

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня
бакалавра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Конструювання компонентів приводу головного руху токарного
верстата з розробкою технологічного процесу виготовлення
деталі «Вал-шестерня»

Виконав: студент 4 курсу групи МВ-41
спеціальності

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Кріпкий І.М.	(прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Лещук Р.Я.	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Кобельник В.Р.	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Крупа В.В.	(прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Комар Р.В.	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Крупа В.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Кріпкому Ігорю Мироновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Конструювання компонентів приводу головного руху токарного верстата з розробкою технологічного процесу виготовлення деталі «Вал-шестерня»

Керівник роботи Лещук Роман Ярославович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » 01 2025 року № 4/7-35

2. Термін подання студентом завершеної роботи 05.06.2024

3. Вихідні дані до роботи Технічне креслення деталі «Вал-шестерня»

Базовий технологічний процес обробки деталі

Річна програма випуску N=1800 шт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ 1. Характеристика об'єкту виробництва

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ Технологічний розрахунок

Розробка маршрутного та операційного технологічного процесу обробки

Інструментальне забезпечення технологічної операції

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ Кінематичний розрахунок верстату

Конструювання вузла верстату

Розробка конструкції пристрою для механічної обробки

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

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

«Вал-шестерня» – 1 ф.А1

Інструментальні налагодження – 1 ф.А1

Виконавчі механізми верстата – 2 ф.А1.

Пристосування верстатне – 1 ф.А1.

Контрольне пристосування – 1 ф.А1.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	к.т.н., доцент Окіпний І.Б.		
Нормоконтроль	к.т.н., доцент Кобельник В.Р.		

[illegible]

_____ Кріпкий І.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Лещук Р.Я.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу.....	2
ВСТУП.....	4
1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	
1.1 Технічна характеристика деталі «Вал-шестерня». Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	5
1.2 Визначення типу виробництва.....	8
1.3 Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки.....	8
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	
2.1 Проектування маршрутного технологічного процесу	11
2.2 Розрахунок припусків.....	12
2.3 Розрахунок режимів різання.....	17
2.4 Проектування операційного технологічного процесу.....	27
2.5 Вибір засобів і методів контролю.....	29
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
3.1 Аналіз верстата-аналога.....	32
3.2 Розрахунок режимів різання для верстату.....	34
3.3 Розрахунок коробки швидкостей.....	39
3. 4. Розрахунок підшипників	55
3.5 Розрахунок спеціального установчого пристосування.....	59
3.6 Розрахунок і проектування контрольного пристосування.....	61
3.7 Розрахунок і проектування спеціального різального інструменту.....	63
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	66
ВИСНОВКИ.....	73
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	74
ДОДАТКИ.....	76

					КРБ 14-050.00.00.000						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ				Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Кріпкий									
Перевір.		Лещук									
Консульт.									ТНТУ, зр. МВ-41		
Н. Контр.		Кобельник									
Зав.каф.		Крупа									

ВСТУП

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість виготовленої продукції у значній мірі залежать від випереджуючого розвитку виробництва нового обладнання, машин, верстатів і апаратів, від всесвітнього впровадження методів техніко – економічного аналізу, що забезпечує рішення технічних питань і економічну ефективність технологічних та конструкторських розробок. В наш час з розвитком машинобудування важливу роль приділяють збільшенню точності обробки, подовженню терміну служби обладнання, продовженню строку безремонтної роботи.

На точність обробки деталей впливають точність і шорсткість шпиндельного вузла, жорсткість і точність позиціювання робочих вузлів верстата.

В наш час ставляться дуже високі вимоги до точності оброблюваних деталей, а існуючий парк верстатів не в змозі забезпечити поставлених вимог за рахунок зношення основних вузлів і морального старіння обладнання, тому виникає потреба в створенні нових моделей обладнання, або вдосконалення старих верстатів.

					КРБ 14-050.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.	Кріпкий						
Перевір.	Лещук						
Консульт.							
Н. Контр.	Кодельник						
Зав.каф.	Крупа						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, зр. МВ-41		

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Технічна характеристика деталі «Вал-шестерня». Аналіз конструкції деталі на технологічність

Вал-шестерня використовується для передачі обертового моменту з одного вала на інший у редукторах, системах регулювання і управління та ін. Деталь представляє собою тіло обертання з шийками, які є посадочними поверхнями для шпонок. Вал-шестерня має один зубчатий вінець діаметром 183 мм і довжиною 105 мм при модулі $m=8$ мм. Зовнішній діаметр зубчатого вінця оброблюється за 14 квалітетом з шорсткістю $Ra_{0,8}$. Бокові поверхні зубчатого вінця виконується з шорсткістю $R_{a1,3}$.

Деталь виготовляється з конструкційної низьколегованої сталі 40Х ДСТУ 4543-71. Ця сталь використовується для виготовлення валів, шпинделів, установочних вентів, крупних зубчатих коліс, валів редуктора тощо. Хімічний склад та механічні властивості приведені у таблицях 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад Сталі 50Х ДСТУ 4543-71

C	Si	Mn	NI	Cr	Cu	P	S
0.36-0.44	0.17-0.37	0.5-0.8	<0.3	0.8-1.1	<0.3	<0.035	<0.035

					КРБ 14-050.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ		
Розроб.	Кріпкий						
Перевір.	Лещук						
Консульт.							
Н. Контр.	Кобельник						
Зав.каф.	Крупа						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, зр. МВ-41		

Таблиця 1.2 – Механічні властивості Сталі 50X ДСТУ 4543-71

Термічна обробка	Границя текучості, Rm (МПа)	Границя короткочас ної міцності, ReH (МПа)	Мінімальне відносне видовження σ , %	Відносне звуження, %
Гартування від 860°C в маслі, відпуск при 500°C	785	980	10	45

Твердість у стані поставки до 241 НВ, після закалки - 46HRC. Міцність σ_B в стані поставки до 795 МПа, після закалки 880 ... 1080 МПа. Ці механічні характеристики забезпечують нормальну роботу вала-шестерні в редукторі. Матеріал не є дефіцитним. Термообробка виконується за типовим технологічним процесом і не вимагає спеціальних умов. Сталь має задовільну оброблюваність різанням, коефіцієнт оброблюваності $K_o = 0,8$ при обробці твердосплавним інструментом і $K_o = 0,7$ при обробці інструментом з швидкорізальної сталі.

Заготовку вала можна отримати як з прокату, так і обробкою тиском - штампуванням або висадкою. В обох випадках форма заготовки та її елементів досить проста

Вільні поверхні виконані по 14 квалітету точності. на заготовительних операціях такої точності не добитися, тому передбачається обробка всіх поверхонь. Таким чином, з точки зору отримання заготовки, деталь можна вважати технологічною.

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Заготовка даної деталі може бути отримана з прокату або куванням.

Оскільки деталь є тілом обертання, то більшість операцій можливо виконати на токарних верстатах. Округла форма свідчить про її технологічність при отриманні заготовки, обробці та контролі. Поверхні обертання та торці можуть бути оброблені на верстатах з ЧПК.

В якості конструкторської бази прийнята вісь деталі, тому для механічної обробки деталі доцільно використовувати технологічні центрові отвори, які будуть і технологічною і вимірювальною базами.

Кількісну оцінку проведемо з використання коефіцієнтів точності та шорсткості.

Коефіцієнт точності обробки розраховується за формулою:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{10,8} = 0,9,$$

де T_{cp} – середній квалітет точності:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{m_i} = \frac{5 \cdot 1 + 6 \cdot 4 + 9 \cdot 3 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 9}{20} = 10,8$$

де T_i – квалітет поверхні;

n_i – кількість однакових розмірів з однаковим квалітетом точності;

m_i – загальна кількість розмірів.

5 квалітет – 1 поверхні, 6 квалітет – 4 поверхонь, 9 квалітет – 3 поверхонь, 11 квалітет – 1 поверхонь, 12 квалітет – 2 поверхонь, 14 квалітет – 9 поверхонь.

Т.я. $K_T < 1$ – деталь технологічна по точності.

Коефіцієнт шорсткості обробки розраховується за формулою:

$$K_{ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{cp}} = 1 - \frac{1}{3,05} = 0,67,$$

де $Ш_{cp}$ – середній квалітет точності:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{m_i} = \frac{0,08 \cdot 4 + 0,8 \cdot 4 + 1,3 \cdot 3 + 3,2 \cdot 1 + 6,3 \cdot 8}{20} = 3,05$$

де $Ш_i$ – шорсткість поверхні;

n_i – кількість однакових розмірів з однаковою шорсткістю;

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

m_i – загальна кількість розмірів.

Ra0,08 – 4 поверхня, Ra0,8 – 4 поверхні, Ra1,3 – 3 поверхня, Ra3,2 – 1 поверхні, Ra6,3 – 8 поверхонь.

Так як $K_{ш} < 1$ – деталь технологічна по шорсткості.

1.2 Визначення типу виробництва

Тип виробництва визначаємо виходячи з розрахункового обсягу випуску N_0 , дет / рік:

$$N_0 = N * m^{0.7} * K_T$$

де m - маса деталі, $m = 9$ кг;

K_T - коефіцієнт трудомісткості виготовлення, для деталі середньої складності $K_T = 1$.

$$N_0 = 1800 * 20^{0.7} * 1 = 14655$$

що відповідає середньо серійному виробництву.

1.3 Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки

На вибір методу отримання заготовки впливають: матеріал деталі, її призначення та технічні вимоги на виготовлення: обсяг і серійність випуску, форма поверхонь і розміри деталі. Основна мета даного аналізу зводиться до можливого зменшення трудомісткості і металоємності, можливості обробки деталі високопродуктивними методами, що дозволяє знизити собівартість виготовлення без шкоди для службового призначення деталі.

Оптимальний метод отримання заготовки визначається на підставі всебічного аналізу названих чинників і техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості деталі. Метод отримання заготовки, що забезпечує

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічність виготовлення з неї деталі при мінімальній собівартості останньої, вважається оптимальним. В міру ускладнення конфігурації заготовки зростає її собівартість, але при цьому знижуються трудомісткість і собівартість подальшої механічної обробки заготовки, підвищується $K_{\text{вм}}$.

Заготовка для даної деталі може бути отримана з гарячекатаного прокату або куванням.

Порівняємо ці два метода:

1) прокат

Розрахуємо коефіцієнт використання матеріалу по формулі:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}} = \frac{68}{140} = 0,48,$$

де $M_{\text{д}}$ – маса готової деталі, $M_{\text{д}} = 68$ кг;

$M_{\text{з}}$ – маса заготовки, кг.

$$M_{\text{з}} = 0,785 \times d^2 \times l \times \rho = 0,785 \times 18,3^2 \times 68 \times 0,00785 = 140 \text{ кг},$$

де $V_{\text{з}}$ – об'єм заготовки, мм^3 ;

ρ – щільність сталі, $\rho = 7,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Розрахуємо вартість заготовки з прокату за формулою:

$$C_{\text{з.пр}} = M_{\text{з}} \cdot C_1 - (M_{\text{з}} - M_{\text{д}}) \cdot C_{\text{відх}} = 140 \cdot 23,6 - (140 - 68) \cdot 3,2 = 2979,2 \text{ грн},$$

де C_1 – вартість 1 кг прокату сталі 40Х,

$C_{\text{відх}}$ – вартість 1 кг відходів сталі 40Х, .

2) штампування

Розрахуємо коефіцієнт використання матеріалу по формулі:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}} = \frac{68}{90} = 0,75,$$

де $M_{\text{д}}$ – маса готової деталі, $M_{\text{д}} = 68$ кг;

$M_{\text{з}}$ – маса заготовки, кг.

$$M_{\text{з}} = 0,785 \times (12,5^2 \times 22 + 14,5^2 \times 20 + 20,5^2 \times 12 + 14,5^2 \times 9) \times 0,00785 = 90 \text{ кг},$$

де $V_{\text{з}}$ – об'єм заготовки, мм^3 ;

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ρ – густина сталі, $\rho = 7,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$.

Розрахуємо вартість заготовки з прокату за формулою:

$$C_{\text{з.пр}} = M_{\text{з}} \cdot C_1 - (M_{\text{з}} - M_{\text{д}}) \cdot C_{\text{відх}} = 90 \cdot 32,4 - (90 - 68) \cdot 3,2 \\ = 2832,8 \text{ грн},$$

де C_1 – вартість 1 кг прокату сталі 40Х,

$C_{\text{відх}}$ – вартість 1 кг відходів сталі 40Х.

Після порівняння двох варіантів отримання заготовки, можемо зробити наступні висновки. Метод отримання заготовки штампуванням є більш технологічним за коефіцієнтом використання матеріалу. Ціна заготовки, отримана методом штампування, виходить дешевше методу прокату. Тому для отримання даної деталі, з точки зору підприємства, буде вигідніше використати заготовку з штампуванням.

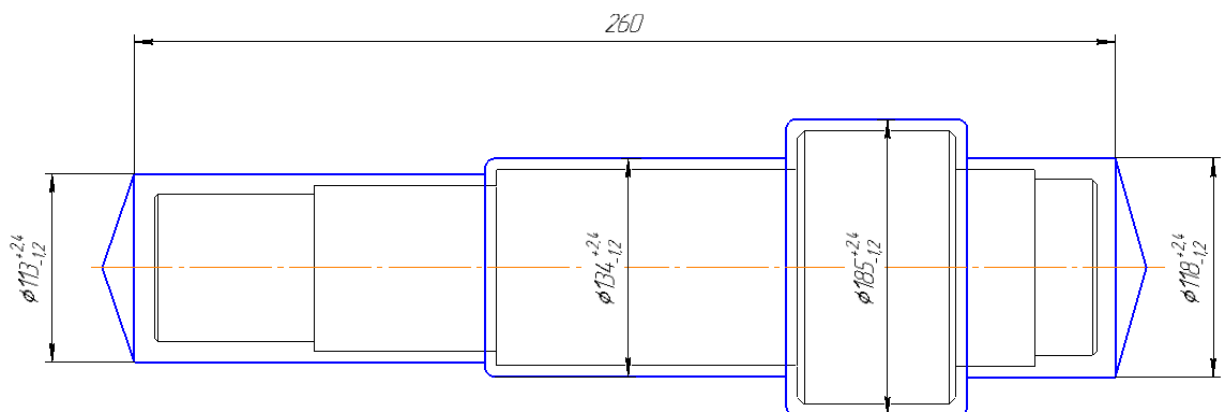


Рис. 1.1 - Ескіз заготовки

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Проектування маршрутного технологічного процесу

При розробці маршрутного технологічного процесу виготовлення валу-шестерня, в зв'язку з відсутністю тех. процесів-аналогів, розробимо новий унікальний.

Для підвищення точності обробки маршрут ділимо на чорнову і чистову обробку. На чорновій обробці знімаємо основну величину припуску. Після термообробки виправляємо технологічні бази і виробляємо остаточну обробку. При складанні маршруту обробки за окремими операціями встановимо тип верстатів.

Результат проектування нового маршрутного технологічного процесу приведений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Маршрутний технологічний процес

№	Назва операції	устаткування
005	заготівельна	
010	Фрезерно-центрувальна	МР-71М
015	Токарно-гвинторізна ЧПК	16K20Ф3
020	Термічна	
025	Токарно-гвинторізна ЧПК	16K20Ф3С32
030	Токарно-гвинторізна ЧПК	16K20Ф3С32
035	Зубофрезерна	5K324
040	Фрезерна	6Н11
045	Термічна	
050	Круглошліфувальна	З М153

					КРБ 14-050.00.00.000				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Кріпкий			ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Лещук							
Консульт.						ТНТУ, зр. МВ-41			
Н. Контр.		Кобельник							
Зав.каф.		Крупа							

2.2 Розрахунок припусків

Обробку поверхні Ø100k6 розподіляємо на 5 етапів - чорнове точіння, чистове точіння, шліфування попереднє, шліфування остаточне, полірування. Розрахунок мінімальних припусків на обробку по переходах ведемо за формулою:

$$2Z_{min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + E_i^2})$$

Де Rz_{i-1} - шорсткість, отримана при попередній обробці

h_{i-1} - висота мікронерівностей на попередній обробці

Δ_{i-1} - питома викривлення на попередній обробці

E_i - похибка установки заготовки

$$2Z_{maxi} = Td_{i-1} + 2Z_{min i}$$

Найменший граничний розмір на переході дорівнює сумі максимального розміру наступного переходу і подвійного мінімального припуску

Найменший граничний розмір d_{max} визначаємо як

$$d_{max} = d_{min} + Td_i$$

Таблиця 2.2 - Припуски і допуски поверхні Ø100k6

Техпереходи обробки Ø100K6	Ел-ти припуску			Розр. Прип. 2_{zmin}	Розр. Розмір d_p , мм.	допуск δ , мкм	Граничні. Розмір, мм		Пред.значен. припусків, мкм	
	R_z	T	ρ				d_{min}	d_{max}	2_{zmin} n	2_{zmax} x
заготовка	150	250	1440		110.267	2200	110.267	113.3		
обточування										

					КРБ 14-050.00.00.000					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

поперед не	80	50	86.4	2 * 1840	105.847	210	105.8 47	106,3	440 0	700 0
остаточ не	4 0	30	57.6	2 * 486	102.622	120	102.6 22	102.62 2	327 8	356 0
Шліфування										
поперед не	10	20	43.2	2 * 127	100.14	30	100.2 9	100.41	233 0	233 0
остаточ не	5	15	28.8	2 * 73	100.01	20	100.1 4	100.03	280	380
полірування										
остаточ не	2	10	14.4	2 * 49	100	15	100.0 1	100,01	10	20

1) Заготівля - штампування

$$R_z = 150 \quad T = 250 \text{ мм} \quad \delta = 2200 \text{ мкм}$$

2) Т дуже попереднє

$$R_z = 80 \quad T = 50 \text{ мм} \quad \delta = 210 \text{ мкм}$$

3) Точіння остаточне

$$R_z = 40 \quad T = 30 \text{ мм} \quad \delta = 120 \text{ мкм}$$

4) Шліфування попереднє

$$R_a = 10 \quad T = 20 \text{ мм} \quad \delta = 30 \text{ мкм}$$

5) Шліфування остаточне

$$R_a = 5 \quad T = 15 \text{ мм} \quad \delta = 20 \text{ мкм}$$

6) Полірування

$$R_a = 2 \quad T = 10 \text{ мм} \quad \delta = 15 \text{ мкм}$$

Мінімальний припуск на точіння:

$$2 Z_{\min i} = 2 * \left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} \right)$$

					КРБ 14-050.00.00.000					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{э}}^2 + \rho_{\text{ц}}^2} \text{ мм} ;$$

де: $\rho_{\text{кор}}^2$ - похибка коробління розраховується за формулою:

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta \kappa * L = 1.0 * 100 = 0.1 \text{ мм} ;$$

$\Delta_{\kappa} = 1,0 \text{ мкм} / \text{мм}$ - питома викривлення заготовок

Рексц .- похибка ексцентриситету.

Приймається Рексц. = 1,0 мм - похибка вивірки на чорновій операції.

$$P_{\text{заг}} = \sqrt{1,0^2 + 0,1^2 + 1,03^2} = 1.44 \text{ мм}$$

Зріст. - залишкова похибка за наступними переходами.

Зростання = $P_{\text{заг}} * K_{\text{ут}}$.

$K_{\text{ут}}$. - коефіцієнт уточнення форми.

$K_{\text{ут1}} = 0,06$ - точіння попереднє;

$K_{\text{ут2}} = 0,04$ - точіння остаточне

$K_{\text{ут3}} = 0,03$ -шліфування попереднє

$K_{\text{ут4}} = 0,02$ -шліфування остаточне

$K_{\text{ут5}} = 0,01$ -полірування

$P_1 = 86.4 \text{ мкм}$, $P_2 = 57.6 \text{ мкм}$, $P_3 = 43.2 \text{ мкм}$, $P_4 = 28.8 \text{ мкм}$,

$P_5 = 14.4 \text{ мкм}$

E_y - похибка установки.

$$E_y = \sqrt{E_{\delta}^2 + E_z^2 + E_{\text{пр}}^2} ;$$

E_{δ} - похибка базування визначається при вивірки, як половина допуску на наступному переході.

E_z -похибка закріплення

$E_{\text{пр}}$ - похибка положення заготовки в пристосуванні

$E_{1\delta} = 1,0 \text{ мкм}$, $E_{2\delta} = 0, 1 \text{ мкм}$,

$E_{3\delta} = 0$ при одній установі з напівчистовим переходом.

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_{4\delta} = 0,05 \text{ мкм (допуск биття 0,2)}$$

$$E_{5\delta} = 0 \text{ мкм одна установка з попереднім шліфуванням.}$$

$$E_{\text{зчерн}} = 270 \text{ мкм}$$

$$E_{\text{пр1,2,3}} = 0,05 \text{ мкм- для токарних операцій.}$$

$$E_{\text{пр4,5,6}} = 0,014 \text{ мкм - чистового верстата, шліфування.}$$

РАЗОМ:

$$E_{y1} = 0.27\text{мм}, E_{y2} = 0.28\text{мм}, E_{y3} = 1\text{мм}, E_{y4} = 0,30 \text{ мм}, E_{y5} = 0,30 \text{ мм},$$

$$E_{y4} = 0,29 \text{ мм},$$

Розрахунок мінімальних значень припусків вибираємо, користуючись основною формулою

$$2 Z_{\min i} = 2 * \left(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} \right)$$

Мінімальний припуск після попереднього точіння:

$$2Z_{\min} = 2 * (150 + 250 + 1440) = 2 * 1840 \text{ мкм}$$

Після остаточного точіння:

$$2 Z_{\min 2} = 2 * (80 + 50 + 86) = 2 * 486 \text{ мкм}$$

Після шліфування:

$$2 Z_{\min 3} = 2 * (40 + 30 + 57) = 2 * 127 \text{ мкм}$$

Аналогічно попередньому прикладу робимо розрахунок по іншим графам таблиці.

Графа таблиці «Розрахунковий розмір ϕr » заповнюється починаючи з кінцевого (креслярського) розміру шляхом послідовного додавання

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу:

$$d_{p6} = 100 + 0,0120 = 100,01 \text{ мм.}$$

$$d_{p5} = 100.01 + 0.132 = 100.14 \text{ мм.}$$

$$d_{p4} = 100.14 + 0.150 = 100.29 \text{ мм.}$$

$$d_{p3} = 100.29 + 2.266 = 102.622 \text{ мм.}$$

$$d_{p2} = 102.622 + 3.225 = 105.847 \text{ мм.}$$

$$d_{p1} = 105.847 + 4,420 = 110.267 \text{ мм.}$$

Розрахунок максимального граничного розміру виконуємо так:

$$D_{\max 6} = 100 + 0.01 = 100.01 \text{ мм.}$$

$$D_{\max 5} = 100,01 + 0.02 = 100.03 \text{ мм.}$$

$$D_{\max 4} = 100,29 + 0.03 = 100.41 \text{ мм.}$$

$$D_{\max 3} = 102,622 + 0.12 = 102.74 \text{ мм.}$$

$$D_{\max 2} = 105,9 + 0.4 = 106,3 \text{ мм.}$$

$$D_{\max 1} = 110,3 + 3,0 = 113.3 \text{ мм.}$$

Граничні значення припусків Z пртах визначаємо як різницю найбільших граничних розмірів і Z прмін - як різниця найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2 Z_{\max 5}^{np} = 100.03 - 100.01 = 0.02 \text{ мм} = 20 \text{ мкм} ;$$

$$2 Z_{\max 4}^{np} = 100.41 - 100.03 = 0.38 \text{ мм} = 380 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\max 3}^{np} = 102.74 - 100.41 = 2,33 \text{ мм} = 2330 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\max 2}^{np} = 106.3 - 102.74 = 3,56 \text{ мм} = 3560 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\max 1}^{np} = 113.3 - 106.3 = 7 \text{ мм} = 7000 \text{ мкм} ;$$

$$2 Z_{\min 5}^{np} = 100,01 - 100 = 0.01 \text{ мм} = 10 \text{ мкм} ;$$

$$2 Z_{\min 4}^{np} = 100,29 - 100.01 = 0,28 \text{ мм} = 280 \text{ мкм} ;$$

$$2 Z_{\min 3}^{np} = 102,622 - 100.29 = 2,33 \text{ мм} = 2330 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\min 2}^{np} = 105,9 - 102.622 = 3,278 \text{ мм} = 3278 \text{ мкм} .$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2 Z_{\min}^{np} = 110,3 - 105,9 = 4,4 \text{ мм} = 4400 \text{ мкм}$$

Загальні припуски $Z_{\min}$ і $Z_{\max}$ визначаємо, підсумовуючи проміжні припуски, і записуємо їх значення внизу відповідних граф:

$$2Z_{\min} = 279 + 1140 + 1000 = 2419 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\max} = 379 + 1230 + 2790 = 4399 \text{ мкм}$$

2.3 Розрахунок режимів різання

Токарна чорнова обробка Ø100k6. (0 15)

Різець: HS345

Глибина різання

$$t = \frac{D_z - D_o}{2} = \frac{113 - 100}{2} = 1,5 \text{ мм}.$$

Призначаємо подачу: $S = 0,2 \text{ мм / об}$ [2, стор 269, табл. 11].

Швидкість різання

$$v = \frac{C_v}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} K_v = \frac{350}{60^{0,2} 1,5^{0,15} 0,5^{0,35}} 1,26 = 233,6 \text{ м / хв}$$

$$C_v = 350, m = 0,2, x_v = 0,15, y_v = 0,35$$

де, K_{mv} - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{nv} = 1 \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 1$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де, σ_B - тимчасовий опір розриву, $\sigma_B = 750$ МПа;

K_r - коефіцієнт, що характеризує групу сталі по оброблюваності.

K_v - показник ступеня, при обробці різцями з твердого сплаву

K_{nv} - коефіцієнт, що відображає стан пов ерхності заготовки, для штампування.

$$K_{nv} = 0,9$$

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструмента, для оброблюваного матеріалу і марки інструментального матеріалу

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 233,6}{3,14 \cdot 113} = 658 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаються за паспортом верстата $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання:

$$v = \frac{P \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 113 \cdot 1000}{1000} = 354,24 \text{ м / хв}$$

Головна складова сили різання P_z :

$$P_z = 10 C_p t^x S^y V^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 354,24^{-0,15} \cdot 0,89 = 987 \text{ Н ,}$$

де C_p, x, y, n - коефіцієнти залежать від матеріалу заготовки, матеріалу різального інструменту, виду обробки і її характеру.

$$C_p = 300; x = 1,0; y = 0,75; n = -0,15$$

K_p - поправочний коефіцієнт

$$K_p = K_{mp} K_{fp} K_{jp} K_{rp} K_{lp} = 1 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,89,$$

де K_{mp} - поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якості оброблюваного матеріалу на силові залежності для легованої сталі $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$,

$$K_{\text{мр}} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1$$

де, n - показник ступеня, $n = 0,75$

$K_{\text{фр}}, K_{\text{jp}}, K_{\text{гр}}, K_{\lambda p}$ - поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструмента та складову сили різання

$$K_{\text{фр}} = 0,89 ;$$

$$K_{\text{jp}} = 1;$$

$$K_{\text{гр}} = K_{\lambda p} = 1 - \text{для різальної частини з твердого сплаву.}$$

потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{987 \cdot 354 \cdot 24}{1020 \cdot 60} = 5,7 \text{ кВт}$$

Необхідна потужність різання на приводі верстата

$$N_{\text{пр}} = \frac{N}{\eta} = \frac{5,7}{0,85} = 6,7 \text{ кВт} ,$$

де, η - ККД верстата

За умовою $N_{\text{ст}} > N_{\text{пр}}$ вибираємо верстат 16K20 з $N_{\text{ст}} = 10 \text{ кВт}$

Коефіцієнт використання верстата по потужності:

$$\eta_{\text{м}} = \frac{N_{\text{пр}}}{N_{\text{ст}}} = \frac{6,7}{10} = 0,67 .$$

Обертний момент:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{987 \cdot 113}{2 \cdot 1000} = 56 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повинна виконуватись умова:

$$M_{\text{Кр.Рез}} \leq M_{\text{Кр.Ст}};$$

Крутний момент допускається міцністю механізму головного руху

$$M_{\text{Кр.Ст}} = 9750 \cdot \frac{N_{\text{дв}} \cdot \eta}{n_{\text{ст. min}}} = 9750 \cdot \frac{10 \cdot 0,8}{1756} = 45 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Умова $M_{\text{Кр.Рез}} = 12 \text{ Н} \cdot \text{м} \leq M_{\text{Кр.Ст}} = 45 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – умова виконується.

Визначаємо основний технічний час для одного проходу:

$$T_o = \frac{L}{n_{\text{ст}} \cdot S_{\text{ст}}} \cdot i = \frac{105}{1000 \cdot 0,5} \cdot 3 = 0,63 \text{ хв},$$

де $L = L_{\text{д}} + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер.}} = 100 + 3 + 2 = 105 \text{ мм}$ – довжина проходу інструменту в напрямку подачі;

де $L_{\text{д}} = 100 \text{ мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

$l_{\text{вр}} = t \cdot \text{ctg } \varphi + (1 \dots 2) = 3,75 \cdot \text{ctg} 95 + (1 \dots 2) = 3 \text{ мм}$ – довжина шляху врізання;

$l_{\text{пер.}} = 2 \text{ мм}$ – довжина перебігу інструменту;

i – кількість проходів.

Розрахунок режимів різання на операцію шліфування Ø 100k6

Вибираємо шліфувальний круг ПП 600х63х305 22А40 - СТ26К3

Абразивний матеріал - електрокорунд білий 22А

Зернистість круга - 40

Твердість - СТ2

Зв'язка - керамічна К3

Форма - пряма ПП

Глибина різання при круглому шліфуванні визначається величиною

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поперечної подачі (St) мм / хв.

Приймаємо St = 0, 025мм / хв

S_{пр} = 18 мм / хв; S_{поп} = St

Швидкість різання:

$$V_{кр} = \frac{\pi d n}{1000 * 60} = \frac{3.14 * 600 * 1900}{1000 * 60} = 35,6 м / с$$

Для визначення частоти обертання заготовки вибираємо швидкість обертання заготовки

V_з = 11 м / хв

Частота обертання круга

$$n = \frac{1000 * V_{кр} * 60}{3.14 * 600} = \frac{1000 * 60 * 60}{3.14 * 600} = 348,8 хв^{-1}$$

Приймаємо n = 350 хв⁻¹

$$V_{кр} . \partial = \frac{\pi * D_{кр} * n}{60 * 100} = \frac{3.14 * 100,2 * 350}{60 * 100} = 18,3 хв^{-1}$$

$$n_3 = \frac{1000 * V_3}{\pi * D_3} = \frac{1000 * 11}{3.14 * 100,2} = 35 хв^{-1}$$

Основний час:

$$T_o = \frac{2 L * h}{n_o * S_{пр} * t} K = \frac{2 * 163 * 0.2}{37 * 18 * 0.025} * 1,3 = 5 хв$$

де L - довжина ходу стола, мм.

h - припуск на сторону, мм.

K - коефіцієнт виходжування K = 1,3

L = l + B,

де, l - довжина оброблюваної поверхні, мм.

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

B - ширина кола, мм.

Розрахунок режимів різання на операцію 035 для фрезерування зубів
***m* = 8, *z* = 20.**

На зубофрезерному верстаті моделі 5К324 фрезерується шестерня розмірами **Ø183,3мм** і довжиною **105 мм**. Заготівля встановлюється на столі в спеціальному пристрої.

Вибираємо різальний інструмент.

Приймаємо червячну модульну фрезу з нормальним зубом зі швидкорізальної сталі HS 6-5-2. Діаметр фрези *D* = 125 мм.

Призначаємо режими обробки.

Призначаємо подачу на зуб: *Sz* = 0,07 мм /зуб

Період стійкості інструмента: *T* = 360хв

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^m M^{x_v} S^{y_v}} K_v = \frac{300}{360^{0,33} 7^0 0,07^{0,5}} 1,1 = 7,5 \text{ м / хв}$$

де, *C_v* = 300 - коефіцієнт;

m = 0,33; *x* = 0; *y* = 0,5; - показник ступеня

K_v = 1,1 - поправочний коефіцієнт.

Частота обертання шпинделя визначається за формулою:

$$n_z = \frac{1000 * V}{\pi * D} = \frac{1000 * 7,5}{3,14 * 125} = 30 \text{ хв}^{-1}$$

Фактичну швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \frac{\pi * D * n}{1000} = \frac{3,14 * 125 * 108}{1000} = 7,1 \text{ м / хв}$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо силу різання:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B \cdot z \cdot n^p \cdot K_p}{D^q \cdot n^w} = \frac{68,2 \cdot 20^{0.86} \cdot 1,4^{0.72} \cdot 17^1 \cdot 3 \cdot 1}{125^{0.86} \cdot 108^0} = 1345 \text{ Н}$$

де, $C_p = 68.2$ - коефіцієнт

$q = 0.86$; $x = 0.86$; $y = 0.72$; $n = 0.1$; $w = 0$ - показники ступеня

t - глибина різання, $t = m \cdot 2.5 = 8 \cdot 2.5 = 20 \text{ мм}$

K_p - поправочний коефіцієнт.

$$K_p = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 1$$

де, $n = 1$ - показник ступеня.

Визначаємо швидкість руху подачі:

$$S_m = S_z \cdot n = 0.07 \cdot 20 = 1,4 \text{ мм / об}$$

визначаємо потужність різання ($N_{\text{різ}}$):

$$N_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1345 \cdot 7.1}{1020 \cdot 60} = 0,2 \text{ кВт}$$

Перевіряємо по потужності приводу верстата.

$$N_{\text{рез}} < N_{\text{шт}}$$

Потужність приводу верстата: $N_{\text{ст}} = N_{\text{едв}} \cdot \eta$

де, $N_{\text{едв}} = 7 \text{ кВт}$ - потужність електродвигуна,

$\eta = 0.75$ - ККД верстата

$$N_{\text{ст}} = 7 \cdot 0.75 = 5.25 \text{ кВт}$$

$N_p < N_{\text{ст}}$ - обробка можлива

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок режимів різання на операцію 040 для фрезерування паза 28 * 100 мм

На шпоночно- фрезерному верстаті моделі 6913(потужність двигуна $N_d=2,2$ кВт; ККД верстата $\eta=0,75$) фрезерується паз $B = 28$, $L = 115$, і глибиною 10 мм.

Заготовка встановлюється на столі в спеціальному пристрої.

Вибираємо різальний інструмент.

Приймаємо шпонкову фрезу з нормальним зубом зі швидкорізальної сталі SC 6-5-2. Діаметр фрези приймаємо рівним ширині паза, $D = B = 28$ мм. Геометричні параметри фрези:

- $\gamma = 15^\circ$;

- $\alpha = 14^\circ$

- $\varphi = 3^\circ$;

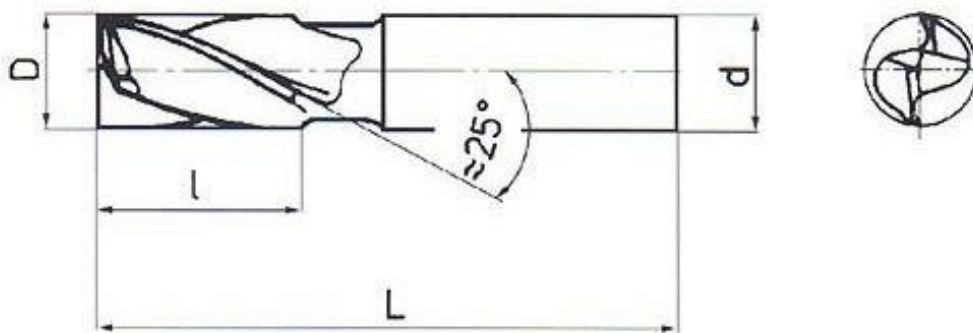


Рис.2.1 – Фреза шпонкова.

Призначаємо режими обробки:

-призначаємо подачу на зуб фрези

$S_z = 0,14$ мм / зуб

Призначаємо період стійкості інструменту:

$T = 90_{\text{хв}}$

Обробку проводимо за 3 проходи.

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v} \cdot B^u \cdot Z^p} = \frac{46.7 \cdot 28^{0.7} \cdot 0.3}{90^{0.2} \cdot 1.6^{0.5} \cdot 0.14^{0.5} \cdot 28^{0.1} \cdot 2^{0.1}} \cdot 1.1 = 83 \text{ м / хв}$$

де, $C_v = 46.7$ - коефіцієнт;

$q = 0.7$; $m = 0.2$; $x = 0.5$; $y = 0.5$; $u = 0.3$; $p = 0.1$ - показники ступеня.

K_v - поправочний коефіцієнт.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}$$

де, K_{mv} - коефіцієнт що враховує якість оброблюваного матеріалу;

$K_{nv} = 0.8$ - коефіцієнт що враховує стан поверхні заготовки;

$K_{uv} = 0.3$ - коефіцієнт враховує матеріал інструменту;

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^N = \left(\frac{750}{750} \right)^{0.9} = 1$$

де, $\sigma_s = 750$ Мпа - межа міцності оброблюваного матеріалу;

$N = 0.9$ - показник ступеня;

$$K_v = 1 \cdot 0.3 \cdot 1 = 0.3$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 83}{3.14 \cdot 28} = 944 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 28 \cdot 944}{1000} = 83 \text{ м / хв}$$

Визначаємо силу різання:

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_z = \frac{10 C_p t^x S^y B^n \cdot z \cdot K_p}{D^q \cdot n^w} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 28^{0,86} \cdot 0,14^{0,72} \cdot 1,6^1 \cdot 1 \cdot 1}{28^{0,86} \cdot 944^0} = 265 \text{ Н}$$

де, $C_p = 68.2$ - коефіцієнт;

$q = 0,86$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $n = 0,1$; $w = 0$ - показники ступеня;

K_p - поправочний коефіцієнт.

$$K_p = \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^1 = 1$$

Визначаємо швидкість руху подачі:

$$S_m = S_z \cdot Z \cdot n = 0.14 \cdot 2 \cdot 27.8 = 77.4 \text{ мм / хв}$$

Визначаємо потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z V}{1020 \cdot 60} = \frac{265 \cdot 83}{1020 \cdot 60} = 0.35 \text{ кВт}$$

Визначаємо коефіцієнт використання верстата за потужністю:

$$K_N = \frac{N_z}{N_{дв} \cdot \eta} = \frac{0,35}{2,2 \cdot 0,75} = 0,21,$$

де, $N_{дв}$ – потужність двигуна головного руху, кВт

$\eta = 0.75$ - ККД верстата, умова $K_N \leq 1,0$ – виконується.

Визначаємо величину крутного моменту на шпинделі:

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{265 \cdot 28}{2 \cdot 1000} = 3.71 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Повинна виконуватись умова:

$$M \leq M_{ст}$$

Крутний момент, допустимий міцністю механізму головного руху:

$$M_{ст} = 9750 \cdot \frac{N_{дв} \cdot \eta}{n_{ст.min}} = 9750 \cdot \frac{2,2 \cdot 0,75}{745} = 22 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова $M = 0,16 \text{ Н} \cdot \text{м} \leq M_{\text{ст}} 22 \text{ Н} \cdot \text{м}$ – виконується.

Визначення основного технічного (машинного) часу для одного проходу:

$$T_o = \frac{l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер.}}}{S_{\text{мин.ст}}} = \frac{115 + 14 + 0}{14} = 9,2 \text{ хв},$$

де, $l = 115 \text{ мм}$ – довжина оброблюваної поверхні;

$l_{\text{вр}} = D/2 = 14 \text{ мм}$ – довжина шляху врізання;

$l_{\text{пер.}} = 0$ – довжина шляху перебігу інструмента, так як паз – закритий.

2.4 Проектування операційного технологічного процесу

005 А Заготівельна;

Б Стрічково-відрізний верстат 8Б72;

О Завантажити прокат, закріпити. Відрізати прокат $\varnothing 185 \text{ мм}$, довжиною 260 мм . Контролювати розмір згідно з кресленням заготовки. Розкріпити, зняти заготовку.

Т Призми з пневматичним затиском; ножівкове полотно.

010 А Фрезерно-центрувальна;

Б Фрезерно-центрувальний МР-71М;

О Встановити, перевірити, закріпити. З переустановленням деталі, підрізати торець, центрувати торці за формою А $\varnothing 4 \text{ мм}$. З переустановленням деталі точити зовнішню поверхню, зняти фаски $2 \times 45^\circ$.

Т Встановлюється в призмах;

015 А Токарна з ЧПК;

Б Токарний з ЧПК 16К20Ф3;

О Встановити, перевірити, закріпити. З переустановленням деталі, точити за програмою, чорнова обробка по контуру з припуском під чистову обробку.

Т Патрон механізований самоцентруючий спеціальний; люнет відкритий;

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

центр, що обертається; застосовуються токарні прохідні різці з механічним кріпленням змінної ромбічної пластини HS345;

штангенциркуль ШЦ-I-75-0,05.

020 А Термічна;

Б Піч;

О Проводиться нормалізація заготовки, для зняття внутрішніх напружень, і поліпшення структури металу.

025 А Токарна з ЧПК;

Б Токарний з ЧПК 16K20Ф3;

О Встановити, перевірити, закріпити. З переустановленням деталі, точити за програмою. Проводиться чорнова обробка торців.

Т Патрон механізований самоцентруючий спеціальний; центр, що обертається; штангенциркуль ШЦ-I-75-0,05;

030 А Токарна з ЧПК;

Б Токарний з ЧПК 16K20Ф3;

О Встановити, перевірити, закріпити. З переустановленням деталі, точити за програмою. Проводиться чистова обробка торців.

Т Патрон механізований самоцентруючий спеціальний; центр, що обертається; штангенциркуль ШЦ-I-75-0,05;

035 А Зубофрезерна;

Б Зубофрезерний 5K324;

О Встановити, перевірити, закріпити. Проводиться нарізування 20 зубів $m = 8$ за ступенем точності 6 - 8 - 7 - В.

Т Використовується черв'ячна фреза HS 6-5-2.

040 А Шпонково-фрезерна;

Б Шпонково-фрезерний 6H11;

О Встановити, перевірити, закріпити. Фрезерувати шпонко-вий паз 28P9, глибиною 10мм, довжиною 115мм.

Т Призми з пневматичним затиском; фреза шпонкова Ø28мм, з

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2-ма пластинами SC 6-5-2; контрольно-вимірjuвальний пристрій для контролю паралельності та симетричності стінок пазу; штангенциркуль ШЦ-I-75-0,05; мікрометр МК 25-50-0,05.

045 А Термічна;

Б ТВЧ;

О Закалювання посадкових поверхонь: Ø100к6, до HRC 50-55.

050 А Круглошліфувальна;

Б Круглошліфувальний 3М153;

О Встановити, перевірити, закріпити. Шліфувати попередньо та начисто поверхні Ø100к6 з забезпеченням співвісності не більше за 0,005мм.

Т Патрон повідковий; центра упорні; люнет закритий; шліфувальний круг ПП 600х63х305 25А40 - СТ26К3; пристрій активного контролю БВ6000; пристрій спеціальний для контролю співвісності та радіального биття.

055 А Контрольна;

Б Контрольно-вимірjuвальна машина;

О Контролювати точність деталі згідно з кресленням.

2.5 Вибір засобів і методів контролю

Контроль виробів згідно даного технологічного процесу здійснюється поопераційно. Остаточний контроль проводиться ВТК. В якості вимірjuвальних та контрольних інструментів при виготовленні деталі використовуємо: калібри-скоби, штангенциркуль, а також було спроектовано універсальне вимірjuвальне пристосування для контролю діаметрів вала, що значно підвищило точність і швидкість вимірjuвань.

У серійному виробництві для зниження часу на вимірjuвання безпосередньо в процесі обробки, тобто не знімаючи заготовку з верстата,

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовують калібри.

Перевагою калібрів є:

- простота конструкції, відносна легкість виготовлення, а отже, і невисока вартість;
- контроль проводиться в умовах, наближених до умов збирання, що забезпечує з високою ймовірністю збирання деталей і забезпечення взаємозамінності;
- завдяки простоті застосування вони доступні операторам невисокої кваліфікації;
- висока зносостійкість.

Недоліками калібрів є:

- відсутність числових даних про розмір об'єкта ;
- невідома похибка контролю, так як вона обумовлюється не тільки розмірами калібру, а й розмірами деталі, станом її поверхні, невизначеним вимірювальним зусиллям, температурними деформаціями і т.д.

Принцип вимірювання калібрами-скобами полягає в контролі деталі прохідної й непрохідної сторони калібру. При контролі деталі прохідна сторона калібру-скоби обмежує його найбільший граничний розмір. Деталь буде придатна, якщо прохідна сторона калібру проходить, а непрохідна не проходить через перевіряєму деталь, це означає, що дійсний розмір деталі знаходиться між його найбільшим і найменшим граничними розмірами.

Контроль шліців втулки здійснюють по проходженню через шліцевий отвір комплексного калібру. Його проходження означає, що розміри зовнішнього і внутрішнього діаметрів втулки не менше їх найменших граничних розмірів. Одночасно прохідний шліцевий калібр контролює також правильність розташування западин втулки і допустимі відхилення їх форми від прямолінійності і паралельності щодо осі втулки. Для забезпечення цієї вимоги при розрахунку розмірів калібру враховують допустимі відхилення як самих розмірів, так і відхилень форми і розташування шліців втулки.

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ШЦ-1 - штангенциркуль з двостороннім розташуванням губок для зовнішніх і внутрішніх вимірювань, з шкалою ноніуса і основною шкалою, з лінійкою для вимірювання глибин. Основна гранична похибка $\pm 0,05$ мм. Відліковий пристрій - лінійний ноніус. При вимірі шкала ноніуса зміщується щодо основної шкали і по положенню нульового штриха шкали ноніуса визначають величину цього зміщення, рівну вимірюваному розміру. Шорсткість поверхні контролюємо шляхом порівняння оброблених поверхонь із зразками шорсткості.

Зразки шорсткості поверхні являють собою набори металевих брусків розміром 30x20 мм, закріплених в оправках гвинтами. Контроль обробленої поверхні виробляють візуально, на око, або дотиком, проводячи нігтем поперек слідів обробки деталі і порівнюючи результати з результатами, отриманими аналогічно при дослідженні стандартних зразків. Матеріал стандартного зразка, форма його поверхні і метод обробки мають велике значення для більшої достовірності контролю, тому зразки виготовляють з різних матеріалів (сталь, чавун) з різною формою поверхонь (плоска, циліндрична) оброблених різними способами при певних режимах (точіння, фрезерування, шліфування, стругання і ін.).

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз верстата-аналога

Як верстат аналог обираємо ЧПК 16М30Ф3. Токарний верстат з ЧПК 16М30Ф3 призначений для токарної обробки в автоматичному режимі зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей типу тіл обертання із ступінчастим і криволінійним профілем різної складності за заздалегідь складеною керуючою програмою. Область застосування верстата: дрібносерійне та серійне виробництво.

Токарний верстат з ЧПК 16М30Ф3 володіє жорсткою конструкцією основних вузлів і загартовані напрямні. Застосування імпульсної мастила гарантують тривале збереження точності. Охолодження безпосереднім підведенням МОР до кожного інструменту дозволяє вести обробку на високих режимах різання і знижує інтенсивність зношування інструменту. Гідрофікована управління пінолі задньої бабки, механізований затиск і разжим патрона, наявність транспортера стружки до мінімуму спрощують роботу оператора.

Токарний верстат з ЧПУ 16М30Ф3 оснащений однією револьверної головкою і борштанг для розточування глибоких отворів. Така інструментальна оснащеність дає можливість отримати широкі технологічні можливості обробки деталей.

Індекс верстата 16М30Ф3 позначає наступне: цифра 1 - це токарний верстат; цифра 6 - позначає токарно-гвинторізний верстат, буква А - покоління верстата, цифра 30 - висота центрів (300 мм). Наявність «Ф3» в кінці індексу говорить про наявність ЧПУ - числового програмного керування.

Характеристики верстата наведені в таблиці 3.1

					КРБ 14-050.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ		
Розроб.	Кріпкий						
Перевір.	Лещук						
Консульт.							
Н. Контр.	Кобельник						
Зав.каф.	Крупа						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, зр. МВ-41		

Таблиця 3.1 – Характеристики верстата.

Характеристика	Значення
Найбільший діаметр встановлюваного виробу над станиною, мм	630
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над станиною, мм	500
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм	320
Найбільша довжина заготовки, мм	1500 / 3000
Найбільша маса встановлюваної заготовки, кг	850
Найбільший поперечний хід супорта, мм	300
Найбільший поздовжній хід супорта, мм	1200
Межі частот обертання шпинделя, хв-1	6,3 - 1600
Межі поздовжніх подач, мм / об	0,01 - 20,47
Межі поперечних подач, мм / об	0,01 - 20,47
Швидкість швидких поздовжніх переміщень, м / хв	10

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.1

Характеристика	Значення
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	30
Клас точності по ДСТУ 8-82	П
Довжина верстата, мм	5500 / 7200
Ширина верстата, мм	4255
Висота верстата, мм	2130
Маса верстата, кг	8000 / 9000
Кількість граней резцедержателя, шт.	4
Кількість інструментів, що встановлюються на одну грань резцедержателя, шт	2
Швидкість швидких поперечних переміщень, м / хв	10

3.2 Розрахунок режимів різання для верстату

Вихідні дані: найбільший діаметр 630 мм.

Найбільша довжина 2000 мм.

Найменший діаметр 63 мм.

Чорнове точіння на максимальному діаметрі:

$$V = \frac{C_v}{T^m * t^{xv} * S_{ct}^{yv}} * k_v = \frac{340}{30^{0,2} * 10^{0,15} * 1^{0,45}} * 0,85 = 103,6 \text{ м/хв},$$

де $C_v = 340$; $m = 0,2$; $x_v = 0,15$; $y_v = 0,45$ – значення постійного коефіцієнта і показників ступеня.

k_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує задані умови обробки:

$$k_v = k_{mv} * k_{nv} * k_{uv} * k_{\varphi v} * k_{\varphi 1v} * k_{rv} * k_{qv} * k_{ov} = 1 * 0,85 * 1 = 0,85$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $k_{mv}=1$;

$n_v=1$;

$k_{nv}=0,85$;

$k_{uv}=1$;

$T=30$ хв – період стійкості різця.

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 103,6}{3,14 \cdot 630} = 52,34 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо силу різання P_z :

$$\begin{aligned} P_z &= 9,8 \cdot C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot S_{\text{ст}}^{Y_{Pz}} \cdot V^{n_{Pz}} \cdot k_{pz} = \\ &= 9,8 \cdot 300 \cdot 10^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 103,6^{-0,15} \cdot 0,82 = 12018 \text{ Н} \end{aligned}$$

де $C_{Pz}=300$ – коефіцієнт що враховує умови обробки;

$X_{Pz}=1$; $Y_{Pz}=0,75$; $n_{Pz}=-0,15$ – показники ступені, відповідно, при глибині, подачі і швидкості різання;

$$k_{pz} = k_{MP} \cdot k_{\varphi p} \cdot k_{\gamma p} \cdot k_{\lambda p} \cdot k_{rp} = 1 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 0,93 = 0,82,$$

$$k_{\varphi p}=0,89; k_{\gamma p}=1,1; k_{\lambda p}=0,93;$$

$$k_{MP} = 1;$$

Визначаємо потужність при чорновому точінні:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1000} = \frac{12018 \cdot 103,6}{60 \cdot 1000} = 20,7 \text{ кВт}$$

Чистове точіння на мінімальному діаметрі:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S_{\text{ст}}^{y_v}} \cdot k_v = \frac{420}{90^{0,2} \cdot 0,5^{0,15} \cdot 0,15^{0,2}} \cdot 0,85 = 235 \text{ м/хв},$$

де $C_v=420$; $m=0,2$; $x_v=0,15$; $y_v=0,2$ – значення постійного коефіцієнта і показників ступеня;

k_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує задані умови обробки:

$$\begin{aligned} k_v &= k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} \cdot k_{\varphi v} \cdot k_{\varphi 1v} \cdot k_{rv} \cdot k_{qv} \cdot k_{ov} = \\ &= 1 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,85 \end{aligned}$$

де $k_{mv}=1$;

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_{nv}=1;$$

$$k_{uv}=0,85;$$

$T=90$ хв – період стійкості різця.

Визначаємо силу різання P_z :

$$P_z = 9,8 * C_{pz} * t^{X_{pz}} * S_{ct}^{Y_{pz}} * V^{n_{pz}} * k_{pz} =$$

$$= 9,8 * 300 * 0,5^1 * 0,15^{0,75} * 324,7^{-0,15} * 0,82 = 122,03 \text{ Н}$$

де $C_{pz}=300$ – коефіцієнт що враховує умови обробки;

$X_{pz}=1$; $Y_{pz}=0,75$; $n_{pz}=-0,15$ – показники ступені, відповідно, при глибині, подачі і швидкості різання;

$$k_{pz} = k_{mp} * k_{\varphi p} * k_{\gamma p} * k_{\lambda p} * k_{rp} = 1 * 0,89 * 1,1 * 0,93 = 0,82,$$

$$k_{\varphi p}=0,89; k_{\gamma p}=1,1; k_{\lambda p}=0,93;$$

$$k_{mp} = 1;$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D} = \frac{1000 * 235,3}{3,14 * 630} = 1188,86 \text{ хв}^{-1}$$

Визначаємо потужність при чорновому точінні:

$$N = \frac{P_z * V}{60 * 1000} = \frac{122 * 235,3}{60 * 1000} = 0,66 \text{ кВт}$$

Різання на максимальному діаметрі

Розрахунок швидкості різання:

$$V = \frac{C_v}{T^m * S_{ct}^{y_v}} * k_v = \frac{41,8}{30^{0,13} * 0,5^{0,30}} * 1 = 33,07 \text{ м/хв},$$

де $C_v=41,8$; $m=0,13$; $y_v=0,30$ – значення постійного коефіцієнта і показників степеня;

k_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує задані умови обробки:

$$k_v = k_{mv} * k_{nv} * k_{uv} * k_{\varphi v} * k_{\varphi 1v} * k_{rv} * k_{qv} * k_{ov} =$$

$$= 1 * 1 * 1 = 1$$

$$\text{де } k_{mv}=1;$$

$$k_{nv}=1; k_{uv}=1;$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо діапазон регулювання двигуна при постійній потужності:

$$D_{дв} = \frac{n_{дв.мах}}{n_{дв.ном}} = \frac{8000}{1500} = 5,3$$

Визначаємо діапазон регулювання швидкості шпинделя при постійній потужності:

$$D_{шп} = \frac{n_{шп.мах}}{n_{чорн.}} = \frac{18825}{907} = 20,75$$

Визначаємо кількість діапазонів регулювання швидкостей:

$$Z_k = \frac{\ln * D_{шп}}{\ln \varphi_k} = \frac{\ln 22,71}{\ln 1,26^7} = 1,93 = 2$$

Будуємо графік частот обертання:



Рис.3.2 – Графік частот обертання

Табл. 3.2 – Розрахунок зубчастих коліс

φ^3	$\frac{5}{4}$	9	5	$\frac{25}{20}$	$\frac{50}{40}$
$\frac{1}{\varphi^5}$	$\frac{1}{4}$	5	9	$\frac{9}{36}$	$\frac{18}{72}$

Н.О.К. = 45

3.3 Розрахунок коробки швидкостей

Призначення матеріалів і розрахунок допустимих напружень. Приймається для виготовлення шестерні й колеса Сталь 45 з термообробкою-поліпшення.

Обґрунтування. Зуби нарізають після ТО заготовки, при цьому досягається достатня точність виготовлення зубчастих коліс без використання дорогих фінішних операцій. Колеса добре підпрацьовуються.

- для шестерні - твердість поверхні зубів $H_1 = 269..302$ HB;

$\sigma_{B1} = 890$ МПа; $\sigma_{T1} = 650$ МПа.

- для колеса – твердість поверхні зубів $H_2 = 235..262$ HB;

$\sigma_{B2} = 780$ Мпа; $\sigma_{T2} = 540$ МПа.

Доступні контактні напруження:

$$[\sigma]_H = \frac{\sigma_{H \lim b}}{S_H} K_{HL} * Z_R * Z_V * K_L * K_{XH};$$

Для шестерні:

$$\sigma_{H \lim b} = 2H_{HB} + 70 = 1,8 * 285,5 + 67 = 581 \text{ МПа.}$$

$$S_H = 1,1,$$

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO1}}{N_{HE1}}} = \sqrt[6]{\frac{23473395}{599418840}} = 0,58 < 1, \text{ приймається } K_{HL} = 1.$$

$$N_{HO1} = 30 * H_{HB}^{2,4} = 30 * 285,5^{2,4} = 23473395;$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{HE1} = 60 * n_1 * \sum_{i=1}^k \left[\left(\frac{P_i}{P_1} \right)^3 * t_i \right] =$$

$$= 60 * 1250 * \left(\frac{P}{P} \right)^3 * 5000 + \left(\frac{0,7P}{P} \right)^3 * 4500 + \left(\frac{0,5P}{P} \right)^3 * 3000 =$$

$$= 599418840.$$

$Z_R = 1$ (приймається $Ra = 1,25 \dots 0,63$);

$Z_V = 1$ (очікується $V < 5$ м/с);

$K_L = 1$ (закрита передача, що добре змащується);

$K_{XH} = 1$ (очікується діаметр коліс менше 700 мм).

$$[\sigma]_{H1} = \frac{640}{1,1} * 1 * 1 * 1 * 1 * 1 = 582 \text{ МПа.}$$

Для колеса:

$$\sigma_{H \lim b} = 2H_{HB} + 70 = 2 * 285,5 + 70 = 641 \text{ МПа.}$$

$S_H = 1,1$;

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO2}}{N_{HE2}}} = \sqrt[6]{\frac{23473395}{479535072}} = 0,60, \text{ приймається } K_{HL} = 1;$$

$$N_{HO2} = 30 * H_{HB}^{2,4} = 30 * 285,5^{2,4} = 23473395;$$

$$N_{HE2} = \frac{N_{HE1}}{U_{1-2}} = \frac{599418840}{1,25} = 479535072;$$

$Z_R = 1$ (приймається $Ra = 1,25 \dots 0,63$);

$Z_V = 1$ (очікується $V < 5$ м/с);

$K_L = 1$ (закрита передача, що добре змащується);

$K_{XH} = 1$ (очікується діаметр коліс менше 700 мм).

$$[\sigma]_{H2} = \frac{641}{1,1} * 1 * 1 * 1 * 1 * 1 = 582 \text{ МПа.}$$

За розрахункове допустиме контактне напруження для прямозубої циліндричної передачі приймається менше з $[\sigma]_{H1}$ і $[\sigma]_{H2} - [\sigma]_{розр} = 518 \text{ МПа.}$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Призначення коефіцієнтів

$$\psi_{ba} = 1;$$

$$K_{H\alpha} = 1;$$

$$K_{H\beta} = 1,055 \text{ (див. табл. 35 при } \frac{b_2}{d_1} = \psi_{ba} \frac{U_{1-2}+1}{2} = 0,315 \frac{1,25+1}{2} = 0,35),$$

$$K_{HV} = 1,2.$$

Розрахунок міжосьової відстані:

$$\begin{aligned} a &\geq K_{ap}(U_{1-2} + 1) * \sqrt[3]{\frac{T_2 * 10^3}{\psi_a * U_{1-2} * [\sigma]_{H \text{ розр}}^2}} = \\ &= 49,5 * 10^3(1,25 + 1) * \sqrt[3]{\frac{175,7 * 10^3}{0,15 * 1,25^2 * 581^2}} = 145,3 \text{ мм} \end{aligned}$$

Призначення модуля:

$$m = (0,01 \dots 0,025)a = (0,01 \dots 0,025) * 100 = (1 \dots 2,5) \text{ мм}$$

Приймається $m = 2$;

Перерахуємо міжосьову відстань:

$$a = \frac{(z_1 + z_2) * m}{2} = \frac{(50 + 40) * 6}{2} = 270$$

Перераховуємо модуль

$$m = (z_1 + z_2) = \frac{2A}{z_1 + z_2} = \frac{2 * 270}{90} = 6$$

$$U_{1-2\phi} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{50}{40} = 6$$

$$\Delta U = \left| \frac{U_{1-2} - U_{1-2\phi}}{U_{1-2}} \right| * 100\% = \left| \frac{6 - 6}{6} \right| * 100\% = 0\% < [\Delta U] = 2,5\%$$

Розрахунок геометричних розмірів зубчастих коліс:

$$b = b_2 = \psi_{ba} * a = 0,15 * 145,3 = 21,7 \text{ мм}$$

Приймається з ряду нормальних лінійних розмірів $b_2 = 21,7 \text{ мм}$,

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_1 = m * z_1 = 6 * 40 = 240 \text{ мм}$$

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 240 + 2 * 6 = 252 \text{ мм}$$

$$d_{f1} = d_1 - 2,5m = 240 - 2,5 * 6 = 225 \text{ мм}$$

$$d_2 = m * z_2 = 6 * 50 = 300 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 300 + 2 * 6 = 312 \text{ мм}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5m = 300 - 2,5 * 6 = 285 \text{ мм}$$

Перевірка:

$$\frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} = a; \frac{240}{2} + \frac{300}{2} = 270$$

Призначення ступення точності:

$$V = \frac{\pi * d_1 * n_1}{60000} = \frac{3,14 * 240 * 1144}{60000} = 14,36 \text{ м/с}$$

Призначається ступінь точності: 8-В ДСТУ 1643-81.

Перевірний розрахунок для передач 1-2

Перевірка на контактну втомну міцність

$$\sigma_H \leq [\sigma]_H$$

$$\begin{aligned} \sigma_H &= k * \sqrt{\frac{F_t * (U_{1-2} + 1)}{b_2 * d_2}} * K_{H\alpha} * K_{H\beta} * K_{H\nu} \\ &= 436 * \sqrt{\frac{F_t * (1.25 + 1)}{161.4 * 21.7}} * 1 * 1 * 1.08 = 535.8 \end{aligned}$$

$$F_t = \frac{2 * Tz * 10^3}{d_2} = \frac{2 * 175.7 * 10^3}{161.4} = 2177.19;$$

$$K_{H\alpha} = 1 \text{ (прямі зуби);}$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{H\beta} = 1,08$ (див. табл. 35 при $\frac{b_2}{d_1} = \frac{6,3}{56} = 0,4$; поблизу одної з опор колеса припрацьовуються);

$$K_{HV} = 1 \text{ (див. табл. 36 при } V = 4,55 \frac{\text{м}}{\text{с}} \text{);}$$

ступінь точності по нормі плавності – 8; $H_2 \leq 350 \text{ HB}$).

$$\sigma_{F_2} = Y_{F_2} * Y_B * \frac{F_t}{b * m} * K_{H\alpha} * K_{H\beta} * K_{HV} = 3.65 * 1 \frac{2177.19}{21.7 * 6} * 1 * 1 * 1.08 = 65.9$$

535 МПа < 581 МПа – контактну втомну міцність забезпечено.

Перевірка на втомну міцність при згинанні:

$$\sigma_F \leq [\sigma]_F;$$

Розрахунок прямозубої циліндричної передачі 3-4

- для шестерні - твердість поверхні зубів $H_3 = 269..302 \text{ HB}$;

$$\sigma_{B3} = 890 \text{ МПа; } \sigma_{T3} = 650 \text{ МПа.}$$

- для колеса – твердість поверхні зубів $H_4 = 235..262 \text{ HB}$;

$$\sigma_{B4} = 780 \text{ МПа; } \sigma_{T4} = 540 \text{ МПа.}$$

Доступні контактні напруження:

$$[\sigma]_H = \frac{\sigma_{H \lim b}}{S_H} K_{HL} * Z_R * Z_V * K_L * K_{XH}.$$

Для шестерні:

$$\sigma_{H \lim b} = 2H_{HB} + 70 = 2 * 285 + 70 = 640 \text{ МПа;}$$

$$S_H = 1,1;$$

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{H03}}{N_{HE3}}} = \sqrt[6]{\frac{23374855}{296803650}} = 0,65 < 1, \text{ приймається } K_{HL} = 1;$$

$$N_{H03} = 30 * H_{HB}^{2,4} = 30 * 285^{2,4} = 23374855;$$

$$\begin{aligned} N_{HE3} &= 60 * n_3 * \sum_{i=1}^k \left[\left(\frac{P_i}{P_1} \right)^3 * t_i \right] = \\ &= 60 * 715 * \left(\frac{P}{P} \right)^3 * 5000 + \left(\frac{0,7P}{P} \right)^3 * 4500 + \left(\frac{0,5P}{P} \right)^3 * 3000 = \\ &= 296803650 \end{aligned}$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Z_R = 1$ (приймається $Ra = 1,25 \dots 0,63$);

$Z_V = 1$ (очікується $V < 5$ м/с);

$K_L = 1$ (закрита передача, що добре змащується);

$K_{xH} = 1$ (очікується діаметр коліс менше 700 мм).

$$[\sigma]_{H3} = \frac{640}{1,1} * 1 * 1 * 1 * 1 * 1 = 582 \text{ МПа.}$$

Для колеса:

$$\sigma_{H \lim b} = 2H_{HB} + 70 = 2 * 250 + 70 = 570 \text{ МПа.}$$

$S_H = 1,1$;

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO4}}{N_{HE4}}} = \sqrt[6]{\frac{17067789}{836606661}} = 0,52, \text{ приймається } K_{HL} = 1$$

$$N_{HO4} = 30 * H_{HB}^{2,4} = 30 * 250^{2,4} = 17067789$$

$$N_{HE4} = \frac{H_{HE3}}{U_{3-4}} = \frac{296803650}{3,55} = 836606661$$

$Z_R = 1$ (приймається $Ra = 1,25 \dots 0,63$);

$Z_V = 1$ (очікується $V < 5$ м/с);

$K_L = 1$ (закрита передача, що добре змащується);

$K_{xH} = 1$ (очікується діаметр коліс менше 700 мм).

$$[\sigma]_{H4} = \frac{570}{1,1} * 1 * 1 * 1 * 1 * 1 = 518 \text{ МПа.}$$

За розрахункове допустиме контактне напруження для прямозубої циліндричної передачі приймається менше з $[\sigma]_{H1}$ і $[\sigma]_{H2} - [\sigma]_{розр} = 518 \text{ МПа.}$

Призначення коефіцієнтів

$\psi_{ba} = 0,2$ (приймається з рекомендацій, див. табл. 18);

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{H\alpha} = 1$ (прямі зуби);

$K_{H\beta} = 1,1$ (див. табл. 35 при $\frac{b_4}{d_3} = \psi_{ba} \frac{U_{3-4}-1}{2} = 0,2 \frac{3,55-1}{2} = 0,255$);

$K_{H\nu} = 1,2$ (для проектувального розрахунку).

Розрахунок міжосьової відстані:

$$\begin{aligned} a &\geq K_{ap}(U_{3-4} + 1) * \sqrt[3]{\frac{T_{3-4} * 10^3}{\psi_a * U_{3-4} * [\sigma]_{H \text{ розр}}^2}} = \\ &= 49,5 * (4 + 1) * \sqrt[3]{\frac{878,6 * 10^3}{0,15 * 4 * 581}} = 254,28 \text{ мм} \end{aligned}$$

Розрахунок геометричних розмірів зубчастих коліс:

$$b = b_2 = \psi_{ba} * a = 0,15 * 254,28 = 38,14 \text{ мм}$$

Перераховуємо модуль:

$$m = (z_1 + z_2) = \frac{2A}{z_1 + z_2} = \frac{2 * 270}{120} = 4,5 = 6$$

$$d_3 = m * z_3 = 6 * 18 = 108 \text{ мм}$$

$$d_{a3} = d_3 + 2m = 108 + 2 * 6 = 123 \text{ мм}$$

$$d_{f3} = d_3 - 2,5m = 108 - 2,5 * 6 = 93 \text{ мм}$$

$$d_4 = m * z_4 = 6 * 72 = 432 \text{ мм}$$

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 432 + 2 * 6 = 444 \text{ мм}$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5m = 432 - 2,5 * 6 = 417 \text{ мм}$$

Перевірка:

$$\begin{aligned} \sigma_H &= k * \sqrt{\frac{F_t * (U_{1-2} + 1)}{b_2 * d_2}} * K_{H\alpha} * K_{H\beta} * K_{H\nu} \\ &= 436 * \sqrt{\frac{4319,14 * (4 + 1)}{406,84 * 38,17}} * 1 * 1 * 1,08 = 534,5 \end{aligned}$$

$$F_t = \frac{2 * T_z * 10^3}{d_2} = \frac{2 * 878,6 * 10^3}{406,84} = 4319,14;$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{H\alpha} = 1 \text{ (прямі зуби);}$$

$K_{H\beta} = 1,08$ (див. табл. 35 при $\frac{b_2}{d_1} = \frac{6,3}{56} = 0,4$; поблизу одної з опор колеса припрацьовуються);

$$K_{HV} = 1 \text{ (див. табл. 36 при } V = 4,55 \frac{м}{с} \text{);}$$

ступінь точності по нормі плавності – 8; $H_2 \leq 350 \text{ НВ}$).

$$\sigma_{F_2} = Y_{F2} * Y_B * \frac{F_t}{b * m} * K_{H\alpha} * K_{H\beta} * K_{HV} = 3.65 * 1 * \frac{4319.14}{38.14 * 6} * 1 * 1 * 1.08 = 73.5$$

73.5 МПа < 371 МПа – контактну втомну міцність забезпечено.

Перевірка на втомну міцність при згинанні:

$$\sigma_F \leq [\sigma]_F;$$

Розрахунок зубчастої передачі

Приймаємо пас АТ10 з навантаженням 16000Н на 100м

Визначаємо кількість зубів на шківках:

$$z_1 = \frac{\pi * d_1}{2} = \frac{3.14 * 180}{10} = 57 \text{ зуб.}$$

$$z_2 = z_1 * U = 57 * 1.6 = 90 \text{ зуб.}$$

Визначаємо діаметри шківів:

$$d_1 = \frac{z_1 * 10}{\pi} = \frac{57 * 10}{3.14} = 181 \text{ мм.}$$

$$d_2 = \frac{z_2 * 10}{\pi} = \frac{90 * 10}{3.14} = 286 \text{ мм.}$$

Сила діюча на шків :

$$F = \frac{T_{ш}}{R_{ш}} = \frac{146}{0,09} = 1626 \text{ Н.}$$

Ширина шківка:

$$b = \frac{F * 100}{R_{ш}} = \frac{1626 * 100}{16000} = 5.49 \text{ мм.}$$

Приймаємо b=50мм.

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проектувальний розрахунок валів

Визначаємо діаметри валів

$$d = 110 \sqrt[4]{\frac{N_{дв}}{n_{вала}}}$$

$$d_1 = 110 \sqrt[4]{\frac{3,7}{3200}} = 20,3 = 20 \text{ мм}$$

$$d_2 = 110 \sqrt[4]{\frac{3,7}{500}} = 32,3 = 35 \text{ мм}$$

Перевірочні розрахунки на витривалість

Розрахунок навантажень:

$$F_{t1} = F_{t2} = \frac{2000 * T_{z1}}{d_1} = \frac{2000 * 11,04}{20} = 1104 \text{ Н}$$

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t1} * \tan \alpha = 1104 * \tan 20^\circ = 401,8 \text{ Н}$$

$$F_{t3} = F_{t4} = \frac{2000 * T_{z3}}{d_3} = \frac{2000 * 70,67}{35} = 4038,2 \text{ Н}$$

$$F_{r3} = F_{r4} = F_{t3} * \tan \alpha = 4038,2 * \tan 20^\circ = 1469,7 \text{ Н}$$

Q= 289,2 Н – розрахунок пасової передачі;

Розрахунок вхідного валу

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

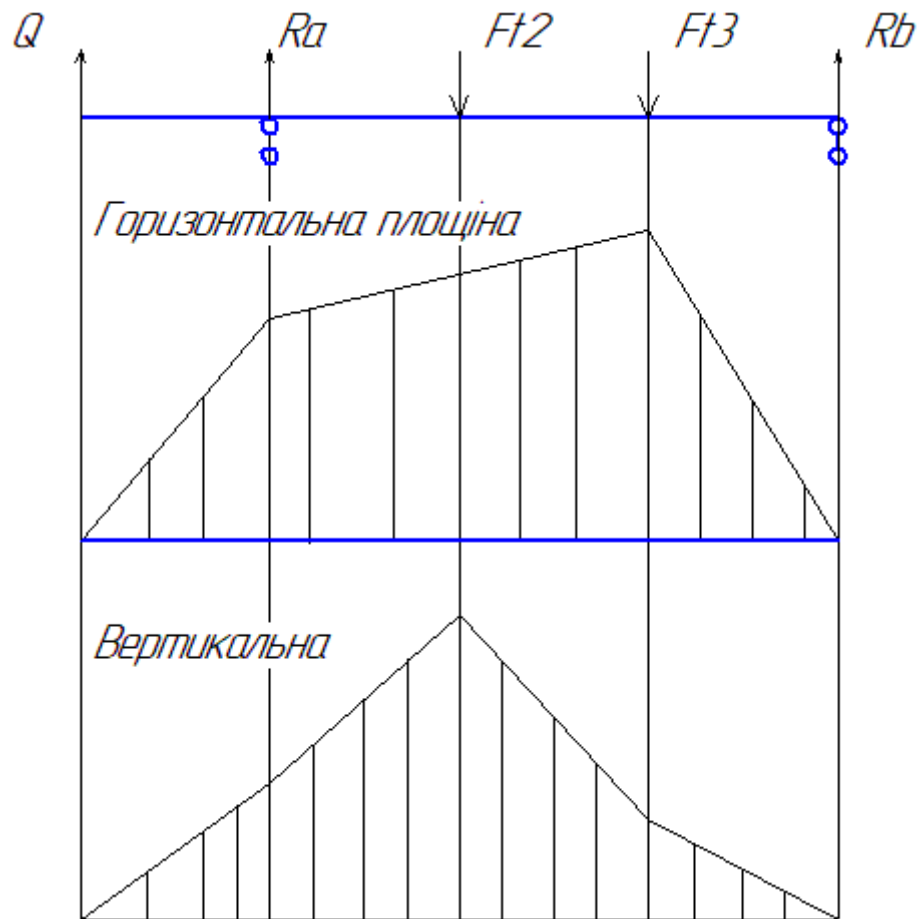


Рис. 3.3 – Схема навантаження і епюр вхідного валу

Вертикальна площина:

$a = 91 \text{ мм};$

$b = 52 \text{ мм};$

$c = 100 \text{ мм}.$

$d = 110 \text{ мм}.$

$$\sum M_a = 0; R_B^B * (a + b + c) - F_{t1} * b - F_{t3} * (b + c) = 0$$

$$R_B^B = \frac{F_{t1} * b + F_{t3} * (b + c)}{a + b + c} = \frac{9760 * 52 + 7320 * 152}{262} = 6183 \text{ Н}$$

$$\sum M_b = 0; -R_A^B * (b + c + d) + F_{t1} * (c + d) - F_{t3} * d = 0$$

$$R_A^B = \frac{F_{t1} * (d + c) + F_{t3} * d}{a + b + c} = \frac{9760 * 210 + 7320 * 110}{262} = 10896 \text{ Н}$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка:

$$\sum F = 0; R_A^B - F_{t1} + F_{t3} - R_B^B = 0$$
$$10896 - 9760 + 6183 - 7320 = 0$$
$$0 = 0$$

Згинання моменти у вертикальній площині:

$$M_1 = 0 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_2 = R_A^B \cdot b = 10896 \cdot 52 = 566592 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_3 = R_B^B \cdot c = 6182 \cdot 110 = 680020 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_4 = 0 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Горизонтальна площина:

$$\sum M_a = 0; Q + F_{r1} \cdot b + F_{r3} \cdot (c + b) - R_B^\Gamma \cdot (d + b + c) = 0$$
$$-R_B^\Gamma = \frac{-Q \cdot a - F_{r1} \cdot b - F_{r3} \cdot (c + b)}{a + b + c}$$
$$= \frac{-1155.7 \cdot 91 - 3552.3 \cdot 52 - 2664.2 \cdot 152}{262} = 2652.08 \text{ Н}$$
$$\sum M_b = 0; Q(a + b + c + d) + R_A^\Gamma \cdot (d + b + c) - F_{r1}(d + c) - F_{r3} \cdot d = 0$$
$$R_A^\Gamma = \frac{-Q \cdot (a + b + c + d) + F_{r1} \cdot (b + c) + F_{r3} \cdot c}{a + b + c}$$
$$= \frac{1155.7 \cdot 353 + 3552.3 \cdot 210 + 2664.2 \cdot 110}{262} = 2408.7 \text{ Н}$$

Перевірка:

$$\sum F = 0; R_A^\Gamma - F_{r1} + F_{r3} - R_B^\Gamma + Q = 0$$
$$2408.7 - 3552.3 + 2652.08 - 2664.2 + 1155.7 = 0$$
$$0 = 0$$

Згинання моменти у горизонтальній площині:

$$M_1 = 0 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_2 = R_A^r * b = 2408.7 * 52 = 125252.4 \text{ Н} * \text{мм};$$

$$M_3 = Q(a + b) + R_B^r * b = 1155.7 * 143 + 2652.08 * 52 = 303173.2 \text{ Н} * \text{мм};$$

$$M_4 = 0 \text{ Н} * \text{мм}.$$

$$M_{зг1} = 0 \text{ Н} * \text{мм};$$

$$M_{зг2} = \sqrt{566592^2 + 125252.4^2} = 580271 \text{ Н} * \text{мм};$$

$$M_{зг3} = \sqrt{680020^2 + 303173.2^2} = 744540 \text{ Н} * \text{мм};$$

$$M_{зг4} = 0 \text{ Н} * \text{мм}.$$

Небезпечний переріз валу є переріз у точці 3.

$$d = d_{n1} = 60 \text{ мм};$$

$$M_{зг} = 74450.9 \text{ Н} * \text{мм};$$

$$T = 878600 \text{ Н} * \text{мм};$$

$$S \geq [S];$$

$$[S] > 1,75 \dots 2,5$$

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} * \sigma_a + \psi_\sigma * \sigma_m} = \frac{320}{3.4 * 34,46} = 2.7$$

Матеріал валу: 40Х

$$\sigma_{-1} = 320 \text{ МПа};$$

$$\psi_\sigma = 0,15 - \text{легована сталь};$$

$$\sigma_a = \sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_0} = \frac{744540.9}{21600} = 34.46 \text{ МПа};$$

$$W_0 = 0,1 * d^3 = 0,1 * 60^3 = 21600 \text{ м}^3;$$

$$\sigma_m = \sigma_p = \frac{F_a}{A} = 0 \text{ тому що, } F_a = 0;$$

$$K_{\sigma D} = \frac{\frac{K_\sigma}{K_{d\sigma}} + K_F - 1}{K_V} = \frac{\frac{2,4}{0,71} + 1,1 - 1}{1} = 3.4;$$

$$K_\sigma = 2,4;$$

$$\sigma_B = 600 \text{ МПа};$$

$$K_{d\sigma} = 0,71 - \text{для діаметра валу } d = 45 \text{ мм};$$

$$K_F = 1,1 - \text{при шорсткості } R_a = 1,1;$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_V = 1$ – поверхневе зміцнення не передбачене.

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} * \tau_a + \psi_\tau * \tau_m} = \frac{200}{3.4 * 24 + 0,10 * 24} = 2.3$$

$$\tau_{-1} = 200 \text{ МПа};$$

$$\psi_\tau = 0,10$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{кр}}{2} = \frac{48}{2} = 24 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \frac{T}{W_p} = \frac{878600}{0,2 * 45^3} = 48 \text{ МПа};$$

$$K_{\tau D} = \left(\frac{K_\tau}{K_{d\tau}} + K_F - 1 \right) = \left(\frac{2.4}{0.71} + 1,1 - 1 \right) = 3.4;$$

$$K_\tau = 2.4;$$

$$K_{d\tau} = 0,71 - \text{для діаметра валу } d = 20 \text{ мм};$$

$$K_F = 1,1 - \text{при шорсткості } R_a = 1,1;$$

$$S = \frac{S_\sigma * S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = \frac{2.7 * 2.3}{\sqrt{2.7^2 + 2.3^2}} = 1,75$$

$[S] = 1,7 \dots 2,5$ – втомна витривалість валу забезпечена.

Розрахунок вихідного валу

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

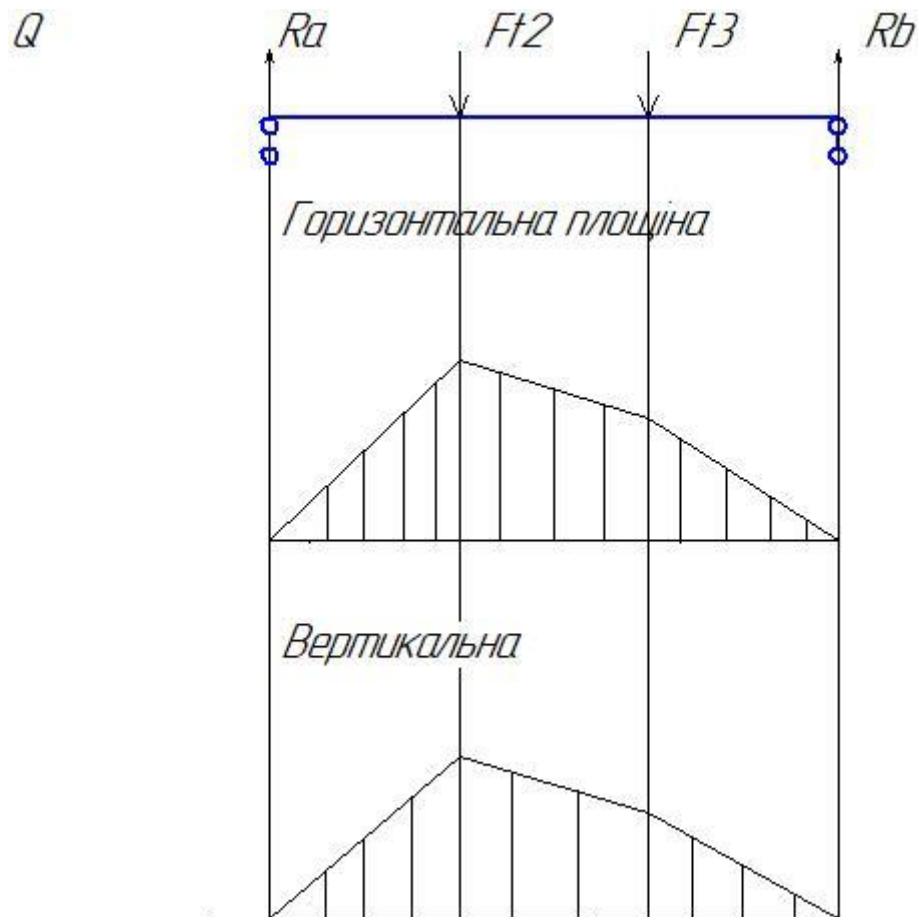


Рис. 3.4 – Схема навантаження і епюр вхідного валу

Вертикальна площина:

$a = 151 \text{ мм};$

$b = 62 \text{ мм};$

$c = 46 \text{ мм}.$

$$\sum M_a = 0; -F_{t1} * a - F_{t3} + R_B^B * (a + b + c) = 0$$

$$R_B^B = \frac{F_{t1} * a + F_{t3} * (a + b)}{a + b + c} = \frac{9760 * 151 + 7320 * 213}{259} =$$

$$= 11710,11 \text{ Н}$$

$$\sum M_b = 0; -R_A^B * (a + b + c) + F_{t1} * (b + c) + F_{t3} * c = 0$$

$$R_A^B = \frac{F_{t1} * (b + c) + F_{t3} * c}{a + b + c} = \frac{7320 * 46 + 9760 * 108}{259} = 5369,88 \text{ Н}$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевірка:

$$\sum F = 0; R_A^B - F_{t1} - F_{t3} + R_B^B = 0$$
$$0 = 0$$

Згинання моменти у вертикальній площині:

$$M_1 = 0 \text{ H} \cdot \text{мм};$$

$$M_2 = R_A^B \cdot a = 5369,88 \cdot 151 = 810851,88 \text{ H} \cdot \text{мм};$$

$$M_3 = R_B^B \cdot c = 11710,11 \cdot 46 = 538665,06 \text{ H} \cdot \text{мм};$$

$$M_4 = 0 \text{ H} \cdot \text{мм}.$$

Горизонтальна площина:

$$\sum M_a = 0; -F_{r1} \cdot a - F_{r3} \cdot (a + b) + R_B^\Gamma \cdot (a + b + c) = 0$$

$$R_B^\Gamma = \frac{F_{r1} \cdot a + F_{r3} \cdot (a + b)}{a + b + c} = \frac{3552,3 \cdot 151 + 2664,2 \cdot 213}{259} = 4262,05 \text{ H}$$

$$\sum M_b = 0; F_{r3} \cdot c + F_{r1} \cdot (b + c) - R_A^\Gamma \cdot (a + b + c) = 0$$

$$R_A^\Gamma = \frac{F_{r3} \cdot c + F_{r1} \cdot (b + c)}{a + b + c} = \frac{2664,2 \cdot 46 + 3552,3 \cdot 108}{259} = 1954,4 \text{ H}$$

Перевірка:

$$\sum F = 0; -F_{r1} + R_A^\Gamma - F_{r3} + R_B^\Gamma = 0$$
$$0 = 0$$

Згинання моменти у горизонтальній площині:

$$M_1 = 0 \text{ H} \cdot \text{мм};$$

$$M_2 = R_A^\Gamma \cdot a = 1954,4 \cdot 151 = 295114,4 \text{ H} \cdot \text{мм};$$

$$M_3 = R_B^\Gamma \cdot c = 4262,05 \cdot 46 = 196054,3 \text{ H} \cdot \text{мм};$$

$$M_4 = 0 \text{ H} \cdot \text{мм}.$$

$$M_{зг1} = 0 \text{ H} \cdot \text{мм};$$

$$M_{зг2} = \sqrt{810851,88^2 + 295114,4^2} = 862886,59 \text{ H} \cdot \text{мм};$$

$$M_{зг3} = \sqrt{538665,06^2 + 196054,3^2} = 573234,1 \text{ H} \cdot \text{мм};$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{зг4} = 0 \text{ Н} * \text{мм.}$$

Небезпечний переріз валу є переріз є у точці 3.

$$d = d_{n1} = 60 \text{ мм};$$

$$M_{зг} = 862886,59 \text{ Н} * \text{мм};$$

$$T = 219500 \text{ Н} * \text{мм};$$

$$S \geq [S];$$

$$[S] > 1,75 \dots 2,5$$

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma D} * \sigma_a + \psi_{\sigma} * \sigma_m} = \frac{320}{2,3 * 39,9} = 3,48$$

Матеріал валу: 40Х

$$\sigma_{-1} = 320 \text{ МПа};$$

$$\psi_{\sigma} = 0,25 - \text{легована сталь};$$

$$\sigma_a = \sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_0} = \frac{862886,59}{21600} = 39,9 \text{ МПа};$$

$$W_0 = 0,1 * d^3 = 0,1 * 60^3 = 21600 \text{ м}^3;$$

$$\sigma_m = \sigma_p = \frac{F_a}{A} = 0 \text{ тому що, } F_a = 0;$$

$$K_{\sigma D} = \frac{\frac{K_{\sigma} + K_F - 1}{K_{d\sigma}}}{K_V} = \frac{1,8}{0,88} + 1,1 - 1)/1 = 2,3;$$

$$K_{\sigma} = 1,8;$$

$$\sigma_B = 600 \text{ МПа};$$

$$K_{d\sigma} = 0,88 - \text{для діаметра валу } d = 20 \text{ мм};$$

$$K_F = 1,1 - \text{при шорсткості } R_a = 1,1;$$

$$K_V = 1 - \text{поверхнєве зміцнення не передбачене.}$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} * \tau_a + \psi_{\tau} * \tau_m} = \frac{200}{2,3 * 2,54 + 0,15 * 2,54} = 32,13$$

$$\tau_{-1} = 200 \text{ МПа};$$

$$\psi_{\tau} = 0,15$$

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{кр}}{2} = \frac{5,08}{2} = 2,54 \text{ МПа};$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{кр} = \frac{T}{W_p} = \frac{219500}{0,2 \cdot 60^3} = 5,08 \text{ МПа};$$

$$K_{\tau D} = \left(\frac{K_{\tau}}{K_{d\tau}} + K_F - 1 \right) = \left(\frac{1,8}{0,88} + 1,1 - 1 \right) = 2,3;$$

$$K_{\tau} = 1,8;$$

$$K_{d\tau} = 0,88 - \text{для діаметра валу } d = 20 \text{ мм};$$

$$K_F = 1,1 - \text{при шорсткості } R_a = 1,1;$$

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = \frac{3,48 \cdot 32,13}{\sqrt{3,48^2 + 32,13^2}} = 3,4$$

$[S] = 1,7 \dots 2,5$ – втомна витривалість валу забезпечена.

3. 4. Розрахунок підшипників

Для підшипника №309 маємо:

$$d = 45 \text{ мм};$$

$$D = 100 \text{ мм};$$

$$B = 25 \text{ мм};$$

$$C_r = 57,7 \text{ кН}.$$

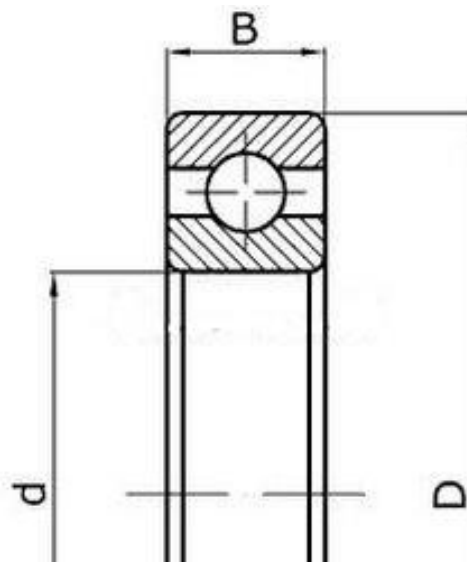


Рисунок 3.5 – Ескіз кулькового радіального підшипника

Зовнішні радіальні навантаження на підшипники:

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{R1} = \sqrt{(R_A^{\Gamma})^2 + (R_A^B)^2} = \sqrt{10896^2 + 2408,7^2} = 11159,06 \text{ Н}$$

$$F_{R2} = \sqrt{(R_B^{\Gamma})^2 + (R_B^B)^2} = \sqrt{6183^2 + 2652,08^2} = 6727,7 \text{ Н}$$

Більш навантажений підшипник в опорі В, по ньому ведемо розрахунок.

Еквівалентне динамічне навантаження підшипника:

$$P_{re} = P_r * K_e = 14506,7 * 1 = 14506,7 \text{ Н}$$

$$P_r = \chi * V * F_R * K_B * K_T = 1 * 1 * 11159,06 * 1,3 * 1 = 14506,7 \text{ Н}$$

$K_B = 1,3$ – коефіцієнт безпеки;

$K_T = 1$ – коефіцієнт температури роботи підшипника;

$V = 1$ – коефіцієнт кільця

$\chi = 1$ – коефіцієнт радіального навантаження.

Довговічність підшипників у мільйонах обертів:

$$L = a_1 * a_{23} \left(\frac{C_r}{P_{re}} \right)^{\alpha} = 1 * 0,75 * \left(\frac{57700}{14506,7} \right)^3 = 47,4 \text{ млн/об}$$

$a_1 = 1$ при $S = 0,9$ – коефіцієнт надійності підшипника;

$a_{23} = 0,75$ – коефіцієнт умови роботи використання кулькового підшипника.

$\alpha = 3$ – для кулькового підшипника.

$$L_h = \frac{L * 10^6}{60 * n} = \frac{47,4 * 10^6}{60 * 250} = 3160 \text{ год}$$

Для підшипника №26212 маємо:

$d = 60 \text{ мм};$

$D = 100 \text{ мм};$

$B = 22 \text{ мм};$

$C_r = 212 \text{ кН}.$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

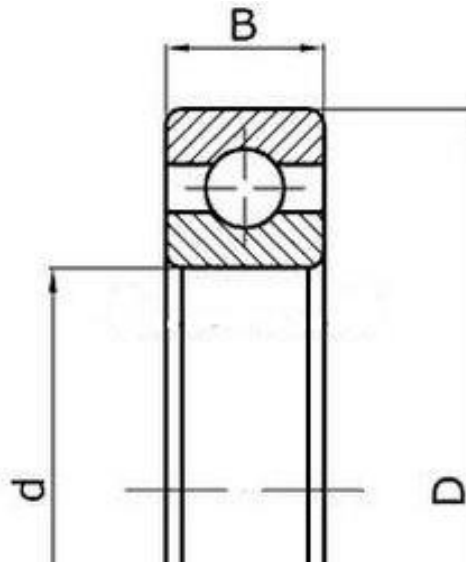


Рисунок 3.6 – Ескіз кулькового радіального підшипника

Зовнішні радіальні навантаження на підшипники:

$$F_{R1} = \sqrt{(R_A^I)^2 + (R_A^B)^2} = \sqrt{5369,88^2 + 1954,4^2} = 5714,5 \text{ Н}$$

$$F_{R2} = \sqrt{(R_B^I)^2 + (R_B^B)^2} = \sqrt{11710,11^2 + 4262,05^2} = 12461,6 \text{ Н}$$

Більш навантажений підшипник в опорі В, по ньому ведемо розрахунок.

Еквівалентне динамічне навантаження підшипника:

$$P_{re} = P_r * K_e = 16200,08 * 1 = 16200,08 \text{ Н}$$

$$P_r = x * V * F_R * K_B * K_T = 1 * 1 * 12461,6 * 1,3 * 1 = 16200,08 \text{ Н}$$

$K_B = 1,3$ – коефіцієнт безпеки;

$K_T = 1$ – коефіцієнт температури роботи підшипника;

$V = 1$ – коефіцієнт кільця

$X = 1$ – коефіцієнт радіального навантаження.

Довговічність підшипників у мільйонах обертів:

$$L = a_1 * a_{23} \left(\frac{C_r}{P_{re}} \right)^\alpha = 1 * 0,75 * \left(\frac{212000}{16200,8} \right)^3 = 1680,8 \text{ млн/об}$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$a_1 = 1$ при $S = 0,9$ – коефіцієнт надійності підшипника;

$a_{23} = 0,75$ – коефіцієнт умови роботи використання кулькового підшипника.

$\alpha = 3$ – для кулькового підшипника.

$$L_h = \frac{L * 10^6}{60 * n} = \frac{1680,8 * 10^6}{60 * 1250} = 22410 \text{ год}$$

Розрахунок шпонкових з'єднань

Вхідний вал (шестерня 1)

Діаметр валу $d=45$ мм; обертовий момент $T=219,6$ Н*м.

По ДСТУ 23360–78 вибираємо шпонку з розмірами:

$b=14$ мм – ширина шпонки;

$h=8$ мм – висота шпонки;

$t_1=5$ мм – глибина паза у валу;

Приймаємо $[\sigma]_{зм} = 160 \dots 190$ МПа для сталевих маточин.

Мінімальна довжина шпонки з умови зминання

$$l \geq \frac{2 * 10^3 * T_{ш2} * k_{пер}}{d_{ш1} (h - t_1) [\sigma]_{зм}} + b = \frac{2 * 10^3 * 219,6 - 2,03}{45(8 - 5) * 180} + 14 = 32,07 \text{ мм}$$

Приймаємо $l = 36$ мм з ряду довжин шпонок.

Вихідний вал (шестерня 1)

Діаметр валу $d=60$ мм; обертовий момент $T=878,6$ Н*м.

По ДСТУ 23360–78 вибираємо шпонку з розмірами:

$b=18$ мм – ширина шпонки;

$h=11$ мм – висота шпонки;

$t_1=7$ мм – глибина паза у валу;

Приймаємо $[\sigma]_{зм} = 160 \dots 190$ МПа для сталевих маточин.

Мінімальна довжина шпонки з умови зминання

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$l \geq \frac{2 * 10^3 * T_{ш2} * k_{пер}}{d_{ш1} (h - t_1) [\sigma]_{зм}} + b = \frac{2 * 10^3 * 878,6 - 2,03}{60(11 - 7) * 180} + 18 = 40,6 \text{ мм}$$

Приймаємо $l = 50 \text{ мм}$ з ряду довжин шпонок

3.5 Розрахунок спеціального установчого пристосування

Для обробки даного вала-шестерні на токарних верстатах в умовах серійного виробництва доцільно застосувати в якості установчого пристосування патрон 3-х кулачковий клиновий, швидкопереналаджувальний універсальний з механізованим приводом, як механізованого приводу використовуємо стандартний електропривід ЕМГ 51 з регульованим зусиллям затиску. Управління приводом здійснюється ЧПК верстата при наявності контролю затиску деталі або від педалі оператора.

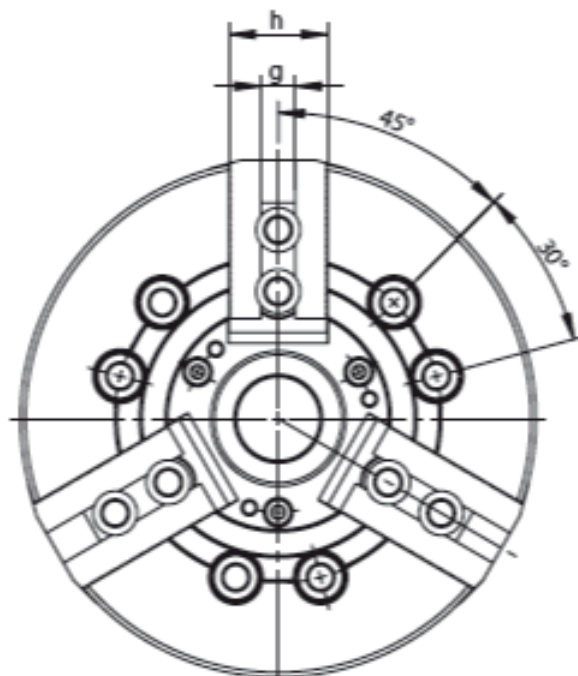


Рис.3.7 - Приклад три-кулачкового патрона

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

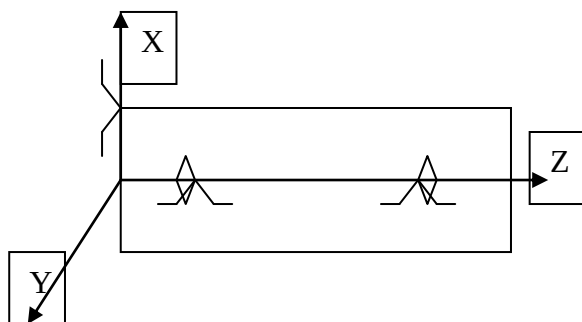
Розрахунок зусилля затиску і розрахунок тягового зусилля для настройки електроприводу:

$$P_z = 9.8 C_p t^x S^y V^n K_p = 10 \cdot 300 \cdot 3.635^{-1} \cdot 1^{0.75} \cdot 93.883^{-0.15} \cdot 0.94 = 5931 \text{ Н}$$

$$P_x = 0.4 P_z = 2372.4 \text{ Н}$$

$$P_y = 0.5 P_z = 2965.5 \text{ Н}$$

Теоретична схема базування



Розрахунок пристосування на точність

$$\epsilon_{\text{пр}} = \sqrt{(\delta - \Delta_{\text{эл}} \cdot \kappa)^2 - (\epsilon_z^2 + \epsilon_{\delta}^2)} \leq [\epsilon]_{\text{пр}}$$

де $\epsilon_{\text{пр}}$ – похибка пристосування

$\delta = 1 \text{ мм}$ – допуск на контрольований розмір

$[\epsilon_{\text{пр}}]$ допустиме значення похибки пристосування

$$[\epsilon_{\text{пр}}] = \frac{1}{3} \delta = 0,333 \text{ мм.}$$

$\epsilon_z = 0,18 \text{ мм}$ похибка закріплення в 3-х кулачковому патроні

$\epsilon_{\delta} = 0,25$ – похибка базування

$\Delta_{\text{эл}} = 100 \text{ мкм}$ $\kappa = 0,6$

$$\epsilon_{\text{пр}} = \sqrt{(1000 - 1000 \cdot 0.6)^2 - (180^2 + 250^2)} = 255 \text{ мкм}$$

Допуск на збірку

$$\delta_{\text{сб}} = [\epsilon_{\text{пр}}] - \Delta_{\text{уп}} = 0,333 - 0,03 = 0,303$$

$$\sum \epsilon = \epsilon_{\text{пр}} + \delta_{\text{сб}} = 255 + 0,303 = 558 \text{ мкм} < \delta = 1000 \text{ мкм}$$

Силовий розрахунок пристосування

Силу зажиму Q визначаємо по формулі

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = \sqrt{\left(\frac{F_{tp1}}{f}\right)^2 + \left(\frac{F_{tp2}}{f}\right)^2}$$

$$\sum M_{ox}=0; \quad 3F_{tp1} \cdot D/2 - P_z \cdot D/2 = 0 \quad F_{tp1} = P_z/3 = 5931/3 = 1977 \text{ Н}$$

$$\sum F_{kx} = 0; \quad 3F_{tp2} - P_x = 0; \quad F_{tp2} = P_x/3 = 2372.4/3 = 790.8 \text{ Н}$$

$$Q = \sqrt{\left(\frac{1977}{0.35}\right)^2 + \left(\frac{790.8}{0.35}\right)^2} = 2260 \text{ Н}$$

Тягове зусилля на штоку приводу

$$W = nk \left(1 + \frac{3l}{l_1}\right) f_1 \operatorname{tg} \beta \cdot Q$$

N – кількість кулачків $n=3$

$k_1 = 1,05$ – коефіцієнт додаткового тертя в патроні

$f_1 = 0.35$ – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях кулачків

$\beta = 12^\circ$ кут тертя на похилій поверхні клина

l = виліт кулачка від його опори до центру прикладання сили затиску; $l = 50 \text{ мм}$

l_1 – довжина прямої частини кулачка, $l_1 = 100 \text{ мм}$

$$W = 3 \cdot 1.05 \left(1 + \frac{3 \cdot 50}{100}\right) 0.35 \operatorname{tg} 12^\circ \cdot 2260 = 2307.6 \text{ Н}$$

Обраний електропривод має можливість плавного настроювання тягового зусилля, налаштовуємо його на зусилля затиску $W = 3 \text{ кН}$

3.6 Розрахунок і проектування контрольного пристосування

Пристосування для контролю перекосу паза щодо осі вала на всій довжині

1. Призначення і опис роботи пристосування:

Дане пристосування призначене для контролю перекосу паза щодо осі вала на всій довжині паза. Деталь встановлюється на стіл в пристосування.

Вимірювання проводяться за допомогою індикатора, який кріпиться на кронштейні. Планка зі вставкою контактує з поверхнею паза. Проводиться переміщення і відхилення перекосу паза щодо осі вала на всій довжині паза

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повинно бути не більше 0,025 мм.

Зняття показань відбувається за допомогою індикатора як різниця його найбільшого і найменшого показань. Налаштування пристосування відбувається по еталонній деталі, після чого індикатор виставляється на нуль.

2.Розрахунок пристосування на точність:

Похибка вимірювання, під якою розуміється відхилення знайденого значення від її дійсного значення, приймають в межах 10 ... 30% поля допуску на контрольований параметр.

Щоб витримати контрольований параметр в межах допуску, визначимо похибку пристосування за формулою

$$\Delta = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2} \leq (0,1 \dots 0,3) \cdot \delta,$$

де Δ_1 - похибка, властива даній системі вимірювання, мм; визначається системою відлікових вимірювальних пристроїв; $\Delta_1 = 0,003$ мм;

Δ_2 - похибка установки, мм

$$\Delta_2 = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_H^2} = \sqrt{0^2 + 0^2 + 0,0002^2} = 0,0002 \text{ мм},$$

ε_B - похибка базування, мм; $\varepsilon_B = 0$, так як базування здійснюється в центрах;

ε_3 - похибка закріплення, мм, $\varepsilon_3 = 0$ мм;

ε_H - похибка зносу, мм

$$\varepsilon_H = U_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot N / N_0 = 0,025 \cdot 0,97 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,8 \cdot 1600 / 10^5 = 0,0002 \text{ мм},$$

U_0 – значення середнього зносу, мм; $U_0 = 0,025$ мм;

K_1 – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі; для сталі $K_1 = 0,97$;

K_2 – коефіцієнт, що враховує тип обладнання; $K_2 = 1$ для універсального обладнання;

K_3 – коефіцієнт, що враховує умови обробки; для вимірювань $K_3 = 1$;

K_4 – коефіцієнт, що враховує число установок; для $N = 1600$ $K_4 = 2,8$;

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

N_0 – базове число установок, шт.; $N_0=10^5$;

N – число установок, шт.; $N=1600$;

Δ_3 – похибка настройки пристосування, мм

$$\Delta_3 \leq 0,05 \cdot \delta = 0,05 \cdot 0,025 = 0,00125 \text{ мм};$$

δ - допуск вимірюваного параметра, мм; $\delta=0,025$ мм .

Точність контрольного пристосування Δ , мм

$$\Delta = \sqrt{0,003^2 + 0,0002^2 + 0,00125^2} = 0,0032 \text{ мм}.$$

Приймаємо відхилення знайденого значення в розмірі 20% допуску паралельності осі отворів, що становить $0,2 \cdot 0,02 = 0,004$ мм

3.7 Розрахунок і проектування спеціального різального інструменту

Для обробки зубів валу-шестерні передбачено використання спеціального різального інструмента черв'ячної модульної фрези.

Вихідні дані:

Матеріал HS 6-5-2 (HB-250)

Модуль $m=8$

Нормальний вихідний контур ДСТУ 13775—81

Коефіцієнт зміщення $X=+0,505$

Степінь точності по ДСТУ 1643 – 81 8-8-7-B

Розрахунковий профільний кут вихідної рейки у нормальному перетині

$$\alpha_u = \alpha_d = 20^\circ$$

Модуль нормальний $m_u = m = 8$ мм.

Шаг по нормалі: $t_u = \pi \cdot m_u = 3,1416 \cdot 8 = 25,132$ мм.

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункова товщина зуба по нормалі $S_u = t_u - (S_{\partial 1} + \Delta S)$,
де $S_{\partial 1}$ – товщина зуба по нормалі до ділильної окружності

$$S_{\partial 1} = \frac{\pi \cdot m}{2} = \frac{3.1416 \cdot 8}{2} = 12,566 \text{ мм}$$

$\Delta S = 0,097$ мм - гарантований бічний зазор.

$$S_u = 25,132 - (12,566 + 0,097) = 12,469 \text{ мм}$$

Висота зуба фрези $h_u = h + c$

де $h = 2,25 \cdot m = 2,25 \cdot 8 = 18$ мм. - висота зуба колеса,

$c = 0,25 \cdot m = 0,25 \cdot 8 = 2$ мм – радіальний зазор,

$$h_u = 18 + 2 = 20 \text{ мм.}$$

Ширина канавки $b=0,75$ мм.

Глибина канавки $h=1$ мм.

Радіус канавки $\rho_k = 0,6$ мм.

Визначення конструктивних розмірів фрези

Зовнішній діаметр фрези $D_a = 125$ мм.

Діаметр посадкового отвору $d_{\text{отв}} = 40$ мм.

Довжина фрези $l_{\text{ф}} = 150$ мм.

Число зубів для чистових фрез визначається по залежності:

$$Z_u = \frac{1,3 \cdot 360}{\varphi},$$

$$\text{де } \cos \varphi = \frac{D_a - 2 \cdot h_u}{D_a} = \frac{125 - 2 \cdot 20}{125} = 0,68,$$

$$\angle \varphi = \arccos 0,68 = 47^\circ,$$

$$Z_u = \frac{1,3 \cdot 360}{47} = 9,9.$$

Прийmemo 11 зубів фрези.

Передній кут на вершині зуба $\gamma_0 = 0$,

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Задній кут на вершині зуба $\alpha_{\epsilon} = 10 \dots 12^{\circ}$. Приймаємо $\alpha_{\delta} = 10^{\circ}$.

Задній кут на бічній різалій кромці в перерізі, перпендикулярному до неї, визначають за формулою:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\delta o} = \frac{R_{au}}{R_x} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{\epsilon} \cdot \sin \alpha_u,$$

де R_x – радіус кола розташування довільної точки, для якої визначається значення бічного заднього кута. $R_x = 125 - 1 \cdot 8 = 117$ мм.

$$\operatorname{tg} \alpha_{\delta o} = \frac{80}{72} \cdot \operatorname{tg} 10^{\circ} \cdot \sin 20^{\circ} = 0,067;$$

$$\angle \alpha_{\delta o} = 3,8^{\circ} = 3^{\circ} 49' 59''$$

Величина затилування:

$$K = \frac{\pi \cdot D_{au}}{Z_u} \cdot \tan \alpha_{\epsilon} = \frac{3,14 \cdot 125}{11} \cdot \tan 10^{\circ} = 6 \text{ мм.}$$

Величина додаткового затилування:

$$K_1 = 1,25 \cdot K = 1,25 \cdot 6 = 7,5 \text{ мм.}$$

Глибина канавки H для фрези зі шліфованим профілем:

$$H = h_u + \frac{K + K_1}{2} + 1,5 = 20 + \frac{6 + 7,5}{2} + 1,5 = 28 \text{ мм.}$$

$$\rho_k = \frac{\pi \cdot (D_a - 2H)}{10 \cdot Z_H} = \frac{3,14 \cdot (125 - 2 \cdot 28)}{10 \cdot 11} = 1,9 \text{ мм.}$$

Приймаємо 2 мм.

Кут профілю канавки $\theta_{\kappa} = 30^{\circ}$

Діаметр ділильної окружності:

$$d_{du} = D_{au} - h_u - 0,1 \cdot K = 125 - 20 - 0,1 \cdot 6 = 104 \text{ мм.}$$

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Питання техніки безпеки при експлуатації установок високих, надвисоких і ультрависоких частот

Земля постійно знаходиться під впливом електромагнітних полів, які випромінюють природні та штучні джерела. Наприклад Сонце випромінює в діапазоні в основному 10МГц...10ГГц. Спектр сонячного випромінювання досягає і більш короткохвильової області, яка включає в себе інфрачервоне, видиме, ультрафіолетове, рентгенівське та гамма-випромінювання. Інтенсивність випромінювання змінюється періодично, а також швидко та різко збільшується при хромосферних спалахах. Антропогенні (штучні) випромінювання охоплюють усі діапазони.

Під впливом електромагнітних випромінювань спостерігаються загальна слабкість, підвищена втома, пітливість, сонливість, а також розлад сну, головний біль, біль в ділянці серця. З'являється роздратування, втрата уваги, зростає тривалість мовнорухової та зоровомоторної реакцій. Виникає ряд симптомів, які є свідченням порушення роботи окремих органів – шлунку, печінки, селезінки, підшлункової та інших залоз.

Джерелами електротехнічних випромінювань є генератори, тракти передачі енергії від генератора до антени, антенні пристрої в радіотехнічних установках, електромагніти в установках для термічної обробки матеріалів, конденсатори, високочастотні трансформатори, фідерні лінії. При їх роботі в навколишнє середовище поширюються електромагнітні поля.

					КРБ 14-050.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ		
Розроб.	Кріпкий						
Перевір.	Лещук						
Консульт.	Окіпний						
Н. Контр.	Кобельник						
Зав.каф.	Крупа						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, зр. МВ-41		

Встановлені правилами гранично допустимі рівні електромагнітних полів поширюються на діапазон частот 30 кГц – 300 ГГц.

Таблиця 4.1 – Гранично допустимі рівні електромагнітних полів
(безперервне випромінювання. Амплітудна або кутова модуляція)

№ діапазону	Метричний розподіл діапазонів	Частоти	Довжина хвиль	Гранично допустимий рівень
5	Кілометрові хвилі (низькі частоти, НЧ)	30-300 кГц	10-1 км	25 В/м
6	Гекаметрові хвилі (середні частоти, СЧ)	0,3-3 МГц	1-0,1 км	15 В/м
7	Декаметрові хвилі (високі частоти, ВЧ)	3-30 МГц	100-10 м	$3lg\lambda$ В/м*
8	Метрові хвилі (дуже високі частоти ДВЧ)	3-300 МГц	10-1 м	3 В/м

* Примітка λ – довжина хвилі в метрах або гранично допустимий рівень рівний $7,43-3lg f$, де f – частота в МГц.

Електромагнітне поле високих і надвисоких частот, що несе з собою енергію, може самостійно поширюватись в просторі без провідника електроструму зі швидкістю, близькою до швидкості світла. Воно змінюється з цією ж частотою, що і струм, який його створив.

Коли дози електромагнітних випромінювань перевищують допустимі значення виникають професійні захворювання. Контроль інтенсивності опромінення повинен проводитись не рідше одного разу на рік, а також при введенні в дію нових чи реконструйованих старих генераторних установок і при зміні умов праці.

Для зменшення впливу електромагнітних полів на персонал та населення, яке знаходиться в зоні джерел випромінювання, потрібно взяти

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ряд заходів, до числа яких входять організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

Виключно важливе значення мають інженерно-технічні методи та способи захисту. Колективний захист спирається на розрахунок поширення електромагнітного поля в конкретних умовах рельєфу місцевості, використання природніх екранів, наприклад лісосмуг, гір, складок місцевості. Локальний захист дуже ефективний і часто використовується. Він базується на використанні радіозахисних матеріалів, які забезпечують високе поглинання енергії випромінювання у матеріалі та віддзеркалення від його поверхні. Для екранування шляхом віддзеркалення використовують металеві листи та сітки з доброю провідністю. Захист приміщень від зовнішніх випромінювань можна здійснити завдяки обклеюванню стін металізованими шпалерами, захисту вікон сітками, металізованими шторами. Опромінення у такому приміщенні зводиться до мінімуму, але відбите від екранів випромінювання пере розповсюджується у просторі та потрапляє на інші об'єкти.

До інженерно-технічних засобів також належать:

- конструктивна можливість працювати на заниженій потужності у процесі налагодження, регулювання та профілактики;
- робота на еквівалент налагоджування;
- дистанційне керування.

Для обслуговуючого персоналу, що знаходиться на невеликій відстані необхідно забезпечити надійний захист шляхом екранування апаратури.

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Опис принципу дії системи пожежегасіння, що використовується в механічному цеху підприємства машинобудування

Система протипожежного захисту – це сукупність організаційних заходів а також технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних факторів пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї (згідно ДСТУ 2272-93).

Важливим компонентом системи протипожежного захисту є система пожежегасіння. Вона включає в себе попереджувальні засоби – автоматичні датчики протипожежної сигналізації, які встановлюються в місцях найбільш ймовірного виникнення пожежі – на дільницях зварювання, термічної обробки та інших приміщеннях з підвищеною температурою, а також в складських приміщеннях, інструментальних коморах та місцях зберігання горючих та легкозаймистих матеріалів. Для ручного попередження працюючого персоналу про виникнення пожежі по периметру приміщення цеху, в місцях перебування людей розміщуються ручні сповісники – вмикачі пожежної сигналізації.

Для боротьби з пожежею передбачено 8 пожежних кранів, обладнаних пожежними рукавами і підключених до заводської системи подачі води, які з'єднані з водоймою для забору води. Передбачається на приміщення цеху розміщення протипожежних щитів, які обладнані інструментом – баграми, ломами, сокирами, вогнегасниками та ящиками з піском. Щити розміщуються в місцях входу – виходу із цеху, місцях зберігання легкозаймистих та горючих матеріалів. Для боротьби з вогнем, який виникає на електроустаткуванні, передбачено використання ручних вуглекислотних вогнегасників типу ОУ-2 та ОУ-5, які розміщуються на пожежних щитах на кожній дільниці в кількості 2-4 шт. на дільницю. Також передбачено

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розміщення в цеху двох пересувних вуглекислотних вогнегасників типу УП-2М.

Також для попередження розповсюдження вогню в цеху передбачається створення протипожежної перешкоди між ділянкою термічної обробки та складом мастильних матеріалів у вигляді вогнетривкої стіни, яка спирається на фундамент, встановлюється на всю висоту цеху та немає в своїй конструкції горючих матеріалів і вікон та проїомів.

Для подачі води, на віддалі 5,5 м від зовнішньої стіни цеху передбачається встановлення двох пожежних гідрантів, які підключені до заводської системи водопостачання.

4.3 Змащувально-охолоджувальні рідини та їх використання на металообробних верстатах. Гігієна праці при роботі із ЗОР

Для покращення процесу обробки деталі на металорізальних верстатах, відводу тепла і змащування деталі та інструменту на підприємствах використовують 8 – 5 % розчин синтетичної ЗОР “Аквол - 10”.

При користуванні цими рідинами слід суворо дотримуватись правил техніки безпеки, порушення яких може спричинити тяжкі наслідки. В процесі обробки деталі різанням з використанням ЗОР робітники безпосередньо контактують з нею при заміні інструменту, наладці верстату, прибиранні обладнання. В процесі обробки відбувається розбризкування рідини, яка потрапляє на відкриті частини тіла та спецодяг. При попаданні цих рідин на відкриті ділянки тіла людини можуть виникнути масляні вугрі та гнійні захворювання шкіри.

Масляні вугрі являють собою ураження волосяних мішечків та безпосередньо пов'язаних з ними сальних залоз. Затримуючись в отворах волосяних мішечків, мінеральні мастильні матеріали впливають на клітини та спричиняють їх розростання у зону волосяних мішечків. Розростання клітин

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спричиняє закупорювання волосяного мішечка і створює перешкоду для відтоку шкіряного сала, що виробляється сальними залозами. На поверхні шкіри дія масла виникає утворення вугрів, які насамперед поражають передпліччя, а також закриті ділянки тіла, що контактують із забрудненою маслами одежею: живіт, передня поверхня стегон.

Спостереження показують, що ступінь ураження масляними вугрями залежить від умов праці. При роботі на верстатах із сульфореольним охолодженням, де велике розбризкування, при відсутності належної гігієни у робітника, а також при незадовільному прибиранні робочого місця захворювання збільшуються.

Гнійні захворювання шкіри утворюються гноєтворними мікробами, найчастіше стафілококами, рідше стрептококами. Перші завжди є на шкірі людей, але не завжди викликають гнійні захворювання. Крім того гнійні захворювання можуть виникнути із “масляного вугря”. Велике значення має також забрудненість масла гноєтворними мікробами, які попадають туди разом з пилюкою та брудом при незадовільному прибиранні цеху. Змащувально-охолоджувальні рідини забруднені мілкими механічними домішками спричиняють можливість утворення малих ран, через які в шкіру проникають гноєтворні мікроби.

При роботі з емульсіями рекомендується застосовувати емульсол із складом органічних кислот не більше 20 %; добавляти в емульсію для нейтралізації кальциновану соду у складі 0,3 % (каустінову соду використовувати заборонено); забезпечити в емульсії склад вільного їдкого натру не більше 0,025 %; кількість мила не більше 1 %; забезпечити систематичний нагляд заводської лабораторії за складом лугів та мил в емульсії. Замінювати емульсію у верстатах не рідше двох разів на місяць.

Для попередження шкіряних захворювань необхідно: проводити нагляд за тим, щоб захисні кожухи верстатів постійно були на своїх місцях; прибирати робоче місце не тільки після закінчення роботи, але й по мірі його

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забруднення, проводити нагляд за очисткою корита і бачків верстата від бруду лопатою або дощаним сачком; стружку прибирати спеціальними засобами, а не руками; при роботі з емульсіями та маслами забезпечити робітників спецодягом виготовленим із щільної тканини, що добре очищається; проводити прання спецодягу один раз в 12 – 15 днів, а спецбілизни – один раз в тиждень; закріпляти за працюючим із сульфазрезолом окремі гардероби з індивідуальними шафками; проводити обов’язкову заміну білизни після роботи; видавати для миття рук тверде мило; кожного дня забезпечувати миття тіла під душем; забезпечити робочі місця достатньою кількістю обтирочного матеріалу; слідкувати за тим щоб для витирання рук не використовувався матеріал, яким витирають верстат; для захисту шкіри від подразнення при роботі з емульсіями і содовими розчинами застосовувати жирні мазі: вазелін, ланопин і 2 % буровську рідину, взяту рівними частинами 1:1 іхтіолову мазь і вазелінове масло.

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проведено аналіз конструкції деталі “ Вал-шестерня”, проаналізовано технічні вимоги, які ставляться до цієї деталі, проведено аналіз технологічності конструкції деталі в цілому. Також розглянуто технологічний процес механічної обробки корпусу на базовому підприємстві.

На основі проведеного аналізу та оцінки існуючих умов проведено техніко-економічне обґрунтування вибору оптимального техпроцесу. Для виконання операцій техпроцесу вибрано різальний та вимірювальний інструмент, обладнання, розраховано режими різання та норми часу.

Для виконання обробки деталі проведено кінематичний і конструктивний розрахунок токарного верстата, спроектоване технологічне оснащення для виготовлення деталі. Розглянуто питання охорони праці, зроблено економічне обґрунтування прийнятих інженерно – конструкторських рішень, визначено річний економічний ефект від застосування більш прогресивної технології.

					КРБ 14-050.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розроб.		Кріпкий					
Перевір.		Лещук					
Консульт.							
Н. Контр.		Кодельник					
Зав.каф.		Крупа					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, зр. МВ-41		

ПЕРЕЛІК ПОСЛАНЬ

1. Крупа В. В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Осадця, 2023. 308 с.
2. Шанайда В. В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках. Тернопіль : Вид-во ТДТУ, 2001. 163 с.
3. Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А. Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Скляр; під ред. Ю. М. Кузнецова. – Київ : ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.
4. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01: / Кобельник Володимир Романович; Терноп. нац. техн. ун-т ім. Івана Пулюя. - Т., 2013. - 21 с.
5. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
6. Гагалюк А.В., Паливода Ю.Є. Процеси виготовлення машин. Частина 1: технологічні основи машинобудування : навчальний посібник Тернопіль: Осадця Ю. В., 2025. – 308 с.
7. Ковбашин В. І., Пік А. І. Інженерна графіка : навч. посіб. м. Тернопіль : Підруч. і посіб., 2023. 240 с.
8. Боженко Л. І. Технологія машинобудування: проектування та виробництво. Львів: Світ, 1996. 368 с.
9. Ревнівцев М.П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні. Київ: А.С.К., 2006. 416с.

					КРБ 14-050.00.00.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Перелік посилань		
Розроб.		Кріпкий					
Перевір.		Лещук					
Консульт.							
Н. Контр.		Кобельник					
Зав.каф.		Крупа					
					Літ.	Арк.	Акрушів
					ТНТУ, зр. МВ-41		

10. Кваліфікаційна робота бакалавра: структура, вимоги до виконання та захист. Методичні рекомендації для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування галузі знань 13 Механічна інженерія для здобувачів всіх форм здобуття освіти / уклад.: Р. А. Склярів, В. Р. Кобельник, В. В. Крупа, Р. Я. Лещук, А. А. Сеник, В. В. Шанайда, А. В. Гагалюк, В. М. Буховець. – Тернопіль : ТНТУ, 2025. 78 с.
11. Кочергін І. А. Конструювання і розрахунок металорізальних верстатів і верстатних комплексів. Курсове проектування: Посібник для вузів. - Мн .: Виш. шк., 1991. - 382 с.
12. Кузнецов Ю.М. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах/ Ю.М. Кузнецов, І.В. Луців, О.В. Шевченко, В.Н. Волошин [Текст] - К.: - Тернопіль: Тернограф, 2011. -692с.
13. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С. Практикум з охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000 – 352 с.
- 14.9. Безпека виробничих процесів : довідник / під ред. С. В. Бєлова. – М : Машинобудування, 1985. – 448 с.
- 15.10. Дементій, Л. В. Охорона праці в механічних та складальних цехах / Л. В. Дементій, С. А. Гончарова. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – 312 с. – ISBN 5-7763-1413-

					КРБ 14-050.00.00.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		