41.18
015	Вертикально-фрезерна с ЧПК	6560МФ3	23.41
020	Вертикально-фрезерна с ЧПК	6560МФ3	60.68
025	Слюсарно-складальна	верстат	30.00
030	Вертикально-свердлувальна	2Г175М	12.25
035	Продольно-фрезерна	6Г610	55.82
040	Слюсарно-складальна	верстат	30.00
045	Мийна	ММ	10.00
050	Контрольна	стіл ОТК	30.00
ΣT_0			293.34

Висновок: В результаті концентрації переходів на верстатах з ЧПК вдалося знизити трудомісткість обробки в 3.6 рази.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Визначення типу виробництва та форми його організації

Рациональне визначення типу виробництва має дуже велике значення при проектуванні технологічного процесу виготовлення тієї чи іншої деталі, тому що саме тип виробництва є визначальним фактором при виборі:

- типів металорізальних верстатів;
- способу Отримання заготовки;
- ріжучого і допоміжного інструменту;
- вимірювального інструмента;
- пристосувань для Виконання технологічних операцій;
- ступенів механізації і автоматизації технологічного процесу;

2.1.1. Визначення типу виробництва деталі «Вал-шестерня»

На початковій стадії проектування технологічного процесу тип виробництва визначається в залежності від річної програми випуску і масі деталі [1, с.14].

З Огляду на, що маса деталі «Вал-шестерня» $46.1613.004. m = 95.8$ кг, і річна програма випуску деталей $N = 1000$ шт., Попередньо приймаємо крупносерійним тип виробництва.

Остаточно приймаємо тип виробництва, визначили коефіцієнт серійності, для обчислення якого необхідно визначити такт випуску деталей і Середнє поштучно годину.

Такт випуску деталей:

$$t_e = \frac{60 F_g m}{N} = \frac{60 \cdot 4015}{1000} = 240.9 \text{ хв.}, \quad (2.1.)$$

де F_g - річний Дійсний фонд часу роботи верстата;

при роботі в одну зміну: $F_g m = 2030$ рік;

при двозмінній роботі: $F_g \quad m = 4015$ годин;

X_2 - число змін роботи верстата на добу;

N річна програма випуску деталей, штук;

Середній штучний годину:

$$T_{ш.ср} = \frac{T_{o.ср}}{K} = \frac{8.0}{0.6} = 13.3 \text{ хв.}, \quad (2.2)$$

де K - коефіцієнт безперервності роботи верстатів, $K = 06$ [1, с.17];

$T_{o.ср}$ - середній час ОБРОБКИ деталі на 3х операціях, хв. .:

$$T_{o.ср} = \frac{T_{01} + T_{02} + T_{03}}{3} = \frac{17.1 + 5.8 + 1.1}{3} = 8.0 \text{ хв.}, \quad (2.3)$$

де T_{01} - основний час на чорнове обточування з одного боку, хв. .:

$$T_{01} = 0.00017 \quad d \quad L = 0.00017(120 \quad 85 + 177 \quad 510) = 17.1 \text{ хв.}; \quad (2.4)$$

T_{02} - основний час на чорнове обточування з Іншого боку, хв. .:

$$T_{02} = 0.00017 \quad d \quad L = 0.00017(140 \quad 165 + 120 \quad 90) = 5.8 \text{ хв.}; \quad (2.5)$$

T_{03} - основний час на підрізання торця, хв. .:

$$T_{03} = 0.000037(d^2 + d^2) = 0.00037(120^2 + 120^2) = 1.1 \text{ хв.}; \quad (2.6)$$

Коефіцієнт серійності:

$$K_c = \frac{t_g}{T_{ш.ср}} = \frac{240.9}{13.3} = 18.1; \quad (2.7)$$

Так як $10 < K_c < 20$, остаточно приймаємо для деталі "Вал-шестерня» 46.1613.004. Середньосерійному типі виробництва.

2.1.2. Визначення типу виробництва деталі «Кришка»

На початковій стадії проектування технологічного процесу тип виробництва визначається в залежності від річної програми випуску и масі деталі [1, с.14].

З огляду на те, що маса деталі «Кришка» 56.1632.151. $m = 196,0$ кг, и річна програма випуску деталей $N = 1000$ шт., Попередньо приймаємо крупносерійнім тип виробництва.

Остаточно приймаємо тип виробництва, визначили коефіцієнт серійності K_c , Для обчислення котрого необхідно визначити такт випуску.

Такт випуску деталей:

$$t_g = \frac{60 F_g m}{N} = \frac{60 \cdot 4015}{1000} = 240.9 \quad \text{хв.},$$

де F_g - річний Дійсний фонд часу роботи верстата;

при роботі в одну зміну: $F_g \quad m = 2030$ годин;

при двозмінній роботі: $F_g \quad m = 4015$ годин;

m - число змін роботи верстата на добу;

N - річна програма випуску деталей, штук;

Середній штучний годину:

$$T_{ш.ср} = \frac{T_{o.ср}}{K} = \frac{16.6}{0.5} = 33.2 \quad \text{хв.},$$

де K - коефіцієнт безперервності роботи верстатів, $K = 0.5$ [1, с.17];

$T_{o.ср}$ - середній час обробки деталі на 3х операціях, хв. .:

$$T_{o.ср} = \frac{T_{01} + T_{02} + T_{03}}{3} = \frac{21.9 + 6.8 + 21.2}{3} = 16.6 \quad \text{хв.},$$

де T_{01} - основний час на фрезерування площини роз'єму, хв. .:

$$T_{01} = 0.006 \quad L = 0.006 \quad (1270 \quad 2 + 560 \quad 2) = 21.9 \text{ хв}; \quad (2.8)$$

T_{02} - основний час на свердління 16 відп. Ø13 мм, хв. .:

$$T_{02} = 0.00052 \quad d \quad L = 0.00052 \quad (8 \quad 13 \quad 100 + 8 \quad 13 \quad 25) = 6.8 \text{ хв.}; \quad (2.9)$$

T_{03} - основний час на чорнове розточування Ø 270, Ø 200,

$$T_{03} = 0.00018 \quad d \quad L = 0.00018 \quad (2 \quad 270 + 2 \quad 200 + 2 \quad 150) \quad 95 = 21.2 \text{ хв.}; \quad (2.10)$$

Коефіцієнт серійності: $K_c = \frac{t_g}{T_{ш.ср}} = \frac{240.9}{33.2} = 7.2;$

Так як $2 < K_c < 10$, остаточно приймаємо для деталі «Кришка» 56.1632.151. крупносерійним тип виробництва.

2.2. Вибір и економічне обґрунтування способу Отримання заготовки

Для раціонального Вибори заготовки необхідно одночасно враховувати призначення та конструкцію деталей, технічні вимоги, масштаб и серійність випуску, а отже економічність виготовлення. Оберіть заготовку - знак установіть спосіб її отримання, призначте припуски на обробка кожної поверхні, розрахуйте розміри та вказати вимоги до точності виготовлення. При виборі заготовки для знову проектованого технологічного процесу розглянемо два способи Отримання заготівлі, Які НЕ викликають істотних змін у побудові та змісті процесу механічного оброблення.

2.2.1. Вибір способу отримання деталей деталей «Вал-шестерня»

Вибір способу Отримання деталей деталей «Вал-шестерня» 46.1613.004. здійснюється на підставі техніко-економічного аналізу найбільш поширених у серійному виробництві видів заготівлі: прокат и штампування.

Розміри заготівлі сортового прокату визначаються з урахуванням припущені на Обробка ступенів найбільшого діаметра и припуску на підрізування торців. Для номінального діаметра $\varnothing 177.22$ мм приймаємо діаметр сталевого гарячекатаного прокату по ГОСТ 2590-71 $D_{пр.} = \varnothing 190$ мм [2, с.169].

Стоимость заготовки з круглого прокату:

$$S_{пр.} = M_{пр.} P_{пр.} K_m \partial P_{отх.} = 191 \cdot 2.0 \cdot 1.05 \cdot 95.2 \cdot 0.1 = 392.0 \text{ грн.}, \quad (2.11)$$

де $M_{пр.}$ - маса заготовки з прокату, кг;

$P_{пр.}$ - базова вартість 1 кг заготовки з прокату, $P_{пр.} = 2.0$ грн. / Кг;

K_m - коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, $K_m = 1.05$;

∂ - маса реалізованих відходів, кг;

$P_{отх.}$ - ціна відходів, грн. / Кг,

$$P_Z = \frac{10 C_p t^x S_{z^y} B^u z}{D^q n^w} K_{MP} = \frac{10 \cdot 12.5 \cdot 12^{0.85} \cdot 0.55^{0.75} \cdot 0.3^{1.0} \cdot 2}{36^{0.73} \cdot 250^{0.13}} \cdot 0.98 = 58.3 = 0.1 \text{ грн./к}$$

Маса заготовки з прокату:

$$M_{\text{пр.}} = \rho \pi 10^9 \frac{D_{\text{пр.}}^2 L_{\text{пр.}}}{4} = 7850 \cdot 3.14 \cdot 10^9 \frac{190^2 \cdot 859}{4} = 191 \text{ кг}, \quad (2.12)$$

де ρ - щільність заліза, $\rho = 7850 \text{ кг / м}^3$;

$D_{\text{пр.}}$ - чинний діаметр сортового прокату;

$L_{\text{пр.}}$ - довжина заготовки, мм:

$$L_{\text{пр.}} = L_{\text{дет}} + 2 \cdot \Pi_{\text{общ.}} + b_{\text{рез.}} = 850 + 2 \cdot 3 + 3 = 859 \text{ мм}, \quad (2.13)$$

де $\Pi_{\text{общ.}}$ - загальний припуск на механічне оброблення торців, $\Pi_{\text{общ.}} = 3 \text{ мм}$;

$b_{\text{рез.}}$ - ширина різку, $b_{\text{рез.}} = 3 \text{ мм}$ [2, с.39].

Цехова собівартість обдирні робіт:

$$Ц = (z_c + z_n) \left(1 + \frac{H}{100} \right) = (9.0 + 2.9) \left(1 + \frac{350}{100} \right) = 53.6 \text{ грн.}, \quad (2.14)$$

де z_c - зарплата верстатника, грн. ;

$$z_c = \frac{O_c T_{\text{шк}}}{60} = \frac{2.5 \cdot 180.0}{60} = 9.0 \text{ грн.}, \quad (2.15)$$

де O_c - зарплата верстатника за одну годину роботи, $O_c = 2.5 \text{ грн.}$;

z_n - зарплата наладчика, грн. .:

$$z_n = \frac{0.25 \cdot O_n T_{\text{шк}}}{60} = \frac{0.25 \cdot 3.2 \cdot 180.0}{60} = 2.9 \text{ грн.}, \quad (2.16)$$

де O_n - зарплата наладчика за одну годину роботи, $O_n = 3.2 \text{ грн.}$;

H - розмір цехових витрат, для середнесерійного типу виробництва $H = 250\text{-}350\%$, приймаємо $H = 350\%$.

$T_{\text{шк}}$ - штучне калькуляційний час обробки робіт, хв. .:

$$T_{\text{шк}} = \frac{T_{0\Sigma}}{K} = \frac{108.0}{0.6} = 180.0 \text{ хв},$$

де $T_{0\Sigma}$ - Сумарний Основний час механічної обробки, хв. .:

$$T_{0\Sigma} = \sum_{i=1}^4 T_{0i} = 24.0 + 26.8 + 32.0 + 25.2 = 108.0 \text{ хв},$$

де T_{oi} - основний час механічної обробки по операціях, хв .:

$$T_{01} = 0.00017 \left[d_1 L \frac{d_1 d_2}{2 \cdot 4} \right] = 0.00017 = 24.0 \text{ хв .};$$

$$T_{02} = 0.00017 \left[d_1 L \frac{d_1 d_2}{2 \cdot 4} \right] = 0.00017 = 26.8 \text{ хв .};$$

$$T_{03} = 0.00017 \left[d_1 L \frac{d_1 d_2}{2 \cdot 4} \right] = 0.00017 = 32.0 \text{ хв.},$$

$$T_{04} = 0.00017 \left[d_1 L \frac{d_1 d_2}{2 \cdot 4} \right] = 0.00017 = 25.2 \text{ хв .};$$

Вартість заготовки з прокату з урахуванням обдирного обробки:

$$\Sigma S_{\text{пр.}} = S_{\text{пр.}} + Ц = 392.0 + 53.6 = 445.6 \text{ грн .}; \quad (2.17)$$

Альтернативним варіантом заготовки для виготовлення деталі "Вал-шестерня» 46.1613.004. є сталева штампована поковка, отримана гарячої об'ємним штампуванням. У цьому випадку форма заготовки в значній мірі наближена до форми готової деталі, а її конфігурація і конструктивні елементи залежався від виду застосовуваного технологічного устаткування. Вважаємо, що для прийняття умов виробництва заготовка буде формуватися в Закритого акціонерного штампах на горизонтально-кувальних машинах. Конфігурація заготовки приведена на рис. 2.1:

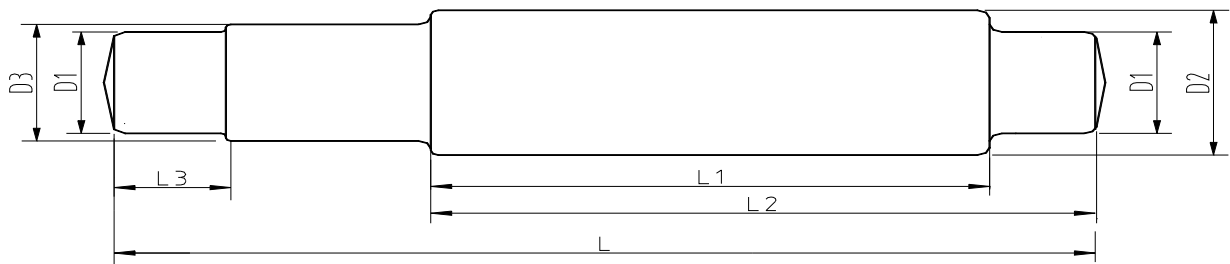


Рис. 2.1.

Розміри заготовки розраховуються з урахуванням припусків на механічну обробка, Які призначаємо по ГОСТ 7505-89.

Стоимость заготовки з штампування ГОСТ 7505-89:

$$S_{\text{шт.}} = M_{\text{шт.}} \cdot P_{\text{шт.}} \cdot K_m \quad dP_{\text{отх.}} = 146 \cdot 3.2 \cdot 1.05 \cdot 50.2 \cdot 0.1 = 485.5 \text{ грн.},$$

де $M_{\text{шт.}}$ - маса заготовки з штампування, кг;

$P_{\text{шт.}}$ - базова вартість 1 кг заготовки з штампування, $P_{\text{шт.}} = 3.2 \text{ грн. / Кг}$;

Маса заготовки з штампування:

$$M_{\text{шт.}} = \rho \cdot \pi \cdot 10^9 \sum_{i=1}^4 \frac{D_{\text{шт.}i}^2 \cdot L_{\text{шт.}i}}{4}; \quad (2.18)$$

$$M_{\text{шт.}} = 7850 \cdot 3.14 \cdot 10^9 \left(\frac{127^2 \cdot 94}{4} + \frac{147^2 \cdot 170}{4} + \frac{183^2 \cdot 518}{4} + \frac{127^2 \cdot 95}{4} \right) = 146.0 \text{ кг},$$

де $D_{\text{шт.}i}$ - діаметр i -й ступенів заготовки, мм;

$L_{\text{шт.}i}$ - довжина i -й ступені заготовки, мм;

Дані, що характеризують поковки, і необхідні для визначення допусків, а також їх допусків представлені в таблиці 2.1:

Таблиця 2.1

характеристика поковки	код	Примітка
Клас точності поковки	T4	Закрита штампування на ГКР
група Сталі	M2	Зміст легуючих елементів <5%
ступінь складності	C2	$G_n/G_\phi = 1.85/3.15 = 0.58$ (0.32 ... 0.63)
поверхні роз'єму	П	Плоска

На підставі Даних, представлених в табл. 2.1, вихідний індекс штампування - 17. Відповідно до нього визначаються основні припуски на механічну обробка и допуски на розміри заготовки. Розраховані розміри заготовки и визначили їх Параметри наведені в таблиці 2.2:

Таблиця 2.2

опрацьований розмір, мм	Ra, мкм	Припуск на сторону, мм	Допуск на розмір, мм	Прийнятий розмір заготовки, мм	Рис. 2.1.
Зовнішні циліндричні поверхні					
120k6	1.25	3.6	3.0	$127_{-1.1}^{+1.9}$	D1
140s7	2.5	3.3	3.0	$147_{-1.1}^{+1.9}$	D3
177.22	5	3.5	2.6	$184_{-1.0}^{+1.6}$	D2
торцеві поверхні					

850	12.5	3.7	4.8	$858_{-1.6}^{+3.2}$	L
595	12.5	3.6	4.2	$603_{-1.4}^{+2.8}$	L2
510	5	4.1	3.8	$518_{-1.2}^{+2.6}$	L1
90	12.5	2.2	3.0	$94_{-1.1}^{+1.9}$	L3

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$\text{КИМ}_{\text{пр.}} = \frac{M_{\text{дет.}}}{M_{\text{пр.}}} = \frac{95.8}{191} = 0.5; \quad (2.19)$$

$$\text{КИМ}_{\text{шт.}} = \frac{M_{\text{дет.}}}{M_{\text{шт.}}} = \frac{95.8}{146} = 0.66;$$

Різниця між вартістю обраних способів отримання заготовок:

$$A = S_{\text{max}} - S_{\text{min}} = 485.5 - 445.6 = 39.9 \text{ грн.}; \quad (2.20)$$

Виходячи з таких міркувань:

- значення величини КИМ;
- незначна різниця у вартості;
- величина основного и допоміжного часу обробних робіт;
- тип виробництва;

вважаю за доцільне застосувати дорожчу технологію - штампування.

2.2.2. Вибір способу отримання заготовки деталі «Кришка»

Вибір способу отримання заготовки деталі "Кришка" 56.1632.151. здійснюється на підставі техніко-економічного аналізу найбільш поширених в великосерійному виробництві видів отримання заготовок: лиття в піщані форми і створення звареної конструкції з листового прокату.

Вартість заготовки з листового прокату по ГОСТ 103-76:

$$S_{\text{пр.}} = M_{\text{пр.}} \cdot P_{\text{пр.}} \cdot K_m \cdot \delta P_{\text{отх.}} = 254.8 \cdot 1.8 \cdot 1.05 \cdot 58.8 \cdot 0.1 = 475.7 \text{ грн.},$$

де $M_{\text{пр.}}$ - маса заготовки з прокату, кг;

$P_{\text{пр.}}$ - базова вартість 1 кг заготовки з прокату, $P_{\text{пр.}} = 1.8 \text{ грн. / Кг}$;

K_m - коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, $K_m = 1.05$;

δ - маса реалізованих відходів, кг;

$P_{\text{отх.}}$ - ціна відходів, грн. / кг, $P_{\text{отх.}} = 0.1$ грн. / кг;

Маса заготовки з прокату:

$$M_{\text{пр.}} = M_{\text{дет.}} \left(1 + \frac{П}{100}\right) = 196.0 \left(1 + \frac{30}{100}\right) = 254.8 \text{ кг}, \quad (2.21)$$

де $П$ - відсоток відходу матеріалу в стружку, $П = 30\%$ [1, ст.9];

Цехова собівартість зварювальних робіт:

$$Ц = Z_{\text{свар.}} \left(1 + \frac{H}{100}\right) = 9.7 \left(1 + \frac{500}{100}\right) = 58.2 \text{ грн.},$$

де $Z_{\text{свар}}$ - зарплата зварника, грн. ;

$$Z_c = \frac{O_c T_{\text{шк}}}{60} = \frac{4.5 \cdot 129.0}{60} = 9.7 \text{ грн.},$$

де O_c - зарплата верстатника за одну годину роботи, $O_c = 4.5$ грн. ;

H - розмір цехових витрат, для великосерійного типу виробництва $H = 350\text{-}500\%$, приймаємо $H = 500\%$.

$T_{\text{шк}}$ - штучне калькуляційний час зварювальних робіт, хв. ;

$$T_{\text{шк}} = \frac{\sum L_i}{V_{\text{сред.}}} = \frac{12.9}{0.1} = 129.0 \text{ хв.}, \quad (2.22)$$

де $\sum L_i$ - сумарна довжина зварних швів, $\sum L_i = 12.9$ м;

$V_{\text{сред.}}$ - середня швидкість виконання зварного шва, $V_{\text{сред.}} = 0.1$ м / хв. ;

Вартість заготовки з листового прокату з урахуванням зварювальних робіт:

$$\sum S_{\text{пр.}} = S_{\text{пр.}} + Ц = 475.7 + 58.2 = 533.9 \text{ грн.};$$

Альтернативним варіантом заготовки для виготовлення деталі «Кришка» 56.1632.151. є сталеве в піщані форми.

Вартість заготовки отриманої литтям в піщані форми:

$$S_{\text{л.}} = M_{\text{л.}} P_{\text{л.}} K_m - d P_{\text{отх.}} = 441.0 \cdot 1.6 \cdot 0.05 - 88.2 \cdot 0.1 = 732.1 \text{ грн.},$$

де $M_{\text{л.}}$ - маса литої заготовки, кг;

$P_{\text{л.}}$ - базова вартість 1 кг литої заготовки, $P_{\text{пр.}} = 1.6$ грн. / Кг;

K_m - коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат, $K_m = 1.05$;

ϑ - маса реалізованих відходів, кг;

$P_{отх.}$ - ціна відходів, грн. / Кг, $P_{отх.} = 0.1$ грн. / Кг;

Маса литої заготовки:

$$M_{л.} = k_y M_{дет.} \left(1 + \frac{\Pi}{100}\right) = 1.8 \cdot 196.0 \cdot \left(1 + \frac{25}{100}\right) = 441.0 \text{ кг},$$

де Π - відсоток відходу матеріалу в стружку, $\Pi = 25\%$ [1, ст.9];

k_y - коефіцієнт уточнення маси, обумовлений різницею товщини стінок заготовки між литтям в піщані форми і використанням листового прокату:

$$k_y = \frac{S_{отл.}}{S_{прок.}} = \frac{18}{10} = 1.8, \quad (2.23)$$

де $S_{прок.}$ - товщина листового прокату, $S_{прок.} = 10$ мм;

$S_{отл.}$ - найменша товщина стінки виливка, що визначається в залежності від наведеного габариту заготовки N :

$$N = \frac{2}{3} \frac{l+b+h}{3} = \frac{(2 \cdot 1270 + 560 + 380) \cdot 10^3}{3} = 1.2, \quad (2.24)$$

де l , b , h - відповідно довжина, ширина і висота заготовки, м;

значенням $N = 1.2$ відповідає товщина стінки $S_{отл.} = 18$ мм, [5, ст.57];

Різниця між вартістю обраних способів отримання заготовок:

$$A = S_{max} - S_{min} = 732.1 - 533.9 = 198.2 \text{ грн.};$$

Виходячи з таких міркувань:

- річний економічний ефект: $\mathcal{E}_\phi = A \cdot N = 198.2 \cdot 1000 = 198200$ грн.;
 - менша ймовірність отримання шлюбу;
 - економія матеріалу;
 - відсутність залежності від підприємств металургійної промисловості;
- вважаю за доцільне застосувати заготовку - зварений прокат.

2.3. Вибір методів обробки.

Застосовувані методи обробки поверхонь залежать від вимог, що пред'являються до поверхонь деталі, точності і шорсткості. Забезпечення виконання вимог, що пред'являються можливо різними методами. При цьому слід враховувати габаритні розміри, точність і якість заготовки, властивість матеріалу, наявність обладнання, собівартість обробки і інші фактори. Так, для точної заготовки потрібна менша кількість технологічних переходів за рахунок скорочення чорнової обробки. При побудові маршруту обробки поверхні (МОП) виходять з того, що кожний наступний метод повинен бути точніше попереднього, а їх кількість - мінімальним.

2.3.1. Вибір методів обробки деталі "Вал-шестерня»

Призначені методи обробки кожної поверхні для деталі "Вал-шестерня» 46.1613.004. наведені в таблиці 2.3:

Таблиця 2.3

поверхня	методи обробки	досягається шорсткість	Досягнутий квалітет точності
$\varnothing 120_{k6}^{+0.025}$ $+0.003$	чорнове точіння	12.5	14
	чистове точіння	3.2	10
	попереднє шліфування	1.6	8
	чистове шліфування	1.25	6
$\varnothing 140_{\sigma 7}^{+0.132}$ $+0.092$	чорнове точіння	12.5	14
	чистове точіння	6.3	10
	шліфування	2.5	7
$\varnothing 177.22_{\eta 10}$ \square -0.17	чорнове точіння	12.5	14
	чистове точіння	5	10
850±1	чорнове фрезерування	12.5	14
510 $\square_{-0.6}$	чорнове точіння	12.5	14
	чистове точіння	5	10

2.3.2. Вибір методів обробки деталі «Кришка»

Призначені методи обробки кожної поверхні для деталі «Кришка» 56.1632.151. наведені в таблиці 2.4:

Таблиця 2.4

поверхня	методи обробки	досягається шорсткість	Досягнутий квалітет точності
$\varnothing 270_{\leq 7}^{+0.052}$ □	розточування чорнове	12.5	14
	розточування попереднє	6.3	10
	розточування чистове	2.5	7
$\varnothing 200_{\leq 7}^{+0.046}$ □	розточування чорнове	12.5	14
	розточування попереднє	6.3	10
	розточування чистове	2.5	7
$\varnothing 150_{\leq 7}^{+0.040}$ □	розточування чорнове	12.5	13
	розточування попереднє	6.3	10
	розточування чистове	2.5	7
$\varnothing 281^{+1.3}$ □	розточування канавки	20	14
$\varnothing 211^{+1.15}$ □	розточування канавки	20	14
$\varnothing 161^{+1.0}$ □	розточування канавки	20	14
25 $\begin{matrix} +0.26 \\ -0.26 \end{matrix}$	фрезерування чорнове	20	16
	фрезерування чистове	2.5	14
560 $\begin{matrix} \square \\ -1.75 \end{matrix}$	фрезерування чорнове	20	14
256 $\begin{matrix} \square \\ -1.3 \end{matrix}$	фрезерування чорнове	20	14
380 $\begin{matrix} \square \\ -1.4 \end{matrix}$	фрезерування чорнове	20	14
$\varnothing 26^{+0.33}$ □	свердління	20	13
	розсвердлювання		
$\varnothing 50^{+0.62}$ □	зенкування	20	13
M8-7H	свердління	20	13
	нарізування різьблення	5	7
$\varnothing 16$ (Штифт конічні.)	свердління	20	13
	розгортання	2.5	11

2.4. Розробка технологічного маршруту механічної обробки.

Технологічний процес в умовах серійного типу виробництва характеризується широкою номенклатурою виробів і значними обсягами випуску. Ефективність такого виробництва залежить від можливості суміщення універсальності і мобільності одиничного виробництва з високою організацією і продуктивністю масового. Таке поєднання передбачає використання обладнання

з широкими технологічними можливостями, високим ступенем універсальності і автоматизації.

З огляду на, що в серійне виробництво характеризується широкою номенклатурою не тільки виробів, а й оброблюваних матеріалів, вимоги до широкого вибору економічно ефективних методів і режимів обробки металів можуть бути виконані шляхом наявності різноманітного парку металорізального обладнання, універсальних і переналагоджуваних спеціальних пристосувань, розвиненого інструментального та метрологічного господарства .

Найбільш ефективним засобом, що дозволяє забезпечити найвищу ступінь автоматизації, високу універсальність і значну продуктивність при великій насиченості технологічних операцій, є раціональне використання обладнання з числовим програмним управлінням і пов'язані з ним технології організації робочих місць, складів, транспорту, контролю операцій і управління виробничими процесами.

2.4.1. Розробка технологічного маршруту механічної обробки деталі "Вал-шестерня».

Проектований технологічний маршрут виготовлення деталі "Вал-шестерня» 46.1613.004. представлений в таблиці 2.5:

Таблиця 2.5

№ оп	найменування операції	зміст операції	спосіб установ ки	технологіч ні бази
005	заготівельна, ГҚР	кувати заготовку.	-	-
010	Фрезерно-центровальна, МР73	- фрезерувати торці; - свердлити центрувальні отвори.	на призму	ступені вала
015	Токарська зі ЧПК, 16К20Ф3	- точити поверхні на Ø 120 і Ø 177.22 начорно і начисто; - точити фаски 6x45 і 2x45	в центрах	поверхні центрових отворів

		- обробити торець.		
020	Токарська зі ЧПК, 16K20Ф3	- точити поверхні на $\varnothing 120$ і $\varnothing 140$ начорно і начисто; - точити фаску 2x45 - обробити торець.	в центрах	поверхні центрових отворів
025	Шпони фрезерна, 6P11	- фрезерувати шпонкові паз 36P9, довжиною 160.	на призму	поверхні на $\square 140$ і $\square 120$
030	Зубофрезерни й, 5370	- фрезерувати зубчастий вінець $m = 12, z = 12$.	в центрах	поверхні центрових отворів
035	Кругло- шліфувальна, 3A161	- шліфувати поверхню на $\varnothing 120$ попередньо і остаточно; - шліфувати поверхню на $\varnothing 140$.	в центрах	поверхні центрових отворів
040	слюсарна, верстак 800x1000	- зачистити задирки.	-	-
045	мийна, мийна машина	- промити деталь в 3% содовому розчині.	-	-
050	контрольна, стіл ОТК	- контролювати розміри деталі.	в центрах	поверхні центрових отворів

2.4.2. Розробка технологічного маршруту механічної обробки деталі «Кришка».

Проектований технологічний маршрут виготовлення деталі «Кришка» 56.1632.151. представлений в таблиці 2.6:

Таблиця 2.6

№ оп	найменування операції	зміст операції	спосіб установ ки на верстаті	технологіч ні бази
005	заготівельна	- отримання заготовки; - термічна обробка.	-	-
010	Вертикально- фрезерна з	- фрезерувати начорно і	УСП	поверхні

	ЧПК, 6560МФ3	начисто площину роз'єму кришки.		люка і двох майданчикі в
015	Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6560МФ3	- фрезерувати поверхню люка і двох майданчиків.	УСП	площину роз'єму кришки
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК, 6560МФ3	- свердлити 16 відп. Ø 13 мм; - рассверлить 16 відп. Ø 26 мм□ - зенковать Ø 50 мм в 16 відп. мм; - свердлити 12 відп. Ø 6.8 мм під М8; - зенковать 12 фасок 1.6 45°; - нарізати М8-7Н в 12 відп.	УСП	площину роз'єму кришки
025	Слюсарно-складальна, верстак 1000x1600	- зачистити задирки; - зібрати кришку з корпусом на болти.	-	-
030	Вертикально-свердлувальний, 2Г175М	- свердлити 2 відп. Ø 15.5 мм - розгорнути 2 відп. Ø 16 мм під штифти конічні.	УСП	підставу корпусу
035	Поздовжньо-фрезерна, 6Г610	- розточити начорно, попередньо і начисто відп. Н7, Н7, Н7 з двох сторін одночасно; - розточити канавки Ø281, Ø211, Ø161 з двох сторін одночасно; - фрезерувати торці фланців з двох сторін одночасно;	УСП	підставу корпусу

040	Слюсарно-складальна, верстак 1000x1600	- розібрати кришку з корпусом; - зачістити задирки.	-	-
045	мийна, мийна машина	- промити деталь в 3% содовому розчині.	-	-
050	контрольна, стіл ОТК	- контролювати розміри деталі.	-	-

2.5. Розрахунок припусків і операційних розмірів механічної обробки

Припуски на механічну обробку в значній мірі впливають на технологічну собівартість виготовлення деталі. Видалення надмірного припуску пов'язане зі збільшенням машинного часу на чорнову обробку, як в разі виконання додаткових обдирні проходів, так і за рахунок зниження режимів різання в разі значної глибини різання. При цьому підвищується витрата ріжучого інструменту і загальні витрати на експлуатацію робочого місця.

Мінімальні припуски на механічну обробку визначаємо розрахунково-аналітичним методом, рекомендованим в довіднику [2]. При цьому, загальний припуск повинен бути узгоджений з припуском, призначеним при проектуванні заготовки. У разі перевищення розрахованого припуску над припуском заготовки, коригується розмір заготовки.

Припуски на основну масу оброблюваних поверхонь призначаємо статистичними (табличним) методом. В цьому випадку загальний припуск приймаємо рівним припуску, призначеного на заготовку, а припуски на обробку, наступну за чорновий за таблицями, наведеними в довідковій літературі.

Розрахунок операційних розмірів і граничних припусків на механічну обробку представлений в табличному вигляді.

2.5.1. Розрахунок припусків і операційних розмірів механічної обробки деталі «Вал-шестерня»

Методика розрахунку міжопераційних припусків аналітичним методом розглянута на прикладі обробки зовнішньої поверхні $\square 120k6^{+0.025}_{+0.003}$.

Порядок розрахунку:

1. В карту обліку припуску записати переходи механічної обробки поверхні (таблиця);

2. записати параметри R_z , h і T_d :

- для заготовлі (штампування): $R_z = 400$, $h = 400$ [2, с.185], $T_d = 3000$ [2, с.186];

- для чорнового точіння: $R_z = 250$, $h = 240$ [2, с.187], $T_d = 350$ [2, с.192];

- для чистового точіння: $R_z = 40$, $h = 40$ [2, с.187], $T_d = 140$ [2, с.192];

- для чорнового шліфування $R_z = 15$, $h = 15$ [2, с.188], $T_d = 140$ [2, с.192];

- для чистового шліфування $R_z = 5$, $h = 5$ [2, с.188], $T_d = 140$ [2, с.192];

3. Визначити сумарне значення просторових відхилень Δ_i взаємопов'язаних поверхонь для всіх технологічних переходів:

$$\Delta_{\text{заг}} = \sqrt{\Delta_{\text{кор.}}^2 + \Delta_{\text{ц}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} = \sqrt{1360^2 + 750^2 + 1300^2} = 2025 \text{ мкм}, \quad (2.25)$$

де $\Delta_{\text{кор.}}$ - викривлення поковки;

$$\Delta_{\text{кор.}} = \Delta_{\text{к}} L = 1.6 \cdot 850 = 1360 \text{ мкм}, \quad (2.26)$$

де $\Delta_{\text{к}}$ - кривизна поковок типу валу на 1 мм довжини, $\Delta_{\text{к}} = 1.6$ [2, с. 180];

L - довжина поковки, $L = 850$ мм;

$\Delta_{\text{ц}}$ - зміщення осі заготовки в результаті похибки центрування;

$$\Delta_{\text{ц}} = 0.25 T_3 = 0.25 \cdot 3000 = 750 \text{ мкм}, \quad (2.27)$$

де T_3 - допуск на розмір поковки, $T_3 = 3000$ мм;

$\Delta_{\text{см}}$ - відхилення від співвісності в половинах штампа, $\Delta_{\text{см}} = 1300$ мм, [1, с.187];

Для розрахунку Δ_i при наступних технологічних переходах виберемо коефіцієнт уточнення K_y (2, с. 190):

$$\Delta_i = \Delta_{i-1} \cdot K_y \quad (2.28)$$

$$\Delta_{\text{черн.точен.}} = \Delta_{\text{заг.}} \quad 0.06 = 2025 \quad 0.06 = 122 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{чист.точен.}} = \Delta_{\text{черн.точен.}} \quad 0.04 = 122 \quad 0.04 = 5 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{черн.шлиф.}} = \Delta_{\text{чист.точен.}} \quad 0.03 = 5 \quad 0.03 = 0.15 \text{ мкм};$$

$$\Delta_{\text{чист.шлиф.}} = \Delta_{\text{черн.шлиф.}} \quad 0.02 = 0.15 \quad 0.02 = 0.003 \text{ мкм}; \quad (\text{значення } \Delta \text{ враховується}$$

тільки більше 5 мкм);

4. Визначаємо похибка установки:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.29)$$

(При обробці деталі в центрах $\varepsilon_y = 0$);

5. Розраховуємо мінімальні припуски по всіх технологічних переходах за формулою:

$$2Z_{i\min} = 2, \quad (2.30)$$

де Rz_{i-1} - висота мікронерівностей поверхні від попередньої обробки;

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

Δ_{i-1} - значення просторових відхилень від попередньої обробки;

$\square i$ - похибка установки заготовки на виконуваному переході.

$$2Z_{\min. \text{чін.чечечен}} = 2 [(400 + 400) + 2025] = 5650 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min. \text{чін.чиочен}} = 2 [(250 + 240) + 122] = 1224 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min. \text{чін.челиф}} = 2 [(40 + 40) + 5] = 170 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min. \text{чін.чилиф}} = 2 [(15 + 15) + 0] = 60 \text{ мкм};$$

6. Для останнього переходу записуємо найменший граничний розмір деталі за кресленням і розраховуємо мінімальні розміри шляхом додавання припуску:

$$d_{\text{расч.}i} = d_{\text{расч.}i-1} + 2Z_{\min. i-1} \quad (2.31)$$

$$d_{\text{расч.чист.шлиф}} = 120.003 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{расч.черн.шлиф}} = 120.003 + 60 = 120.063 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{расч.чист.точен}} = 120.063 + 170 = 120.233 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{расч.черн.точен}} = 120.233 + 1224 = 121.457 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{расч.заг}} = 121.457 + 5650 = 127.107 \text{ мкм};$$

7. Записуємо найменші граничні розміри шляхом перенесення розрахункових розмірів. При перенесенні скорочуємо до того ж знаку десяткового дробу, з якої дано допуск. Скорочення ведемо шляхом збільшення.

$$d_{\text{min.чін.чи лиф}} = 120.003 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{min.чін.че лиф}} = 120.060 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{min.чін.чиочен}} = 120.230 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{min.чін.че очен}} = 121.460 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{min.zin}} = 127.000 \text{ мкм};$$

8. визначаємо d_{max} , Шляхом додавання $d_{\text{min}} + Td$:

$$d_{\text{max.чах.чи лиф}} = 120.003 + 0.022 = 120.025 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{max.чах.че лиф}} = 120.060 + 0.054 = 120.114 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{max.чах.чиочен}} = 120.230 + 0.140 = 120.370 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{max.чах.чеочен}} = 121.460 + 0.350 = 121.810 \text{ мкм};$$

$$d_{\text{max.зах}} = 127.000 + 3.000 = 130.000 \text{ мкм};$$

9. Визначаємо граничні розміри припусків:

$$2Z_{\text{max}} = d_{\text{max}i} - d_{\text{max}i-1}$$

$$2Z_{\text{max.чирн.точен}} = 130.000 - 121.810 = 8.190$$

$$2Z_{\text{max.чист.точен}} = 121.810 - 120.370 = 1.440$$

$$2Z_{\text{max.чирн.шлиф}} = 120.370 - 120.114 = 0.256$$

$$2Z_{\text{max.чист.шлиф}} = 120.114 - 120.025 = 0.089$$

$$2Z_{\text{min}} = d_{\text{min}i} - d_{\text{min}i-1}$$

$$2Z_{\text{min.чирн.точен}} = 127.000 - 121.460 = 5.540$$

$$2Z_{\text{min.чист.точен}} = 121.460 - 120.230 = 1.230$$

$$2Z_{\text{min.чирн.шлиф}} = 120.230 - 120.060 = 0.170$$

$$2Z_{\text{min.чист.шлиф}} = 120.060 - 120.003 = 0.057$$

Результати аналітичного розрахунку припусків на зовнішню поверхню $\varnothing 120k6^{+0.025}_{+0.003}$ зведені в карту обліку припусків, таблиця 2.7:

Таблиця 2.7

$\varnothing 120k6$ $+0.025$ $+0.003$	Параметри, мкм				$2Z_{\text{min}}$ мкм	Розраху нковий розмір, мм	Допус к, мкм	Розмір, мм		Припуск, мкм	
	R_z	h	Δ	ε				d_{max}	d_{min}	$2Z_{\text{max}}$	$2Z_{\text{min}}$
Заготовка - штампува ння	40 0	40 0	20 25			127.107	3000	130.00 0	127.00 0		
точіння чорнове	25 0	24 0	12 2	0	565 0	121.457	350	121.81 0	121.46 0	81 90	5540

точіння чистове	40	40	5	0		120.233	140	120.37 0	120.23 0	14 40	1230
Шлифова н. чорнове	15	15	0	0	17 0	120.063	54	120.11 4	120.06 0	25 6	170
Шлифова н. чистове	5	5	0	0	60	120.003	22	120.02 5	120.00 3	89	57
$T_d - T_d = 3000 - 22 = 2978 = 2Z_{\max} - 2Z_{\min} = 9975 - 6697 = 2978$										99 75	6997

Результати аналітичного розрахунку припусків на зовнішню поверхню $\varnothing 140s7^{+0.132}_{+0.092}$ зведені в карту обліку припусків, таблиця 2.8:

Таблиця 2.8

$\varnothing 120k6$ $^{+0.025}_{+0.003}$	Параметри, мкм				$2Z_{\min}$ мк м	Розраху нковий розмір, мм	Допус к, мкм	Розмір, мм		Припуск, мкм	
	R_z	h	Δ	ε				d_{\max}	d_{\min}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовк а- штампув ання	40 0	40 0	20 25			147.13 4	3000	150. 000	177. 000		
точіння чорнове	25 0	24 0	12 2	0	565 0	141.45 4	400	141. 900	141. 500	810 0	5500
точіння чистове	40	40	5	0		140.26 2	160	140. 420	140. 260	148 0	1240
Шлифов ан. чистове	5	5	0	0	17 0	140.09 2	40	140. 132	140. 092	288	168
$T_d - T_d = 3000 - 40 = 2960 = 2Z_{\max} - 2Z_{\min} = 9868 - 6908 = 2960$										9868	6908

Результати аналітичного розрахунку припусків на зовнішню поверхню $\varnothing 177.22^{-0.17}_{\square}$ зведені в карту обліку припусків, таблиця 2.9:

Таблиця 2.9

$\varnothing 177.22$ $^{-0.17}_{\square}$	Параметри, мкм				$2Z_{\min}$ мк м	Розраху нковий розмір, мм	Допус к, мкм	Розмір, мм		Припуск, мкм	
	R_z	h	Δ	ε				d_{\max}	d_{\min}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовк а- штампув ання	40 0	40 0	20 25			183.924	2600	186. 500	183. 900		

точіння чорнове	25 0	24 0	12 2	0	565 0	178.274	460	178. 730	178. 270	777 0	5630
точіння чистове	40	40	5	0		177.050	170	177. 220	177. 050	151 0	1220
Td – Td = 2600 – 170 = 2430 = 2Z _{max} – 2Z _{min} = 9280 – 6850 = 2430										9280	6850

Результати аналітичного розрахунку припусків на поверхню 510^{-0.6} зведені в карту обліку припусків, таблиця 2.10:

Таблиця 2.10

510 ^{-0.6}	Параметри, мкм				2Z _{min} мкм	Розраху нковий розмір, мм	Допус к, мкм	Розмір, мм		Припуск, мкм	
	R _z	h	Δ	ε				d _{max}	d _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}
Заготовка - штампува ння	40 0	40 0	20 25			516.574	4200	520.4 70	516.2 70		
точіння чорнове	25 0	24 0	12 2	0	565 0	510.624	630	511.2 50	510.6 20	922 0	5630
точіння чистове	40	40	5	0		509.400	250	509.6 50	509.4 00	160 0	1220
Td – Td = 4200 – 250 = 3950 = 2Z _{max} – 2Z _{min} = 10820 – 6870 = 3950										1082 0	6870

2.5.2. Розрахунок допусків і операційних розмірів механічної обробки деталі «Кришка»

Розрахунок припусків і операційних розмірів деталі «Кришка» 56.1632.151. на відміну від деталі «Вал-шестерня» зробимо статистичними (табличним) методом.

Статистичний (табличний) метод визначення міжопераційних припусків полягає в тому, що за спеціальними таблицями нормативів вибирають загальний припуск на кожен поверхню деталі, отримуючи, таким чином, розмір заготовки. Розрахунок починають з останнього переходу обробки, значення найменших рекомендованих припусків вибираємо з довідника [6, с.586] і [4, с.214].

Розрахунок операційних розмірів, допусків і операційних припусків деталі «Кришка» зведений в таблицю 2.11:

Таблиця 2.11

МОП	Припуск, мм	Розрахунковий розмір, мм	допуск, мм	Розмір, мм		Припуск, мм	
				d_{\max}	d_{\min}	Z_{\max}	Z_{\min}
Внутрішня поверхня $\varnothing 270H7^{+0.052}_{\square}$							
Заготівля-прокат		263.000	1.400	264.400	263.000		
Розточування черн.	6.1	269.100	0.810	269.910	269.100	6.100	5.510
Розточування предв.	0.7	269.800	0.210	270.010	269.800	0.700	0.100
Розточування чистий.	0.2	270.000	0.052	270.052	270.000	0.200	0.042
Внутрішня поверхня $\varnothing 200H7^{+0.046}_{\square}$							
Заготівля-прокат		194.000	1.400	195.400	194.000		
Розточування черн.	5.2	199.200	0.720	199.920	199.200	5.200	4.520
Розточування предв.	0.6	199.800	0.185	199.985	199.800	0.600	0.065
Розточування чистий.	0.2	200.000	0.046	200.046	200.000	0.200	0.061
Внутрішня поверхня $\varnothing 150H7^{+0.040}_{\square}$							
Заготівля-прокат		145.000	1.400	146.400	145.000		
Розточування черн.	4.3	149.300	0.630	149.930	149.300	4.300	3.530
Розточування предв.	0.5	149.800	0.160	149.960	149.800	0.500	0.030
Розточування чистий.	0.2	150.000	0.040	150.040	150.000	0.200	0.080
Торцева поверхня, пов'язана з розміром 25 ± 0.26							
Заготівля-прокат		27.740	1.400	29.140	27.740		
Фрезерування черн.	2.0	25.740	1.000	26.740	25.740	2.400	2.000
Фрезерування чистий.	1.0	24.740	0.520	25.260	24.740	1.480	1.000
Торцева поверхня, пов'язана з розміром $560_{-1.75}^{\square}$							

Заготівля-прокат		564.250	1.400	566.70 0	564.25 0		
Фрезерування черн.	6.0	558.250	1.750	560.00 0	558.25 0	6.700	6.000
Торцева поверхня, пов'язана з розміром 380 [□] _{-1.4}							
Заготівля-прокат		380.600	1400	382.00 0	380.60 0		
Фрезерування черн.	2.0	378.600	1400	380.00 0	378.60 0	2.000	2.000
Торцева поверхня, пов'язана з розміром 256 [□] _{-1.3}							
Заготівля-прокат		256.700	1400	258.10 0	256.70 0		
Фрезерування черн.	2.0	254.700	1300	256.00 0	254.70 0	2.100	2.000

2.6. Вибір технологічного обладнання

При виборі технологічного обладнання для кожної операції необхідно враховувати такі основні фактори: обсяг випуску деталей; тип виробництва; розміри деталей, розміри і розташування оброблюваних поверхонь; вимоги до точності, шорсткості поверхні та економічності обробки; необхідність найбільш повного використання верстатів по потужності і по завантаженню; простоту їх обслуговування; вартість верстатів і орієнтацію на вітчизняного виробника.

За своєю технічною характеристикою обраний верстат повинен відповідати наступним вимогам:

- робоча зона верстата повинна відповідати габаритам оброблюваної деталі;
- потужність, жорсткість і кінематичні можливості верстата повинні дозволяти вести роботу на оптимальних режимах різання;
- продуктивність верстата повинна відповідати заданим обсягом випуску вироби.

2.6.1. Вибір технологічного обладнання для обробки деталі «Вал-шестерня».

Для виготовлення деталі "Вал-шестерня» 46.1613.004. вибираємо такі верстати:

- фрезерно-центрувальний моделі МР-73, для операції 010;
- токарний моделі 16К20Ф3, для операцій 015 і 020;
- вертикально-фрезерний моделі 6Р11, для операції 025;
- зубофрезерний моделі 5370, для операції 030;
- кругло-шліфувальний моделі 3А161, для операції 035;

Наведемо технічні характеристики даних моделей верстатів:

Фрезерно-центрувальний верстат моделі МР-73, код 38167Х [8, с.465]

Розміри оброблюваної заготовки, мм	
- діаметр	25-225
- довжина	500-1250
Найбільший хід головок, мм	
- фрезерних	225
- свердлильних	60
Частота обертання фрези, об / хв	68-780
Чистота обертання свердла, об / хв	250-1600
Подача фрезерних головок, мм / хв (б / с)	20-500
Межі подач свердлильних головок, мм / об	0.037-0.175
Потужність електродвигуна, кВт	8.0; 2.0
Габарити верстата, мм	
- довжина	3250
- ширина	1450
- висота	1720
Маса верстата, кг	5350

Токарний верстат з ЧПК, моделі 16К20Ф3, код 381101 [3, с.16].

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки, мм:	
- над станиною	400
- над супортом	220
Найбільша довжина заготовки, мм	1000
Частота обертання шпинделя, об / хв.	12.5-2000
Число швидкостей шпинделя	22
Подача супорта, мм / хв:	
- поздовжня	3.0-1200
- поперечна	1.5-600

Число ступенів подач	Б / с
Швидкість швидкого переміщення супорта, мм / хв	
- поздовжнього	4800
- поперечного	2400
Потужність електродвигуна, кВт	10
Габаритні розміри, мм	
- довжина	3360
- ширина	1710
- висота	1750
маса, кг	4000

Вертикально-фрезерний верстат моделі 6P11, код 381611 [3, с.51]

Розміри робочої поверхні стола	250x100
	0
Внутрішній конус шпинделя 7:24	50
Число швидкостей шпинделя	16
Частота обертання шпинделя, об / хв	50-1600
Число подач столу	16
Подача столу, мм / хв	
поздовжня і поперечна	35-1020
вертикальна, револьверної головки	14-390
Швидкість швидкого переміщення стола, мм / хв	
поздовжня і поперечна	2900
вертикальна	1150
Потужність електродвигуна, кВт	5.5
Габаритні розміри, мм	
- довжина	1480
- ширина	1990
- висота	2360
маса, кг	2360

Горизонтальний зубофрезерний верстат моделі 5370, код триста вісімдесят одна тисяча п'ятсот сімдесят-дві [8, с.460].

Висота центрів над станиною, мм	500
Найбільша довжина обробки зубчастих коліс, мм	2000
Найбільший нарізати модуль черв'ячної фрезою, мм	16
Найбільше число нарізаються зубів	100
Найбільший кут нахилу зуба, що нарізають зубчастих коліс	45°
Найбільші розміри фрези	
діаметр, мм	300
довжина, мм	300
Число швидкостей шпинделя	9
Частота обертання шпинделя, об / хв	16-100

Число подач фрезерної головки	11
Межі подач фрезерної головки, мм / об	0.4-4.3
Потужність електродвигуна, кВт	10
Габаритні розміри, мм	
- довжина	5960
- ширина	2260
- висота	2400
маса, кг	22500
Кругло-шліфувальний верстат моделі 3A161, код 381311 [8, с.451].	
Найбільші розміри заготовки, мм:	
- діаметр	280
- довжина	1000
Найбільші розміри шліфування, мм	
- діаметр	250
- довжина	900
Швидкість автоматичного переміщення столу (б / с), м / хв	0.1-6
Частота обертання деталі, об / хв	63-400
Частота обертання шліфувального круга, об / хв	2100
Потужність електроприводу, кВт	7.5
Габаритні розміри, мм	
- довжина	4100
- ширина	2100
- висота	1560
маса, кг	4500

2.6.2. Вибір технологічного обладнання для обробки деталі «Кришка»

Для виготовлення деталі «Кришка» 56.1632.151. вибираємо такі верстати:

- вертикально-фрезерний моделі 6560МФ3, для операцій 010, 015 і 020;
- вертикально-свердлильний моделі 2Г175М, для операції 030;
- поздовжньо-фрезерний моделі 6Г610, для операції 055;

Наведемо технічні характеристики даних моделей верстатів:

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК моделі 6560МФ3, код 381612 [3, с.53]

Розміри робочої поверхні стола, мм	630x1600
Найбільші переміщення столу, мм:	
- поздовжнє	1250

- поперечне	630
- шпindelьної бабки	775
Внутрішній конус шпинделя	50
Число швидкостей шпинделя	22
Частота обертання шпинделя, об / хв	5.6-2000
Подача столу і шпindelьної бабки, мм / хв	0.1-4800
Швидкість швидкого переміщення, мм / хв	
- столу	9600
- шпindelьної бабки	9600
Потужність електроприводу, кВт	15
Габаритні розміри, мм	
- довжина	3440
- ширина	3490
- висота	4220
маса, кг	16500

Вертикально-свердлильний верстат моделі 2Г175М, код 381213 [3, с.20].

Розміри робочої поверхні стола, мм	710x1250
Найбільший умовний діаметр свердління, мм	75
Виліт шпинделя, мм	200-760
Найбільше вертикальне переміщення свердлильної головки, мм	500
Конус Морзе отвору шпинделя	1, 2, 3
Число швидкостей шпинделя	12
Частота обертання шпинделя, об / хв	22-1000
Число подач шпинделя	12
Подача шпинделя, мм / об	0.05-2.24
Потужність електроприводу, кВт	11
Габаритні розміри, мм	
- довжина	1500
- ширина	1800
- висота	3650
маса, кг	5000

Поздовжньо-фрезерний верстат моделі 6Г610, код 381 667 [3, с.58].

Розміри робочої поверхні стола, мм	1000x315
	0
Найбільша маса оброблюваної заготовки, кг	6000
Число шпindelьних бабок:	
- горизонтальних	2
- вертикальних	2
Відстань між торцями горизонтальних шпинделів, мм	750-1250
Відстань до поверхні столу, мм:	
- від осі горизонтального шпинделя	25-900
- від торця вертикального шпинделя	25-1130
Число швидкостей шпинделя	20

Частота обертання шпинделя, об / хв	16-1250
Подача столу і шпиндельної бабки, мм / хв	10-1000
Потужність електроприводу, кВт	18.5x4
Габаритні розміри, мм	
- довжина	8700
- ширина	5000
- висота	4050
маса, кг	35000

2.7. Детальна розробка структури операцій механічної обробки.

Основна мета детальної розробки технологічної операції - розробка технологічної документації, що містить повну інформацію про зміст операції, її технологічному і метрологічному оснащенні, трудовитратах.

Вихідними даними, визначальними послідовність операцій і їх призначення, є технологічні маршрути виготовлення деталей, наведені в таблицях 2.5 і 2.6.

2.7.1. Детальна розробка структури операцій механічної обробки деталі «Вал-шестерня».

Виготовлення деталі "Вал-шестерня» 46.1613.004. передбачає сім технологічних операцій. Одна з них, заготівельна, буде виконуватися поза проєктованого цеху. Детально розробимо шість операції механічної обробки, присвоївши їм позначення, прийняті в технологічній документації.

Операція 010. Фрезерно-центровальна, код 4221.

Верстат моделі МР-73, код 38167Х.

Вставлення:

Лещата самоцентрувальні, код 396181.

Зміст операції:

1. Встановити і закріпити деталь;
2. Фрезерувати торці в розмір 850 ± 1.0 ;

3. центрованим отвір $\varnothing 12$, тип В, глибиною 26.2 мм з двох сторін одночасно;

4. Зняти деталь.

Ріжучий інструмент:

Фреза торцева $\varnothing 200$, $Z = 12$, Т5К10, ТУ 2-035-874-82, код 391801;

центровий свердел $\varnothing 12$ тип В, Р6М5, ГОСТ 14952-75, код 391290.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-I-1000-0.05, ГОСТ 166-89, код 393311.

Операція 015. Токарська зі ЧПК, код 4110.

Токарний верстат з ЧПК, моделі 16К20Ф3, код 381101.

пристосування:

Диск приводу, код 396110.

Центри, код 392841.

Зміст операції:

1. Встановити деталь в центрах і закріпити.

2. Точити начорно за програмою до $\varnothing 121.81 \square_{-0.35}$ на довжині 84 ± 0.5 ; підрізати торець в розмір $516 \square_{-1.5}$; до $\varnothing 178.73 \square_{-0.46}$ на довжині $515 \square_{-1.5}$;

3. Точити начисто за програмою фаску $2 \times 45^\circ$; до $\square 120.37 \square_{-0.14}$ на довжині 85; підрізати торець в розмір $515 \square_{-1.0}$; витримавши $R3 \pm 0.2$; фаску $6 \times 45^\circ$; до $\square 177.22 \square_{-0.17}$ на довжині $515 \square_{-1.0}$;

4. Зняти деталь.

Ріжучий інструмент:

Різець прохідний, Т5К10, ГОСТ 21151-75, код 392190;

Різець копіювальний, Т15К6, ГОСТ 20872-80, код 392190.

Вимірювальний інструмент:

Скоба-калібр $120.37 \square_{0.14}$, $177.22 \square_{0.17}$ код 393120;

Шаблон лінійний на довжині $515 \square_{-1.0}$ код 393200.

Операція 020. Токарська зі ЧПК, код 4110.

Токарний верстат з ЧПК, моделі 16К20Ф3, код 381101.

Пристрої:

Диск приводу, код 396110.

Центри, код 392841.

Зміст операції:

1. Встановити деталь в центрах і закріпити.
2. Точити начорно за програмою до $\varnothing 121.81 \square_{-0.35}$ на довжині 89 ± 0.5 ; підрізати торець в розмір $160 \square_{+1.0}$; до $\varnothing 141.9 \square_{-0.4}$ на довжині $160 \square_{+1.0}$; підрізати торець в розмір $511 \square_{-1.0}$;
3. Точити начисто за програмою фаску $2 \times 45^\circ$; до $\varnothing 120.37 \square_{-0.14}$ на довжині 85; витримавши $R3 \pm 0.2$; до $\varnothing 140.42 \square_{-0.16}$ на довжині $160 \square_{+1.0}$; підрізати торець в розмір $510 \square_{-0.6}$, Витримавши R3;
- 4 Зняти деталь.

Ріжучий інструмент:

Різець прохідний, T5K10, ГОСТ 21151-75, код 392190;

Різець копіювальний, T15K6, ГОСТ 20872-80, код 392190.

Вимірювальний інструмент:

Скоба-калібр $\varnothing 120.37 \square_{-0.14}$, $\varnothing 140.42 \square_{-0.16}$ код 393120;

Шаблон лінійний на довжині $510 \square_{-0.6}$ код 393200.

Операція 025. Шпони фрезерна, код 4261.

Вертикально-фрезерний верстат моделі 6P11, код 381611.

Пристрої:

Спеціальне призматичне пристосування з гідрозажіма, код 396181.

Зміст операції:

1. Встановити і закріпити деталь;
2. Фрезерувати шпонкові паз 36P9 $\square_{+0.088}^{+0.026}$, На довжині $160 \square_{+1.0}$, Глибиною $12 \square_{+0.3}$;
3. Зняти деталь.

Ріжучий інструмент.

Фреза шпонкова $\varnothing 36$, T15K6, ГОСТ 6396-78, код 391801.

Вимірювальний інструмент.

Пробка-калібр $\varnothing 36P9$, ГОСТ 17180-70, код 393120;

Лінійка ШП-1-1000, ГОСТ 8026-75, код 393510.

Операція 030. Зубофрезерний, код 4153.

Горизонтальний зубофрезерний верстат моделі 5370, код триста вісімдесят одна тисяча п'ятсот сімдесят-дві

пристосування:

Спеціальне призматичне пристосування з гідрозажіма, код 396181.

Зміст операції:

1. Встановити і закріпити деталь;
2. Фрезерувати зуби $m = 12$, $z = 12$;
3. Зняти деталь;

Ріжучий інструмент.

Черв'ячна фреза ГОСТ 9324-80, код 391810.

Вимірювальний інструмент.

Зубоміри ТУ-2-034-773-84, код 394300.

Операція 035. Кругло-шліфувальна, код 4131.

Верстат моделі 3А161, код 381311.

пристосування:

Диск приводу, код 396110.

Центри, код 392841.

Зміст операції:

1. Встановити деталь в центрах.
2. Шліфувати до $\varnothing 120.114 \begin{matrix} \square \\ -0.054 \end{matrix}$ на довжині 85, попередньо;
3. Шліфувати до $\varnothing 120k6 \begin{matrix} \square \\ +0.025 \\ +0.003 \end{matrix}$ на довжині 85, начисто;
4. Переустановити деталь.
5. Шліфувати до $\varnothing 120.114 \begin{matrix} \square \\ -0.054 \end{matrix}$ на довжині 90, попередньо;
6. Шліфувати до $\varnothing 120s7 \begin{matrix} \square \\ +0.132 \\ +0.092 \end{matrix}$ на довжині 165 ± 0.5 , начисто;
7. Шліфувати до $\varnothing 120k6 \begin{matrix} \square \\ +0.025 \\ +0.003 \end{matrix}$ на довжині 90, начисто;

8. Зняти деталь.

Ріжучий інструмент:

Шліфувальний круг ПП 600 * 63 * 305, 14A50C26CM1K7, ГОСТ 2424-83, код 398110.

Вимірювальний інструмент:

Скоба-калібр Ø120k6, Ø140s7 ГОСТ 17181-70, код 393120.

2.8. Визначення режимів обробки.

Визначення режимів обробки є найбільш відповідальним етапом, який визначає продуктивність технологічного процесу і продуктивність обробки. До режимам обробки на металорізальних верстатах відносять режими різання. Вихідними даними для визначення режимів різання є технологічні маршрути виготовлення деталей, наведені в таблицях 2.5 і 2.6. і карти обліку припусків на обробку, наведені в таблицях 2.7-2.11.

2.8.1. Визначення режимів обробки деталі "Вал-шестерня».

Методика визначення режимів обробки деталі "Вал-шестерня» 46.1613.004. аналітичним методом розглянута на прикладі операції 010, фрезерно-центрувальної.

Перехід №1 - фрезерувати торці в розмір 850 ± 1.0 :

1. глибина різання $t = 4.0$ мм, [табл. 2.2.];
2. Подача при чорновому фрезеруванні $S_z = 0.12$ мм / зуб, [3, С.283];
3. Рекомендована швидкість різання:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \quad K_v = \frac{332 \cdot 200^{0.2}}{240^{0.2} \cdot 4^{0.1} \cdot 0.12^{0.4} \cdot 127^{0.2} \cdot 12^0} \cdot 0.74 = 184 \text{ м/хв}, \quad (2.32)$$

де C_v - коефіцієнт у формулі швидкості різання, $C_v = 332$, [3, с.286];

q, x, y, u, p, m - показники ступеня у формулі швидкості різання,

$$q = 0.2, x = 0.1, y = 0.4, u = 0.2, p = 0, m = 0.2, \quad [3, \text{с.286}];$$

D - діаметр фрези, $D = 200$ мм;

z - число зубів фрези, $z = 12$;

B - ширина фрезерування, $B = 127$ мм;

T - стійкість фрези, $T = 240$, [8, с.320];

K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} K_{pv} K_{iv} = 1 \left(\frac{750}{530} \right)^1 0.8 0.65 = 0.74, \quad (2.33)$$

де K_{mv} - коефіцієнт на оброблюваний матеріал;

K_{pv} - коефіцієнт на стан поверхні, $K_{pv} = 0.8$, [3, с.263];

K_{iv} - коефіцієнт на матеріал інструменту, $K_{iv} = 0.65$, [3, с.263];

4. Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 V}{\pi D} = \frac{1000 184}{3.14 200} = 293 \text{ об / хв.} \quad (2.33)$$

За паспортом верстата приймаємо $n = 308$ об / хв;

5. Основний час:

$$T_0 = \frac{L+l}{S_z z n} = \frac{127+33}{0.12 12 308} = 0.36 \text{ хв.}, \quad (2.34)$$

де l - величина врізання фрези, $l = 33$ мм, [8, с.330];

6. Головна складова сили різання P_z :

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{mp} = \frac{10 825 4^1 0.12^{0.75} 127^{1.1} 12}{200^{1.3} 308^{0.2}} \left(\frac{530}{750} \right)^{0.3} = 8660$$

Н, (2.35)

де K_{mp} - поправочний коефіцієнт на матеріал обробки;

C_p, q, x, y, u, w - коефіцієнт і показники ступеня у формулі сили P_z ,

$C_p = 825, q = 1.3, x = 1.0, y = 0.75, u = 1.1, w = 0.2$, [3, с.291];

7. Ефективна потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 60} = \frac{2060 184.0}{1020 60} = 6.2 \text{ кВт} \quad (2.36)$$

За паспортом верстата потужність приводу головного руху для кожної фрезерної головки складає 8.0 кВт.

Режими обробки для другого переходу операції 010, а також інших операцій механічної обробки деталі "Вал-шестерня» 46.1613.004. визначені табличним методом за допомогою нормативної літератури [8] і зведені в таблицю 2.12:

Таблиця 2.12

№ операції	№ переходу	t , мм	S_z , мм / зуб	$S_{об}$, мм / об	$S_{мин}$, мм / хв	n , об / хв	V , м / хв	$L_{обр}$, мм	$L_{р.х.}$, мм	T_0 , хв
010	1	4.0	0.12	1.44	443.5	308	184.0	127.0	160.0	0.36
	2	6.0	-	0.12	131.3	1050	15.0	26.2	31.2	0.24
										0.60
015	1	4.6	-	0.76	121.6	160	93.7	632.0	657.0	5.40
	2	0.75	-	0.28	112.0	400	226.0	632.0	657.0	8.87
										11.27
020	1	4.6	-	0.76	121.6	160	93.7	285.0	310.0	2.55
	2	0.75	-	0.28	112.0	400	226.0	285.0	310.0	2.77
										5.32
025	1	0.3	-	1.10	280.0	255	28.0	6400	4960	17.71
030	1	24.0	-	2.50	100.0	40	21.3	250.0	280.0	33.60
035	1	0.13	-	0.42	31.5	75	28.2	85.0	120.0	3.81
	2	0.04	-	0.33	25.2	75	28.2	85.0	120.0	4.76
	3	0.13	-	0.42	31.5	75	28.2	90.0	120.0	3.81
	4	0.14	-	0.42	31.5	75	33.0	165.0	195.0	6.19
	5	0.04	-	0.33	25.2	75	28.2	90.0	120.0	4.76

2.8.2. Визначення режимів обробки деталі «Кришка».

Методика визначення режимів обробки деталі «Кришка» 56.1632.151. аналітичним методом розглянута на прикладі операції 030, вертикально-свердильний.

Перехід №1 - свердлити 2 відп. $\varnothing 15.5$ мм під конічні штифти $\varnothing 16$ мм:

1. глибина різання $t = 7.75$ мм;
2. Подача при свердлінні $S = 0.36$ мм / об, [3, с.277];
3. Рекомендована швидкість різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m} \frac{D^q}{S_{об}^y} \quad K_v = \frac{9.8}{45^{0.2}} \frac{15.5^{0.4}}{0.36^{0.4}} \quad 1.2 = 24.6 \text{ м / хв}, \quad (2.37)$$

де C_v - коефіцієнт у формулі швидкості різання, $C_v = 9.8$, [3, с.278];

q , y , m - показники ступеня у формулі швидкості різання,

$q = 0.4$, $y = 0.4$, $m = 0.2$, [3, с.278];

T - стійкість свердла, $T = 45$, [3, с.279];

K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \quad K_{lv} \quad K_{iv} = 1 \left(\frac{750}{530} \right)^1 \quad 0.85 \quad 1.0 = 1.2, \quad (2.38)$$

де K_{mv} - коефіцієнт на оброблюваний матеріал;

K_{lv} - коефіцієнт на глибину свердління, $K_{lv} = 0.85$, [3, с.280];

K_{iv} - коефіцієнт на матеріал інструменту, $K_{iv} = 1.0$, [3, с.263];

4. Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000}{\pi} \frac{V}{D} = \frac{1000}{3.14} \frac{24.6}{15.5} = 505 \text{ об / хв}. \quad (2.39)$$

За паспортом верстата приймаємо $n = i \quad 500$ об / хв;

5. Основний час:

$$T_0 = \frac{L+l}{S_{об} \quad n} = \frac{50+5.0}{0.36 \quad 500} = 0.31 \text{ хв.}, \quad (2.40)$$

де l - величина врізання свердла, $l = 5.0$ мм, [8, С.329];

6. Обертаючий момент $M_{кр}$:

$$M_{кр} = 10 \quad C_M \quad D^q \quad S^y \quad K_{кр} = 10 \quad 0.0345 \quad 15.5^2 \quad 0.36^{0.8} \left(\frac{530}{750} \right)^{0.3} = 32.9 \quad \text{Нм},$$

(2.41)

де $K_{кр}$ - поправочний коефіцієнт на матеріал обробки;

C_M , q , y - коефіцієнт і показники ступеня у формулі крутного моменту,

$C_M = 0.0345$, $q = 2.0$, $y = 0.8$, [3, с.281];

030	1	7.7 5	-	0.36	400	19.5	50	55	0.31	0.62
	2	0.5	-	0.68	250	12.6	50	55	0.33	0.66
										1.28
035	1	3.0	0.11	1.32	400	251.2	1150	1170	2.22	2.22
	2	6.1	-	0.50	125	105.2	90	100	1.60	1.60
	3	0.7	-	0.19	315	267,9	90	100	1.67	1.67
	4	0.2	-	0.06	400	105.5	90	100	4.17	4.17
	5	5.2	-	0.50	160	100.0	90	100	1.25	1.25
	6	0.6	-	0.19	400	187.6	90	100	1.32	1.32
	7	0.2	-	0.06	630	245.7	90	100	2.65	2.65
	8	4.3	-	0.60	250	118.3	90	100	0.67	0.67
	9	0.5	-	0.19	630	297.1	90	100	0.84	0.84
	10	0.2	-	0.06	800	377.4	90	100	2.08	2.08
	11	5.5	-	0.12	125	106.7	5.5	11	0.70	0.70
	12	5.5	-	0.12	200	126.5	5.5	11	0.44	0.44
	13	5.5	-	0.12	250	118.0	5.5	11	0.35	0.35
										19.96

2.9. Нормування операцій.

Нормування технологічного процесу здійснюється по кожній верстатної операції методом технологічного розрахунку по нормативній літературі. Вихідними даними для нормування технологічного процесу є технологічні маршрути виготовлення деталей, наведені в таблицях 2.5 і 2.6. і встановлені режими обробки, наведені в таблицях 2.12-2.13.

2.9.1. Нормування операцій обробки деталі «Вал-шестерня».

Нормування операцій механічної обробки деталі «Вал-шестерня» 46.1613.004. здійснено за допомогою нормативної літератури [7]. Методику нормування розглянемо на прикладі операції 010, фрезерно-центрувальної.

• Штучний час на операцію:

$$T_{шт} = T_0 + T_e + T_{об} + T_{пп} = 0.60 + 6.89 + 0.7 = 8.19 \text{ хв}, \quad (2.44)$$

де T_0 - основне (технологічне) час, $T_0 = 0.60$ хв;

T_e - допоміжний час на операцію:

$$T_e = T_{e.yu} + T_{e.oo} + T_{e.cc} + T_{e.xx} + T_{e.ин} = 2.6 + 3.09 + 0.48 + 0.10 + 0.62 = 6.89 \text{ хв}, \quad (2.45)$$

де $T_{e.yc}$ - час на установку і зняття деталі, $T_{e.y} = 2.60$ хв [7, с.77];

$T_{e.оп}$ - час, пов'язане з операцією, $T_{e.оп} = 3.09$ хв [7, с.79];

$T_{e.см}$ - час на зміну інструменту, $T_{e.см} = 0.48$ хв;

$T_{e.xx}$ - час холостих ходів інструменту, $T_{e.xx} = 0.10$ хв;

$T_{e.из}$ - час на контрольні вимірювання, $T_{e.из} = 0.62$ хв [7, с.84];

$T_{об}$ - час на обслуговування робочого місця;

$T_{нп}$ - час нормованих перерв;

$$T_{об} + T_{нп} = 0.09 (T_0 + T_e) = 0.09 (0.96 + 6.89) = 0.70 \text{ хв} \quad (2.46)$$

• Штучно-калькуляційний час:

$$T = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_3} = 8.19 + \frac{34.0}{4} = 16.69 \text{ хв}, \quad (2.47)$$

де $T_{пз}$ - підготовчо-заклучний час, $T_{пз} = 34.0$ хв. [7, с.101];

n_3 - розмір партії запуску у виробництво:

$$n_3 = \frac{N}{F_0} (1 + 0.1) = \frac{1000}{260} (1 + 0.1) = 4 \text{ дет}, \quad (2.48)$$

де F_0 - дійсний річний фонд часу, $F_0 = 260$ днів;

N - річна програма випуску, $N = 1000$ штук;

Результати нормування інших операцій механічної обробки деталі "Вал-шестерня» 46.1613.004. зведені в таблицю 2.14:

Таблиця 2.14

№ операції	T_0 , хв	T_e , хв	$T_{об} + T_{нп}$, хв	$T_{шт}$, хв	$T_{пз}$, хв	$T_{шк}$, хв
010	0.60	6.89	0.70	8.19	34.00	16.69
015	11.27	5.14	1.48	17.89	25.50	24.27
020	5.32	5.02	0.93	11.27	25.50	17.65
025	17.71	3.59	1.92	23.22	43.30	34.05
030	33.60	9.34	3.86	46.80	27.00	53.55
035	23.33	14.47	3.40	41.20	37.50	50.58

2.9.2. Нормування операцій обробки деталі «Кришка».

Нормування операцій механічної обробки деталі «Кришка» 56.1632.151. здійснено за допомогою нормативної літератури [7]. Методику нормування розглянемо на прикладі операції 010, вертикально-фрезерної.

•Штучний час на операцію:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_e + T_{\text{об}} + T_{\text{пп}} = 15.81 + 9.86 + 2.31 = 27.98 \text{ хв},$$

де T_0 - основне (технологічне) час, $T_0 = 15.81$ хв;

T_e - допоміжний час на операцію:

$$T_e = T_{e.yu} + T_{e.oo} + T_{e.cc} + T_{e.xx} + T_{e.ии} = 2.60 + 3.34 + 0.40 + 0.20 + 0.32 = 9.86 \text{ хв},$$

де $T_{e.yc}$ - час на установку і зняття деталі, $T_{e.y} = 2.6$ хв [7, с.77];

$T_{e.оп}$ - час, пов'язане з операцією, $T_{e.оп} = 6.34$ хв [7, с.79];

$T_{e.см}$ - час на зміну інструменту, $T_{e.см} = 0.40$ хв;

$T_{e.xx}$ - час холостих ходів інструменту, $T_{e.xx} = 0.2$ хв;

$T_{e.из}$ - час на контрольні вимірювання, $T_{e.из} = 0.32$ [7, с.84];

$T_{об}$ - час на обслуговування робочого місця;

$T_{пп}$ - час нормованих перерв;

$$T_{об} + T_{пп} = 0.09 (T_0 + T_e) = 0.09 (15.81 + 9.86) = 2.31 \text{ хв}$$

•Штучно-калькуляційний час:

$$T = T + \frac{T}{n_3} = 27.98 + \frac{52.80}{4} = 41.18 \text{ хв},$$

де $T_{пз}$ - підготовчо-заключний час, $T_{пз} = 52.80$ хв. [7, с.102];

n_3 - розмір партії запуску у виробництво:

$$n_3 = \frac{N}{F_0} (1+0.1) = \frac{1000}{260} (1+0.1) = 4 \text{ дет},$$

де F_0 - дійсний річний фонд часу, $F_0 = 260$ днів;

N - річна програма випуску, $N = 1000$ штук;

Результати нормування інших операцій механічної обробки деталі «Кришка» 56.1632.151. зведені в таблицю 2.15:

Таблиця 2.15

№ операції	T_0 , хв	T_e , хв	$T_{об}+T_{шт}$, хв	$T_{шт}$, хв	$T_{пз}$, хв	$T_{шк}$, хв
010	15.81	9.86	2.31	27.98	52.80	41.18
015	4.56	6.32	0.98	11.86	46.20	23.41
020	27.18	14.50	3.75	45.43	61.00	60.68
030	1.28	5.72	0.63	7.63	18.50	12.25
035	19.96	18.29	3.44	41.69	56.50	55.82

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.

3.1. Проектування верстатного пристосування.

При фрезеруванні паза розмірами $36P9 \begin{matrix} \square^{+0.026} \\ +0.088 \end{matrix}$, Довжиною $160 \square^{+1.0}$, Глибиною $12 \square^{+0.3}$ на операції 025 (шпоночно-фрезерна) застосовано верстатне пристосування для установки деталі вал-шестерня на столі верстата. Розміри робочої поверхні стола 250×1000 мм, максимальна відстань торця шпинделя до робочої поверхні стола 450 мм.

На столі верстата є 3 Т-подібних паза розмірами: середній паз 18Н8 для базування верстатного пристосування; 2 крайніх паза, розмірами 18Н12, для закріплення пристосування болтами М16.

Деталь при обробці на вертикально-фрезерному верстаті 6Р11 повинна займати горизонтальне положення і базуватися за двома сходами вала $\emptyset 120.4 \square^{-0.14}$ і $\emptyset 140.4 \square^{-0.16}$ тому доцільно застосувати базові елементи - стандартні призми ГОСТ 12195-66 [9], для створення подвійний направляючої бази. Закріплення деталі проводиться прихопив. Затиск деталі механізований за допомогою стандартного гідроциліндра $\square 40$ мм, 7021-0129 ГОСТ 19899-74 [9]. Призми і гідроциліндр встановлені на корпусі пристосування, який має знизу дві стандартні шпонки 18×11 , довжиною 30 мм, ГОСТ 14787-69 [9] для створення направляючої технологічної бази.

3.2. Розрахунок точності пристосування.

Точність верстатного пристосування при фрезеруванні пазів шпон визначається за умовою:

$$\varepsilon \leq [\varepsilon],$$

де $[\varepsilon]$ - допустима величина похибки пристосування, мкм;

ε - дійсна величина похибки при обробці, мкм;

4. Допустима величина похибки залежить від прийнятої схеми базування, величини допуску на розмір і похибок механічної обробки:

$$[\varepsilon] = IT \quad K_y \quad w = 300 \quad 0.8 \quad 200 = 140 \text{ мкм}, \quad (3.1)$$

де IT - допуск на глибину паза, $IT = 300$;

K_y - коефіцієнт посилення точності обробки, $K_y = 0.3$;

w - середньо економічна точність фрезерування паза, $w = 200$

5. Дійсна похибка пристосування

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_n^2} = \sqrt{62.1^2 + 9.9^2 + 6.6^2} = 63.2 \text{ мкм}, \quad (3.2)$$

де ε_0 - похибка базування заготовки в призмах:

$$\varepsilon_0 = 0.5 \quad IT \quad \left(\frac{1}{\sin \alpha / 2} \quad 1 \right) = 0.5 \quad 300 \quad \left(\frac{1}{\sin 45} - 1 \right) = 62.1 \text{ мкм}; \quad (3.3)$$

ε_3 - похибка закріплення заготовки:

$$\varepsilon_3 = \left[\left(K_{Rz} \quad Rz + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right] \left(\frac{Q}{19.6 \quad L} \right)^m = \left[\left(0.005 \quad 20 + \frac{15}{260} \right) + 0.146 \right] \text{ мкм},$$

де HB - твердість матеріалу заготовки по Брінелю, $HB = 260$;

Q - сила, що діє по нормалі до опори, $Q = 4980 \text{ Н}$;

L - довжина твірної, по якій відбувається контакт, $L = 14 \text{ см}$;

Rz - параметр шорсткості поверхні, $Rz = 20 \text{ мкм}$;

K_{Rz} , K_{HB} , C_1 , m - поправочні коефіцієнти, $K_{Rz} = 0.005$, $K_{HB} = 15$,

$$C_1 = 0.146, \quad m = 0.7;$$

ε_n - похибка положення заготовки:

$$\varepsilon_n = \beta \sqrt{N} * \cos \gamma = 0.3 \quad \sqrt{1000} \quad \cos 45 = 6.6 \text{ мкм}, \quad (3.4)$$

де β - емпіричний коефіцієнт для розрахунку величини зносу базових поверхонь призми, $\beta = 0.3$;

N - річна програма випуску деталей, $N = 1000 \text{ шт.}$;

Умова $\varepsilon \leq [\varepsilon]$ виконується, тому що 63.2 140, отже обрана схема базування і закріплення заготовки і пристосування забезпечує задану точність обробки.

3.3 Визначення зусилля затиску

При фрезеруванні паза основна складова сил різання P_z спрямована паралельно осі деталі і подвійний направляючої бази.

Зусилля затиску:

$$P_3 = \frac{K_{Pz}}{f_1 + f_2} = \frac{2.5 \cdot 58.3}{0.16 + 0.16} = 455.5 \text{ Н}, \quad (3.5)$$

де K - коефіцієнт запасу при фрезеруванні шпоночної фрезою, $K = 2.5$;
 f_1, f_2 - коефіцієнт тертя в зоні контакту: деталь - призма, деталь - прихват,
 $f_1 = f_2 = 0.16$;

P_z - складова сил різання, [3, с. 282]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} = \frac{10 \cdot 12.5 \cdot 12^{0.85} \cdot 0.55^{0.75} \cdot 0.3^{1.0} \cdot 2}{36^{0.73} \cdot 250^{0.13}} \cdot 0.98 = 58.3 \text{ Н}, \quad (3.6)$$

де C_p - коефіцієнт у формулі розрахунку сил різання, $C_p = 12.5$;

t - глибина різання, $t = 12$ мм;

S_z - подача на зуб фрези, $S_z = 0.55$ мм / зуб;

B - ширина фрезерування, $B = 0.3$ мм;

z - число зубів фрези, $z = 2$;

D - діаметр фрези, $D = 36$ мм;

n - частота обертання фрези, $n = 250$ хв⁻¹;

K_{MP} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу заготовки, $K_{MP} = 0.98$ [3, с. 264];

x, y, u, q, w - показники ступеня у формулі для розрахунку сил різання, $x = 0.85, y = 0.75, u = 1.0, q = 0.73, w = -0.13$ [3, с. 291];

3.4. Розрахунок параметрів гідроциліндра.

Діаметр поршня гідроциліндра для закріплення заготовки:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 P_3}{\pi p \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 455.5}{3.14 \cdot 6.3 \cdot 10^6 \cdot 0.93}} = 0.010 \text{ м}, \quad (3.7)$$

де P - робочий тиск масла, $P = 6.3$ МПа;

η - коефіцієнт корисної дії гідроциліндра, $\eta = 0.93$;

На підставі розрахункових даних, в якості приводу затиску, приймаємо стандартний гідроциліндр 7021-0129 ГОСТ 19899-74 [9].

Технічна характеристика гідроциліндра:

Діаметр поршня - 40 мм;

Діаметр штока - 22 мм;

Хід поршня не більше - 50 мм;

3.5. Розрахунок пристосування на міцність.

Розрахунок пристосування на міцність проводиться по найбільш слабкій ланці при передачі зусилля затиску від гідроциліндра на деталь.

Креслення пристосування наведено на Листі 7. Найбільш слабкою ланкою є опорний болт прихвата, що працює на розрив. Міцність опори перевіряємо за умовою:

$$\sigma_p < [\sigma_p],$$

де $[\sigma_p]$ - допустиме напруження на розрив, $[\sigma_p] = 215$ МПа;

σ_p - реальна напруга діє на опорний болт прихвата:

$$\sigma_p = \frac{4 P}{\pi d_1^2} = \frac{4 \cdot 12.3}{3.14 \cdot 14.9^2} = 70.5 \text{ МПа}, \quad (3.8)$$

де P - сила, що діє на опору, $P = 12.3$ кН;

d_1 - внутрішній діаметр різьби, $d_1 = 14.9$ мм;

Оскільки $70.5 \text{ МПа} < 215 \text{ МПа}$, отже, по міцності на розрив опора прихвата з різьбленням М18 витримує зусилля затиску.

4. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Вплив режимів різання на шорсткість обробленої поверхні при торцевому фрезеруванні внаслідок виникнення вібрацій в системі інструмент-заготовка.

На шорсткість поверхні, обробленої різанням, впливає велика кількість чинників, пов'язаних з умовами виготовлення деталі. Зокрема висота і форма нерівностей, а також характер розташування та напрямки оброблювальні рисок залежать від прийнятого виду і режиму обробки; умов охолодження і мастила інструменту; хімічного складу і структури оброблюваного матеріалу; конструкції геометрії і стійкості РІ; типу і стану використовуваного обладнання, допоміжного інструменту та пристосувань.

Всі різноманітні фактори, що обумовлюють шорсткість обробленої поверхні, можна об'єднати в три основні групи:

6. причини, пов'язані з геометрією процесу різання;
7. пластична і пружна деформації оброблюваного матеріалу;
8. виникнення вібрацій РІ щодо оброблюваної поверхні.

На мій погляд, основною причиною впливає на величину параметра шорсткості є саме виникнення вібрацій РІ щодо оброблюваної поверхні. Це припущення і послужило основою для створення математичної моделі, яка дозволила описати поведінку динамічної системи «інструмент-заготовка».

У процесі різання виникають вимушені коливання в системі «інструмент-заготовка», що викликаються дією зовнішніх сил. Вимушені коливання системи обумовлюються недостатньою жорсткістю окремих механізмів верстата, які зазнають суттєвих навантажень під дією сил різання.

Реальна технологічна система верстата є системою замкнутої з великим числом зворотних зв'язків. При вирішенні технологічних завдань зручно перейти до системи складається з еквівалентної пружної системи (представленої як двомасових система: інструменту і заготовки) та процесу різання. Схема, що враховує всі перераховані вище нюанси, представлена на рис. 4.1.

Динамическая модель TS

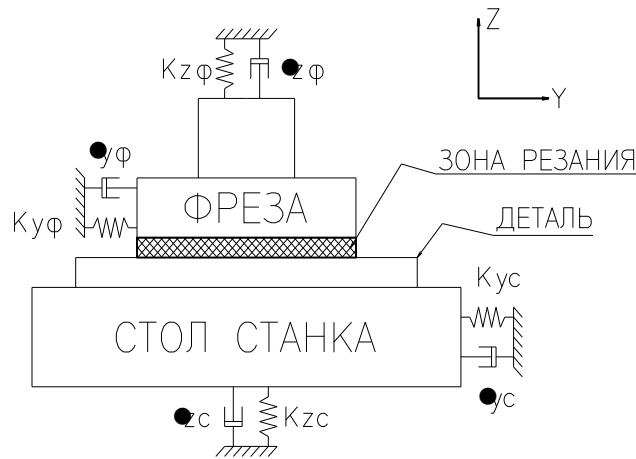


Рис. 4.1

Запропонована модель описується системою диференціальних рівнянь, що дозволяють визначити віброрухи заготовки та РІ за трьома напрямками:

$$\begin{aligned}
 m_{xc} \quad X_1'' \quad \lambda_{xc} \quad X_1' \quad k_{xc} \quad X_1 &= P_x \\
 m_{x\phi} \quad X_2'' \quad \lambda_{x\phi} \quad X_2' \quad k_{x\phi} \quad X_2 &= P_x \\
 m_{yc} \quad Y_1'' \quad \lambda_{yc} \quad Y_1' \quad k_{yc} \quad Y_1 &= P_y \\
 m_{y\phi} \quad Y_2'' \quad \lambda_{y\phi} \quad Y_2' \quad k_{y\phi} \quad Y_2 &= P_y \\
 m_{zc} \quad Z_1'' \quad \lambda_{zc} \quad Z_1' \quad k_{zc} \quad Z_1 &= P_z \\
 m_{z\phi} \quad Z_2'' \quad \lambda_{z\phi} \quad Z_2' \quad k_{z\phi} \quad Z_2 &= P_z
 \end{aligned}
 \tag{4.1}$$

Праві частини рівнянь є складові сил різання при торцевому фрезеруванні і визначаються аналітичним способом:

$$\begin{aligned}
 P_Z &= \frac{10 \quad C_p \quad t^X \quad S_z^Y \quad B^U \quad z}{D_\phi^Q \quad n^W} \left(\frac{\sigma_\epsilon}{750} \right)^n \\
 P_X &= 0.5 \quad P_Z \\
 P_Y &= 0.4 \quad P_Z
 \end{aligned}
 \tag{4.2}$$

В системі (4.1) прийняті наступні позначення:

X_1, Y_1, Z_1 - координати центру системи заготовки;

X_2, Y_2, Z_2 - координати центру системи інструменту;

m_{xc} , m_{yc} , m_{zc} - наведені маси системи заготовлі;

$m_{x\phi}$, $m_{y\phi}$, $m_{z\phi}$ - наведені маси системи інструменту;

λ_{xc} , λ_{yc} , λ_{zc} - коефіцієнти демпфірування системи заготовлі;

$\lambda_{x\phi}$, $\lambda_{y\phi}$, $\lambda_{z\phi}$ - коефіцієнти демпфірування системи інструменту;

k_{xc} , k_{yc} , k_{zc} - коефіцієнти жорсткості системи заготовлі;

$k_{x\phi}$, $k_{y\phi}$, $k_{z\phi}$ - коефіцієнти жорсткості системи інструменту;

Неважко бачити, що на параметр шорсткості впливають значення координат центру ваги заготовки та інструменту в вертикальному напрямку, тобто по осі Z .

Для вирішення системи ДУ (4.1) був використаний спеціалізований математичний пакет «МАТНЕМАТІСА 7.0». Модель була випробувана в рамках виконання дипломного проекту наступним чином.

Площина роз'єму деталі «Кришка» 56.1632.151. після чистового фрезерування повинна відповідати вимогам до параметру шорсткості $R_a = 2.5$. Було поставлено завдання - перевірити чи забезпечать режими різання, обрані по нормативній літературі [7], необхідне значення параметра шорсткості.

Вихідними даними послужили режими різання, зведені в таблицю 4.1:

Таблиця 4.1.

D_{ϕ} , мм	B , мм	t , мм	S_z , Мм / зуб	z	n , Об / хв
200	110	1.00	0.06	20	500

Коливання координати центру системи заготовлі у вертикальному напрямку (мкм) представлені на рис. 4.2:

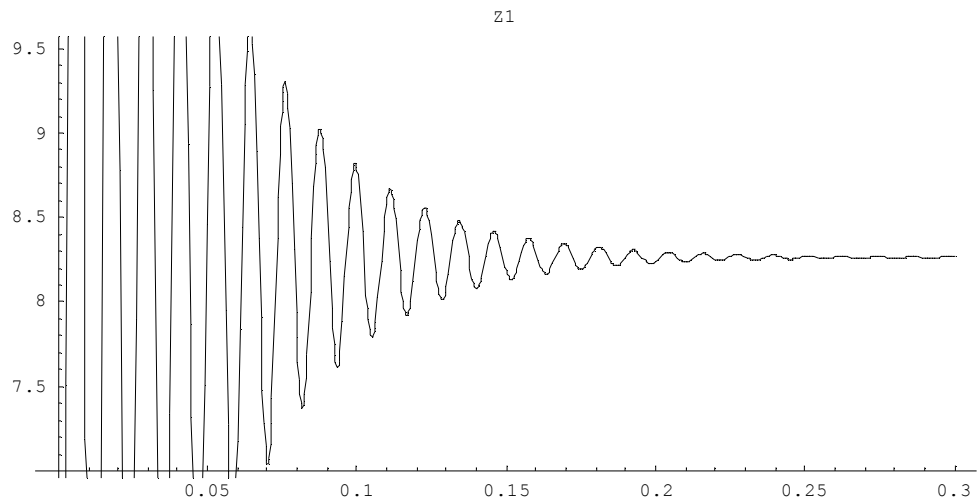


Рис. 4.2

Коливання координати центру системи інструменту у вертикальному напрямку (мкм) представлені на рис. 4.3:

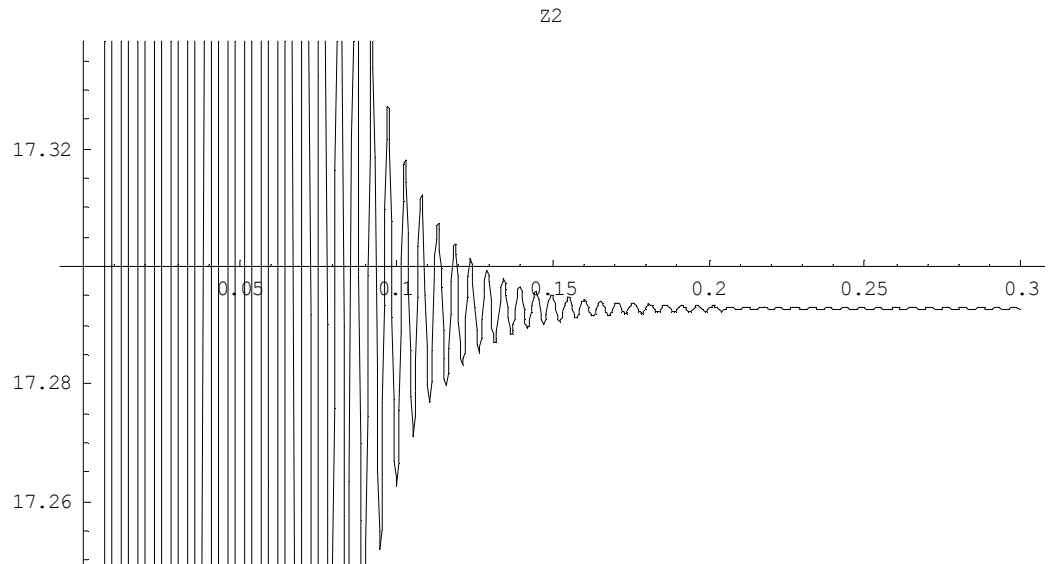


Рис. 4.3

Як видно з отриманих результатів ступінь стійкості (здатність розсіювати енергію, що вноситься зовнішнім впливом і оцінювану по швидкості загасання відхилень в перехідних процесах) технологічної системи в даному випадку характеризується тривалістю загасання коливань, і при обраних режимах різання становить $t_{\text{затухання}} \approx 0.3$ с.

Відносні коливання системи «інструмент-заготовка» в вертикальному напрямку і які становлять параметр шорсткості поверхні R_z (Мкм) представлені на рис. 4.4:

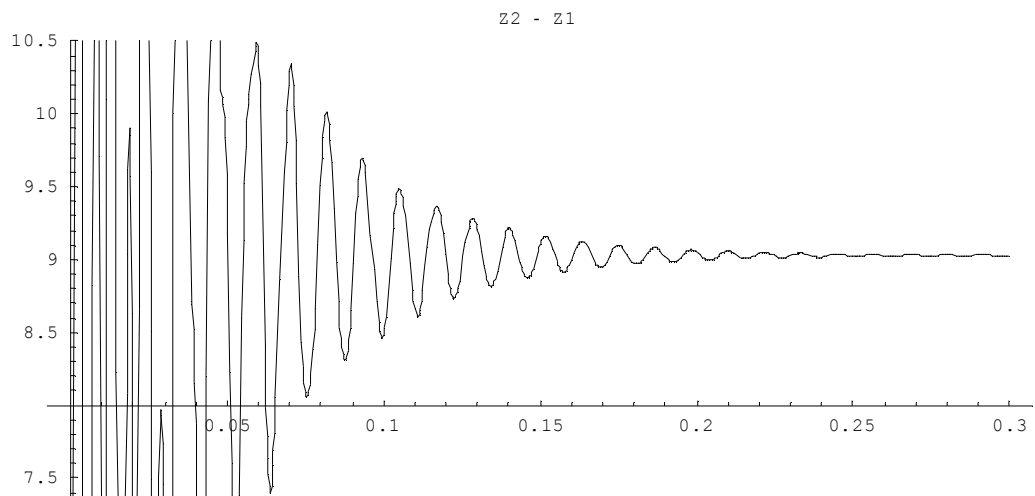


Рис. 4.4.

Використовуючи відоме співвідношення $R_a \approx R_z / 4$, Отримуємо цікавий для нас параметр шорсткості, який буде поширюватися на всю оброблену поверхню після завершення перехідного процесу (0.3 с):

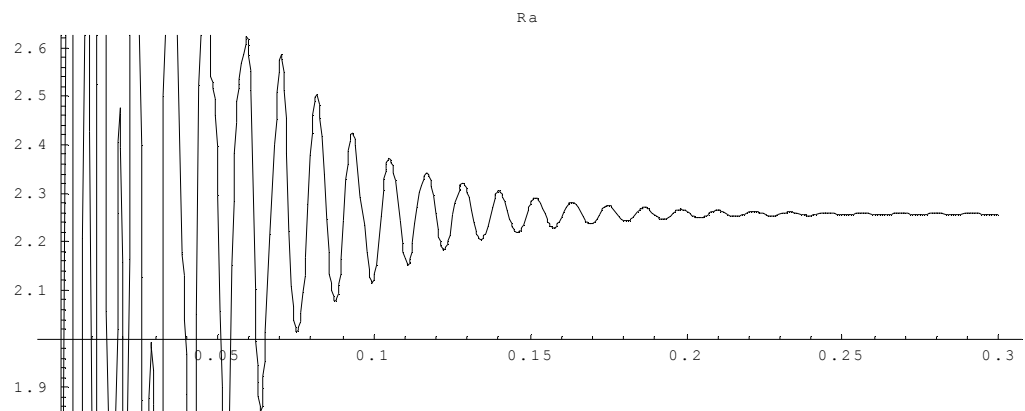


Рис. 4.5

Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки:

- режими різання, вибрані за допомогою нормативної літератури [8], забезпечують дотримання конструкційних вимог, що пред'являються до деталі;

- розроблена математична модель і її програмна реалізація адекватно поведуться при випробувальних розрахунках, що говорить про їх працездатності;
- технологічного процесу оптимізувати умови різання як по режимним параметрам і її системи.

5 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

5.1 Розробка керуючої програми.

Токарська обробка деталі «Вал-шестерня» 46.1613.004 виконується на токарно-револьверних верстатах з ЧПК, оснащених оперативної системою управління «Електроніка НЦ-31». Цей пристрій призначений для оснащення токарних верстатів зі зміною інструменту. Можна визначати геометричній інформації в збільшеннях і абсолютних координатах. Пристрій включає в себе двох координатний лінійно-кругової інтерполятор, забезпечує корекцію положення інструменту.

Всього керуючих координат - 2, одночасно керованих - 2.

Формат УП:

$$N3G2X \pm (42;32;22)Z \pm (42;32;22)J \pm (42;32;22)K(42;32;22)F5M3S3T3$$

Особливістю системи є її компактність, відсутність носія програм на перфоленті і поєднання можливостей універсального токарного верстата з верстатом з ЧПК. Вона забезпечує:

- можливість введення програми, налагодження та редагування програми обробки безпосередньо на верстаті з використанням клавіатури;
- нагляду за виконанням Програми за допомогою табло цифрової індикації;
- зберігання програм в оперативній пам'яті і можливість перенесення програм з касети зовнішньої пам'яті.

Вихідні дані для обробки оформляються у вигляді таблиці. Необхідні корективи за результатами обробки першої деталі вводяться в програму за рахунок зміни вихідних даних.

Виконаємо розробку керуючої програми на операцію № 015, для якої розроблено і карта технологічної налагодки.

За нульову точку, тобто нуля координат деталі приймаємо точку на перетині осі обертання шпинделя і площині правого торця. Вихідна точка програми характеризується тим, що з неї інструмент підводиться до деталі на початку

обробки і в неї повертається після завершення обробки. Схема базування заготовки на даній операції і схема руху інструменту з вихідної точки для всієї операції представлені на карті налагодження [Лист 2].

Програмування ведеться в абсолютній системі координат. Вихідними даними для програмування є координати опорних точок з урахуванням радіуса ріжучої частини різця і параметри режиму різання.

Запис керуючої програми з коментарями змісту кадру програми представлена в таблиці 2.16:

Таблиця 2.16

НОМЕР КАДРУ	ЗМІСТ	КОМЕНТАР
0	M3	включення шпинделя
1	M39	Вибір частотного діапазону
2	S4	Завдання частоти обертання шпинделя $n = 160$ об / хв
3	F76	Завдання робочої подачі $S = 0.76$ мм / об
4	M8	включення MOP
5	T1	Вибір різця, що знаходиться в першій позиції РГ
6	Z + 500~	Підведення різця на прискореному ході по осі Z в т.1
7	X + 12180~	Підведення на прискореному ході по осі X в т.1
8	Z-8425	Переміщення на робочій подачі по осі Z з т.1 в т.2.
9	X + 17870	переміщення на робочій подачі по осі X з т.2 в т.3
10	Z-60000	Переміщення на робочій подачі по осі Z з т.3 в т.4
11	X + 20000	переміщення на робочій подачі по осі X з т.4 в т.5
12	Z + 20000~	Прискорений відведення по осі Z в вихідну т.0
13	T2	Вибір різця, що знаходиться в другій позиції РГ
14	M39	Вибір частотного діапазону
15	S7	Завдання частоти обертання шпинделя $n = 400$ об / хв
16	F28	Завдання робочої подачі $S = 0.28$ мм / об
17	Z + 100~	Підведення різця на прискореному ході по осі Z в т.1
18	X + 11600~	Підведення на прискореному ході по осі X в т.1
19	X12040- 45□	Виконання фаски $2 \times 45^\circ$ з виходом по осі X в т.2
20	Z -8500	Переміщення на робочій подачі по осі Z з т.2 в т.3.
21	X + 17122	переміщення на робочій подачі по осі X в т.4

22	X17722- 45□	Виконання фаски 6x45□ з виходом по осі X в т.5
23	Z-60000	Переміщення на робочій подачі по осі Z з т.5 в т.6
24	X 20000	+ переміщення на робочій подачі по осі X з т.6 в т.7
25	Z 20000~	+ Прискорений відведення по осі Z в вихідну т.0
26	M9	вимкнення MOP
27	M5	вимкнення шпинделя
28	M30	кінець програми

ЛІТЕРАТУРА

1. Нефедов Н.А. Дипломное проектирование в машиностроительных техникумах - М I Высшая школа, 1986
2. Материалы в машиностроении Т. 1... 5./Под ред. Проф. Кудрявцева Н.В., М I Машиностроение, 1967
3. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 1,2/Под ред. Косиловой А.Г. и I Мещерякова Р.К - М.. Машиностроение, 1985
4. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 1. /Под ред. Малова А.Н. М.: [Машиностроение, 1973. 5. Нефедов Н.А , Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. -Машиностроение, 1990.
5. Дипломное проектирование по технологии машиностроения./Под ред. Бабука В.В. - Минск. Высшая школа, 1979.
7. Metallорежущие станки с ЧПК. Каталог. - М.: НИИмаш, 1988.
8. Косилова Л.Г. и др. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении Справочник. -М.: Машиностроение, 1976.
9. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/Под ред. М И Панова, 1989
10. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник. -Л. Машиностроение, 1985 И. Маталин А.А. Точность механической обработки и проектирования технологических процессов. -Л.: Машиностроение, 1970.
12. Ансеров Н.А Приспособления для металлорежущих станков. -М : Машиностроение, 1975.
13. Горошкин Л.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник. -М.: Машиностроение, 1979.
14. Суворов А.А., Зайдлин Г.С., Стискин Г.М. Металлорежущий инструмент. Альбом. - М.: Машиностроение, 1979
15. Белоусов А.П., Дашенко А.Л. Основы автоматизации производства в машиностроении -М/ Высшая школа, 1989.
16. Автоматизация процессов машиностроения./Под ред. Дашенко А.П.-М.:

Высшая школа, 1983.

Математична модель фрезерувального верстата

Динамическая модель TS

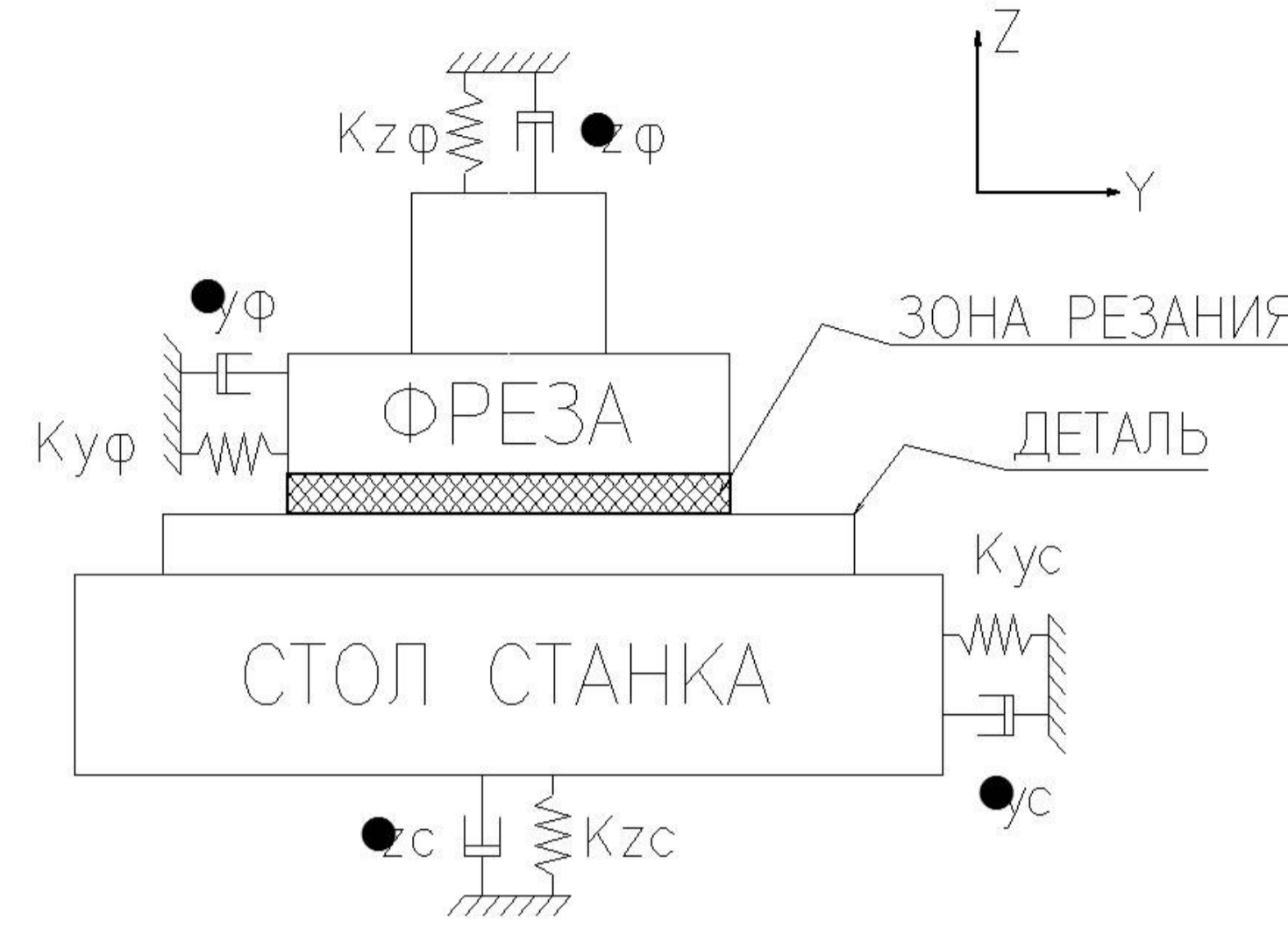


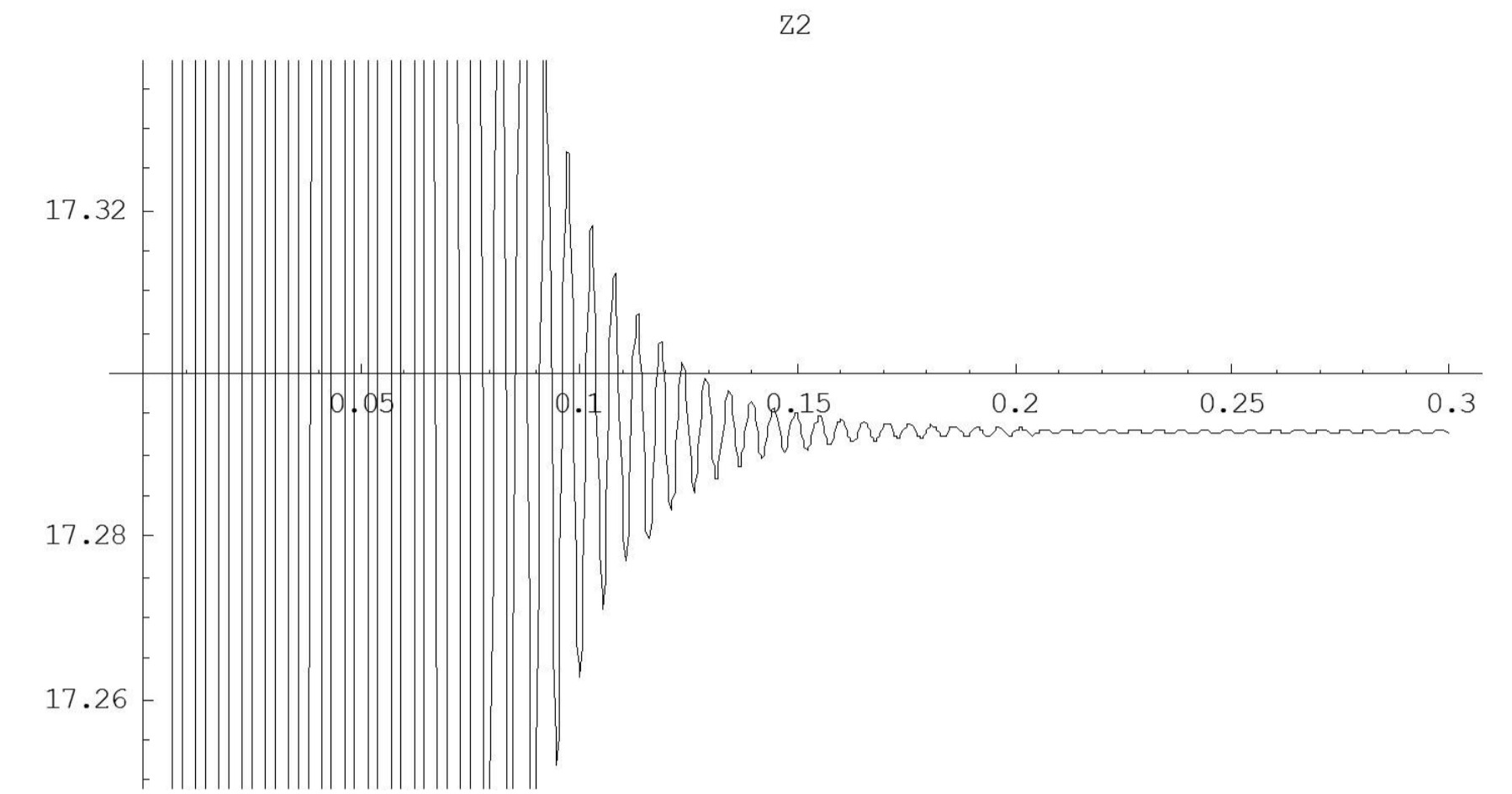
Схема фрезерувального верстата

Вихідні дані різання

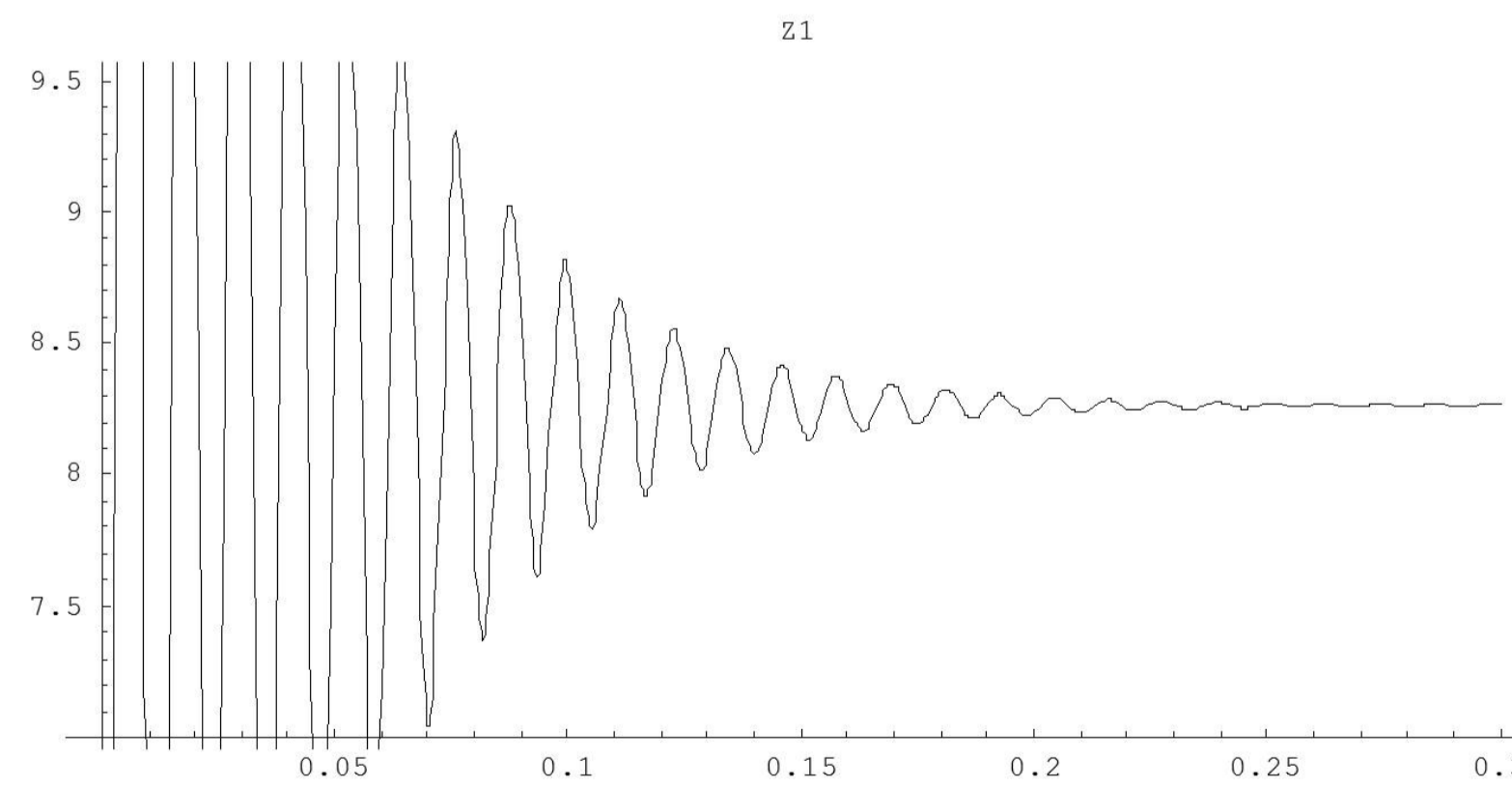
D_z , мм	B , мм	t , мм	S_z , Мм / зуб	z	n , Об / хв
200	110	1.00	0.06	20	500

$$\begin{aligned}
 m_{xc} & X_1'' \lambda_{xc} X_1' k_{xc} X_1 = P_x \\
 m_{x\phi} & X_2'' \lambda_{x\phi} X_2' k_{x\phi} X_2 = P_x \\
 m_{yc} & Y_1'' \lambda_{yc} Y_1' k_{yc} Y_1 = P_y \\
 m_{y\phi} & Y_2'' \lambda_{y\phi} Y_2' k_{y\phi} Y_2 = P_y \\
 m_{zc} & Z_1'' \lambda_{zc} Z_1' k_{zc} Z_1 = P_z \\
 m_{z\phi} & Z_2'' \lambda_{z\phi} Z_2' k_{z\phi} Z_2 = P_z
 \end{aligned}$$

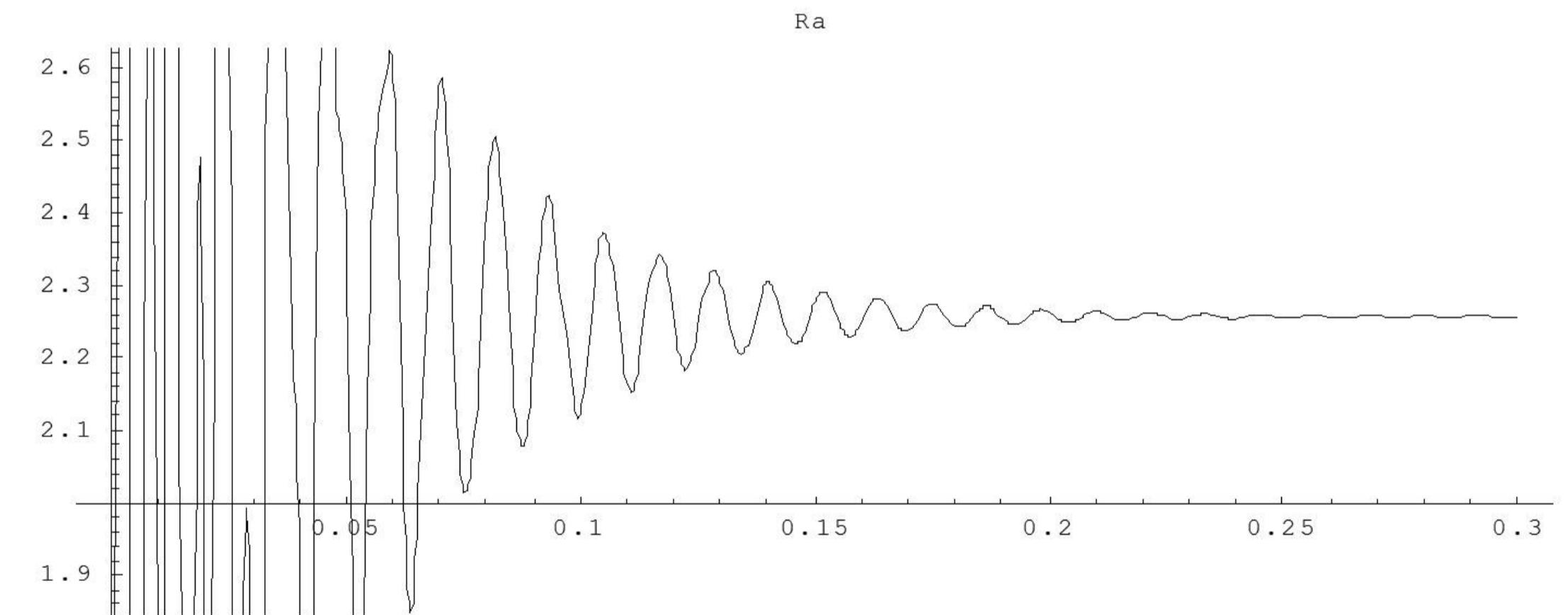
X_1, Y_1, Z_1 - координати центру системи заготовки;
 X_2, Y_2, Z_2 - координати центру системи інструменту;
 m_{xc}, m_{yc}, m_{zc} - наведені маси системи заготовки;
 $m_{x\phi}, m_{y\phi}, m_{z\phi}$ - наведені маси системи інструменту;
 $\lambda_{xc}, \lambda_{yc}, \lambda_{zc}$ - коефіцієнти демпфування системи заготовки;
 $\lambda_{x\phi}, \lambda_{y\phi}, \lambda_{z\phi}$ - коефіцієнти демпфування системи інструменту;
 k_{xc}, k_{yc}, k_{zc} - коефіцієнти жорсткості системи заготовки;
 $k_{x\phi}, k_{y\phi}, k_{z\phi}$ - коефіцієнти жорсткості системи інструменту;



Коливання центру мас інструмента



Коливання центру мас заготовки



Залежність шорсткості у перехідному процесі коливань інструменту

				ТММ.КвР.18.10.04			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Спеціальний розділ	Лист	Масштаб
Разраб.	Лиценко					1-1	
Проб.	Богданов					Лист	Листов
Т.контр.						1	
И.контр.							
Утв.							