

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет машинобудування та транспорту
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська дипломна робота

на тему:

«ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛА КОРОБКИ
ШВИДКОСТЕЙ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ТОЧНОСТІ
СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ»

Виконав: студент 4 курсу, групи 1ПМ-206
спеціальності 131 – Прикладна
механіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)


(підпис)

Костянтин ПІРНЯК

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

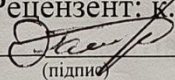
Керівник: старший викладач каф. ТАМ

(підпис) Наталія СЕМІЧАСНОВА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 06 » 06 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. АТМ

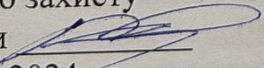

(підпис)

Олександр ГАЛУРА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 12 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри 

« 7 » 06 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань – 13 Механічна інженерія

(шифр і назва)

Спеціальність – 131 – «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Освітньо - професійна програма – Комп'ютеризовані технології та механотронні системи в машинобудуванні

(назва освітньо - професійної програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., професор Козлов Л.Г.

« 11 » 03 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Пірняку Костянтину Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення конструкції вузла коробки швидкостей на основі аналізу складових елементів

Керівник роботи Семічаснова Наталія Степанівна, старший викладач

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від « 11 » 03 2024 року №80

2. Термін подання студентом роботи 14.06.24р.

3. Вихідні дані до роботи Складальне креслення коробки швидкостей. Креслення вала. Матеріал: Сталь 45 ГОСТ 1050-85, Програма випуску: 1400шт.

4. Зміст текстової частини

1. Обґрунтування призначення стандартних посадок

2. Призначення на розрахунок посадок елементів вузла коробки швидкостей

3. Розрахунок розмірних ланцюгів

4. Розрахунок виконавчих розмірів калібрів

5. Розроблення технологічного процесу обробки заготовки деталі «вал»

6. Охорона праці

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) складальне креслення коробки швидкостей;

робоче креслення вала; креслення заготовки; калібр-скоба;

маршрут механічної обробки;

розмірний аналіз;

алгоритм розрахунку виконавчих розмірів калібра-скоби

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Наталія СЕМІЧАСНОВА, ст.викладач кафедри ТАМ	11.03.24р	06.06.24р
Охорона праці	Інна ВІШТАК, доцент кафедри БЖД ПБ	27.05.24р	06.06.24р

7. Дата видачі завдання «11» 03 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.24р	20.03.24р	ВИКОНАНО
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	23.04.24р	26.04.24р	ВИКОНАНО
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	27.05.24р	29.05.24р	ВИКОНАНО
4	Виконання розділу «Охорона праці»	27.05.24р	06.06.24р	ВИКОНАНО
5	Перевірка на антиплагіат	06.06.24р	07.06.24р	ВИКОНАНО
7	Нормоконтроль БДР	06.06.24р	07.06.24р	ВИКОНАНО
8	Попередній захист БДР	10.06.24р	11.06.24р	ВИКОНАНО
9	Рецензування БДР	11.06.24р	12.06.24р	ВИКОНАНО
10	Захист БДР	18.06.24р.	20.06.24р.	ВИКОНАНО

Студент

ТК

(підпис)

Костянтин ПІРНЯК

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

Н

(підпис)

Наталія СЕМІЧАН

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 70 сторінок формату А5, на яких 11 рисунків, 23 таблиці, список використаних джерел містить 25 найменувань.

Метою роботи є аналіз складових елементів вузла коробки швидкостей, що дозволить вдосконалити конструкцію вузла.

В загальній частині зроблено обґрунтування призначення стандартних посадок вузла коробки швидкостей. В розрахунково-конструкторській частині виконані розрахунки елементів посадок вузла, основних характеристик посадок підшипників кочення, шліцьового з'єднання та розрахунок розмірного ланцюга. Виконаний розрахунок кінцевих розмірів калібра-скоби. У технологічній частині розроблений маршрут механічної обробки деталі – вал, яка є складовою вузла, виконані розрахунки припусків та режимів різання. У розділі охорони праці опрацьовані такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів у виробничому приміщенні, наведені рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки

Ключові слова: посадка, шліцьові з'єднання, підшипники кочення, калібр-скоба, розмірний ланцюг, маршрут механічної обробки, режими різання, розмірний аналіз, виробнича санітарія, пожежна безпека.

ABSTRACT

The bachelor thesis consists of 70 pages of A5 format, on which there are 11 figures, 23 tables, the list of used sources contains 25 items.

The method of work is the analysis of the component elements of the gearbox unit, which allows to improve the design of the unit.

In the general part, the rationale for the purpose of standard landings of the gearbox assembly is made. In the calculation and design part, the calculations of the elements of the node landings, the main characteristics of the rolling bearing landings, splined connection and the calculation of the dimensional chain are carried out. The calculation of the dimensions of the caliber-bracket was carried out.

In the technological part, the route of mechanical processing of the part - the shaft, which is a component of the higher education institution - has been developed, calculations of allowances and cutting modes have been performed. In the section on labor protection, issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors in the production premises are discussed, recommendations are given for improving working conditions, and fire safety standards are also considered.

Key words: fit, splined joints, rolling bearings, clamp gauge, dimensional chain, machining route, cutting modes, dimensional analysis, industrial sanitation, fire safety.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЗНАЧЕННЯ СТАНДАРТНИХ ПОСАДОК ...	9
2 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПОСАДОК ДЛЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВУЗЛА КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ.....	11
2.1 Особливості призначення посадок підшиників кочення.....	11
2.2 Розрахунок основних характеристик посадок підшиників кочення ...	12
2.3 Особливості призначення посадок для шліцьових з'єднань	18
2.4 Розрахунок основних характеристик шліцьових з'єднань	19
3 РОЗРАХУНОК РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ	22
3.1 Основні положення теорії розмірних ланцюгів	22
3.2 Розрахунок розмірного ланцюга вузла коробки швидкостей.....	23
4 РОЗРАХУНОК ВИКОНАВЧИХ РОЗМІРІВ КАЛІБРІВ.....	27
4.1 Загальні відомості про калібри	27
4.2 Розрахунок виконавчих розмірів калібра-скоби для контролювання вала Ø50js6	27
4.3 Розрахунок виконавчих розмірів калібра-скоби для контролювання вала Ø40k6	29
4.4 Розрахунок виконавчих розмірів калібра-скоби для контролювання вала Ø30k6	30
5 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "ВАЛ	32
5.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	32
5.2 Розрахунок розмірів заготовки	34
5.3 Розробка маршруту механічної обробки	41
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	61
6.1 Аналіз умов праці.....	61
6.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	61
6.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	63

6.4 Технічні рішення з пожежної безпеки	66
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69
ДОДАТКИ.....	72
ДОДАТОК А (обов'язковий). ГРАФІЧНА ЧАСТИНА	
ДОДАТОК Б (обов'язковий). ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА	
ДОДАТОК В (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових записи	

ВСТУП

Підвищення якості машин і механізмів можливе на основі принципів взаємозамінності, стандартизації при впровадженні прогресивних методів і засобів контролю в машинобудуванні. Питання взаємозамінності, стандартизації і технічних вимірювань безпосередньо пов'язані з якістю машин, їх надійністю і довговічністю. Тому спеціалістам, які працюють у машинобудівних галузях, ремонтних підприємствах, чи експлуатують сучасну техніку, потрібно знати систему допусків і посадок, вміти її кваліфіковано застосовувати та проводити контроль параметрів точності і шорсткості деталей сучасними вимірювальними засобами.

Актуальність теми роботи обумовлена необхідністю впровадження новітніх технологій, оптимізації виробничих процесів та застосуванню сучасних матеріалів, що дозволить забезпечити високу якість продукції та зниження витрат.

Метою данної бакалаврської роботи є аналіз складових елементів вузла коробки швидкостей, що дозволить вдосконалити конструкцію вузла, аналіз сучасних технологій машинобудування, оцінка їх впливу на ефективність виробничих процесів та розробка рекомендацій щодо їх впровадження.

В результаті проведеного дослідження передбачається отримати комплексну оцінку сучасного стану технологій машинобудування та їх впливу на виробничу ефективність, що дозволить розробити практичні рекомендації для підвищення продуктивності та якості продукції машинобудівних підприємств.

В результаті проведеного дослідження передбачається виконати:

- аналіз конструкції вузла редуктора, та призначити стандартні посадки;
- розрахунок елементів посадок вузла редуктора, та розмірного ланцюга;
- розробку маршруту механічної обробки деталі;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- розрахунок припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь, технічних норм часу;

1 ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЗНАЧЕННЯ СТАНДАРНИХ ПОСАДОК

Крутний момент від електродвигуна через клинопасову передачу та шків 17, що насаджений за допомогою шпонки та перехідної посадки на конічному кінці вала 5, передається на шестерню 8, що насаджена з посадкою з натягом та закріплена штифтом на валу 5. Вал 5 змонтовано в корпусі на шариковому радіальному підшипнику. Далі обертальний рух від шестерні 8 передається на зубчате колесо 9 встановлене з посадкою з натягом на валу 2. Окрім зубчатого колеса 9 на шліцьовій частині валу 2 встановлений зубчатий блок, що складається з двох частин: зубчатого колеса 7 та насадженого на нього з натягом зубчатого блоку 6. Вал 2 так як і вал 3 змонтовано в корпусі на шарикових радіальних підшипниках. Обертання від валу 2 на вал 3 передається при зачепленні зубчатого блоку 6 з колесами 10, 11 або 12. При переключенні зубчатого блоку 6 з одного колеса на інше відбувається зміна частоти обертання вала 3. Далі через зачеплення зубчатого колеса 10 та зубчатого колеса 13 обертання передається на вал 4. На цьому валу крім зубчатого колеса 13 встановлене конічне зубчате колесо 15, яке передає обертальний рух на зубчате колесо 14, насаджене з зазором на вісі 16. Вал 4 змонтовано в корпусі на підшипниках ковзання. Якісне функціонування вузлів коробки подач забезпечується зазорами $A_{\Sigma 1}$, $A_{\Sigma 2}$, $A_{\Sigma 3}$.

Посадки з зазором призначаємо на підшипники ковзання 18, які працюють в умовах рідинного тертя. Призначаємо посадку H7/e8. В таких посадках передбачається гарантований зазор, необхідний для забезпечення простоти складання – розбирання, взаємного переміщення деталей, компенсації теплових деформацій, розміщення шару мастила, а також компенсацій похибок форми і взаємного розташування поверхонь і осей.

Опорами для валів слугують підшипники кочення 37,38, 39, по перехідній посадці з'єднання з валами 2,3, які сприймають навантаження, що виникають при роботі вузла.

2 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПОСАДОК ДЛЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВУЗЛА КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ

2.1 Особливості призначення посадок для підшипників кочення

Посадки підшипників кочення мають особливе значення для забезпечення надійної роботи механізмів та тривалої служби підшипників. Основні призначення посадок підшипників кочення включають: фіксацію підшипника, забезпечення стабільного положення підшипника на валу та у корпусі, запобігання його зсуву або обертанню відносно посадочних місць; забезпечення відповідного натягу, який визначає ступінь щільності посадки; зниження вібрацій та шуму, спричинені роботою підшипника, що впливає на загальну продуктивність і тривалість служби машини; теплове розширення, яке враховує температурні зміни, що можуть спричинити розширення або стиснення деталей, аби запобігти заклинюванню або послабленню підшипника; легкість монтажу та демонтажу.

При виборі відповідної посадки для кілець підшипника кочення враховуються робочі умови, навантаження, тип підшипника та конструктивні особливості обладнання. Розрізняють наступні характери навантаження кілець: місцеве, циркуляційне і коливальне.

Для кільця, яке має циркуляційне навантаження, посадка (на вал або в корпус) вибирається по інтенсивності радіального навантаження P_r для посадочної поверхні, що розраховується із співвідношення:

$$P_r = \frac{F_r}{b} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 [\text{H}], \quad (2.1)$$

де F_r – розрахункова радіальна реакція опори, Н;

b – робоча ширина посадочного місця, мм, $b = B - 2r$;

B – робоча ширина підшипника, мм;

r – радіус заокруглення або ширина фаски кільця підшипника.

K_1 = динамічний коефіцієнт посадки, який залежить від характеру навантаження;

K_2 – коефіцієнт, що враховує ступінь послаблення посадового натягу у порожнистому валу або тонкостінному корпусі;

K_3 – коефіцієнт нерівномірності розподілу радіального навантаження R між рядами роликів в дворядкових конічних роликотішипниках або між здвоєними шарикотішипниками при наявності осьового навантаження на опору.

2.2 Розрахунок основних характеристик посадок підшипників кочення

2.2.1 Розрахунок посадки кілець підшипника 0-310 на вал і в корпус.

Зовнішнє кільце підшипника встановлене в корпусі нерухомо. Внутрішнє кільце обертається разом з валом. Радіальна сила - постійна за величиною та напрямком, реакція опори $F_r = 12500$ Н. Осьове навантаження на опору відсутнє.

1. Визначаємо параметри підшипника 0-310.

- 310 – підшипник кульковий радіальний однорядний, середня серія [3]
- діаметр зовнішнього кільця $D = 110$ мм,
- діаметр внутрішнього кільця $d = 50$ мм,
- ширина кільця підшипника $B = 27$ мм;
- розміри фасок $r = 3,5$ мм;
- клас точності підшипника – 0
- категорія підшипника - C

2. Визначаємо види навантаження кілець підшипника. За умовою зовнішнє кільце встановлено нерухомо, а внутрішнє обертається разом з валом, внутрішнє кільце сприймає циркуляційний вид навантаження, а зовнішнє – місцевий.

3. Визначаємо інтенсивність радіального навантаження циркуляційно навантаженого внутрішнього кільця (формула 2.1).

Робоча ширина кільця підшипника

$$b = B - 2r = 27 - 2 \cdot 3,5 = 20 \text{ мм} = 0,020 \text{ (м)}.$$

Коефіцієнти: $k_1 = 1,8$; $k_2 = 1$, $k_3 = 1$

$$P_R = 12500 / 0,020 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 = 1125000 \text{ Н} = 1250 \text{ (кН/м)}$$

4. Вибір посадок

За рекомендаціями [] при такій інтенсивності навантаження, для підшипника класу точності 0 вибираємо поле допуску вала js6 . Отже, посадка внутрішнього кільця підшипника на вал $\varnothing 50 \frac{L0}{js6}$

Для отвору корпусу вибираємо поле допуску K7 []. Посадка зовнішнього кільця в корпус $\varnothing 110 \frac{K7}{l0}$

5.Визначаємо характеристики посадки внутрішнього кільця підшипника з валом $\varnothing 50 \frac{L0}{js6}$

Граничні відхилення вала $\varnothing 50 js6$: верхнє відхилення $es = + 8 \text{ мкм}$; нижнє відхилення $ei = - 8 \text{ мкм}$; допуск $ITd = 16 \text{ мкм}$.

Граничні відхилення внутрішнього кільця підшипника $\varnothing 50 L0$: $ES = 0 \text{ мкм}$; $EI = - 12 \text{ мкм}$; $ITD = 12 \text{ мкм}$.

Визначаємо характеристики посадки: характер посадки – перехідна

Найбільший натяг

$$N_{\max} = es - EI = 8 - (-12) = 16 \text{ (мкм)}$$

Найбільший зазор

$$S_{\max} = ES - ei = 0 - (-8) = 8 \text{ (мкм)}$$

Допуск посадки

$$ITd + ITD = 16 + 12 = 28 \text{ (мкм)}.$$

6.Визначаємо характеристики посадки зовнішнього кільця підшипника в отворі корпусу $\varnothing 110 \frac{K7}{l0}$

Граничні відхилення отвору корпусу $\varnothing 110 K7$: $ES = 10 \text{ мкм}$ $EI = -25 \text{ мкм}$; $ITD = 35 \text{ мкм}$. [].

Граничні відхилення зовнішнього кільця підшипника $\varnothing 110 l0$: $es = 0 \text{ мкм}$; $ei = - 15 \text{ мкм}$; $ITd = 15 \text{ мкм}$ [].

Визначаємо характеристики посадки: характер посадки – перехідна.

Найбільший натяг

$$N_{\max} = es - EI = 0 - (-25) = 25 \text{ (мкм)}$$

Найбільший зазор

$$S_{\max} = ES - ei = 10 - (-15) = 25 \text{ (мкм)}$$

Допуск посадки

$$IT_d + IT_D = 15 + 35 = 45 \text{ (мкм)}.$$

8.Схему полів допусків посадки приведено на рисунку 2.1

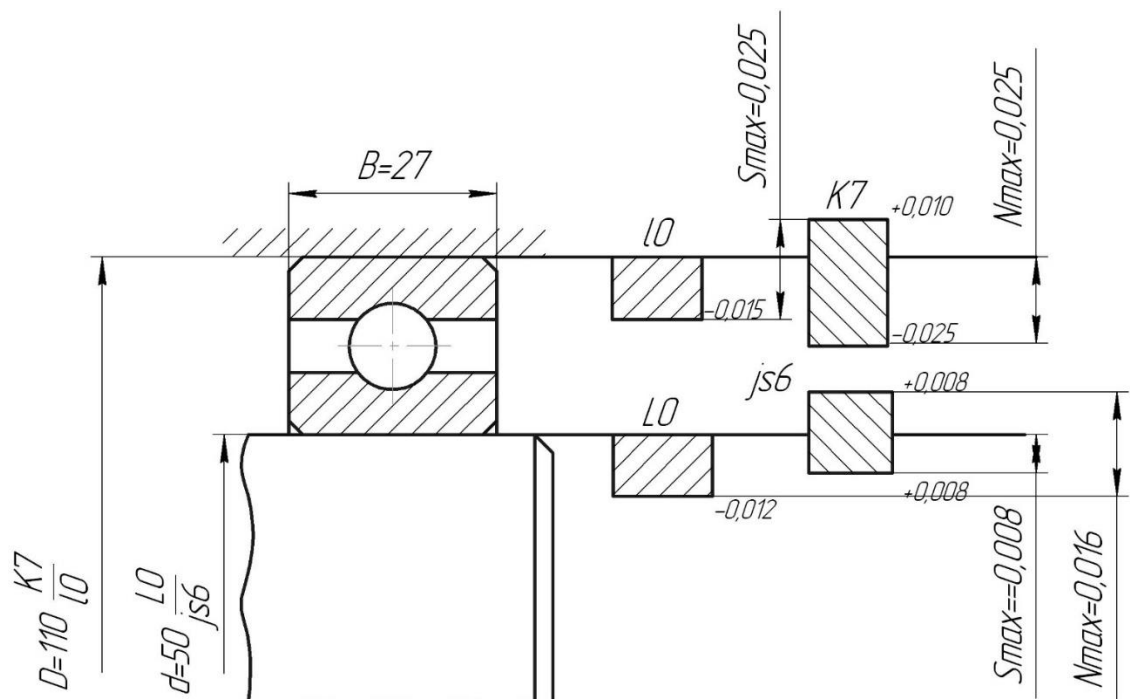


Рисунок 2.1 – Позначення посадок та полів допусків підшипника кочення

2.2.2 Розрахунок посадки кілець підшипника 0-209 на вал і в корпус.

Зовнішнє кільце підшипника встановлене в корпусі нерухомо. Внутрішнє кільце обертається разом з валом. Радіальна сила - постійна за величиною та напрямком, реакція опори $F_r = 16000$ Н. Осьове навантаження на опору відсутнє.

1. Визначаємо параметри підшипника 0-209.

- 308 – підшипник кульковий радіальний однорядний, легка серія [3]
- діаметр зовнішнього кільця $D = 85$ мм,
- діаметр внутрішнього кільця $d = 45$ мм,

- ширина кільця підшипника $B = 19$ мм;
- розміри фасок $r = 2$ мм;
- клас точності підшипника – 0
- категорія підшипника - C

2. Визначаємо види навантаження кілець підшипника. За умовою зовнішнє кільце встановлено нерухомо, а внутрішнє обертається разом з валом, внутрішнє кільце сприймає циркуляційний вид навантаження, а зовнішнє – місцевий.

3. Визначаємо інтенсивність радіального навантаження циркуляційно навантаженого внутрішнього кільця.

Робоча ширина кільця підшипника

$$b = B - 2r = 19 - 2 \cdot 2 = 15 \text{ мм} = 0,015(\text{м}).$$

Коефіцієнти: $k_1 = 1$; $k_2 = 1$, $k_3 = 1$

$$P_R = 16000 / 0,015 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1066666 \text{ Н} = 1066 \text{ (кН/м)}$$

4. Вибір посадок

За рекомендаціями [] при такій інтенсивності навантаження, для підшипника класу точності 0 вибираємо поле допуску вала $m6$.

Отже, посадка внутрішнього кільця підшипника на вал $\varnothing 45 \frac{L0}{m6}$

Для отвору корпусу вибираємо поле допуску $H7$ [].

Посадка зовнішнього кільця в корпус $\varnothing 85 \frac{K7}{l0}$

5. Визначаємо характеристики посадки внутрішнього кільця підшипника з валом $\varnothing 45 \frac{L0}{m6}$

Граничні відхилення вала $\varnothing 45 m6$: верхнє відхилення $es = + 28$ мкм; нижнє відхилення $ei = + 9$ мкм; допуск $ITd = 19$ мкм.

Граничні відхилення внутрішнього кільця підшипника $\varnothing 45 L0$: $ES = 0$ мкм; $EI = - 12$ мкм ; $ITD = 12$ мкм.

Визначаємо характеристики посадки: характер посадки – перехідна.

Найбільший натяг

$$N_{\max} = es - EI = 28 - (-12) = 40 \text{ (мкм)};$$

Найбільший зазор

$$S_{\max} = ES - ei = 0 - 9 = 9 \text{ (мкм)};$$

Допуск посадки

$$IT_d + IT_D = 19 + 12 = 31 \text{ (мкм)}.$$

6. Визначаємо характеристики посадки зовнішнього кільця підшипника в отворі корпусу $\varnothing 85 \frac{K7}{10}$

Граничні відхилення отвору корпусу $\varnothing 85K7$: $ES = 10 \text{ мкм}$ $EI = -25$; $IT_D = 35 \text{ мкм}$. [].

Граничні відхилення зовнішнього кільця підшипника $\varnothing 85l0$: $es = 0 \text{ мкм}$; $ei = -18 \text{ мкм}$; $IT_d = 18 \text{ мкм}$ [].

Визначаємо Характеристики посадки: характер посадки – перехідна;

Найбільший зазор

$$S_{\max} = ES - ei = 10 - (-18) = 28 \text{ (мкм)};$$

Найбільший натяг

$$N_{\max} = es - EI = 0 - (-25) = 25 \text{ (мкм)};$$

Допуск посадки

$$IT_d + IT_D = 18 + 35 = 53 \text{ (мкм)}.$$

2.2.3 Розрахунок посадки кілець підшипника 0-306 на вал і в корпус.

Зовнішнє кільце підшипника встановлене в корпусі нерухомо. Внутрішнє кільце обертається разом з валом. Радіальна сила - постійна за величиною та напрямком, реакція опори $F_r = 18600 \text{ Н}$. Осьове навантаження на опору відсутнє.

1. Визначаємо параметри підшипника 6-306.

- 306 – підшипник кульковий радіальний однорядний, середня серія [3]
- діаметр зовнішнього кільця $D = 72 \text{ мм}$,
- діаметр внутрішнього кільця $d = 30 \text{ мм}$,
- ширина кільця підшипника $B = 19 \text{ мм}$;
- розміри фасок $r = 2 \text{ мм}$;
- клас точності підшипника – 6

– категорія підшипника - С

2. Визначаємо види навантаження кілець підшипника. За умовою зовнішнє кільце встановлено нерухомо, а внутрішнє обертається разом з валом, внутрішнє кільце сприймає циркуляційний вид навантаження, а зовнішнє – місцевий.

3. Визначаємо інтенсивність радіального навантаження циркуляційно навантаженого внутрішнього кільця.

Робоча ширина кільця підшипника

$$b = B - 2r = 19 - 2 \cdot 2 = 15 \text{ мм} = 0,015 \text{ (м)}.$$

Коефіцієнти: $k_1 = 1$; $k_2 = 1$, $k_3 = 1$

$$P_R = 18600 / 0,015 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1240000 \text{ Н} = 1240 \text{ (кН/м)}$$

4. Вибір посадок

За рекомендаціями [] при такій інтенсивності навантаження, для підшипника класу точності 6 вибираємо поле допуску вала k_6 .

Отже, посадка внутрішнього кільця підшипника на вал $\varnothing 30 \frac{L_6}{k_6}$

Для отвору корпусу вибираємо поле допуску Js_7 [].

Посадка зовнішнього кільця в корпус $\varnothing 72 \frac{H_7}{l_6}$

5. Визначаємо характеристики посадки внутрішнього кільця підшипника з валом $\varnothing 30 \frac{L_0}{k_6}$

Граничні відхилення вала $\varnothing 30 k_6$: верхнє відхилення $e_s = + 15 \text{ мкм}$; нижнє відхилення $e_i = +2 \text{ мкм}$; допуск $IT_d = 13 \text{ мкм}$.

Граничні відхилення внутрішнього кільця підшипника $\varnothing 30 L_6$: $ES = 0 \text{ мкм}$; $EI = - 8 \text{ мкм}$; $ITD = 8 \text{ мкм}$.

Визначаємо характеристики посадки: характер посадки – перехідна;

Найбільший натяг

$$N_{\max} = e_s - EI = 15 - (- 8) = 23 \text{ (мкм)};$$

Найбільший зазор

$$S_{\max} = ES - e_i = 0 - (2) = 2 \text{ (мкм)};$$

Допуск посадки

$$ITd + ITD = 13 + 8 = 21 \text{ (мкм)}.$$

6. Визначаємо характеристики посадки зовнішнього кільця підшипника в отворі корпусу $\varnothing 72 \frac{H7}{I6}$

Граничні відхилення отвору корпусу $\varnothing 72H7$: $ES = +30 \text{ мкм}$ $EI = 0$;
 $ITD = 30 \text{ мкм}$. [].

Граничні відхилення зовнішнього кільця підшипника $\varnothing 72I6$: $es = 0 \text{ мкм}$;
 $ei = -11 \text{ мкм}$; $ITd = 11 \text{ мкм}$ [].

Визначаємо характеристики посадки: характер посадки – з зазором;

Найбільший зазор

$$S_{\max} = ES - ei = 30 - (-11) = 41 \text{ (мкм)};$$

Найбільший натяг

$$S_{\min} = EI - es = 0;$$

Допуск посадки

$$ITd + ITD = 11 + 30 = 41 \text{ (мкм)}.$$

Для вибраної посадки будують схеми полів допусків з позначенням основних характеристик.

2.3 Особливості призначення посадок для шліцьових з'єднань

Шліцьові з'єднання використовуються для передачі обертового моменту між валом і втулкою. Вони забезпечують надійне з'єднання деталей при високих навантаженнях і дозволяють знімати та встановлювати з'єднані деталі без значних труднощів. Шліцьові з'єднання застосовуються для передачі обертового моменту. Основне застосування шліцьових з'єднань полягає в передачі обертового моменту від одного елемента до іншого. Це широко використовується у валовому з'єднанні передач у механічних передачах для автомобільної, авіаційної, машинобудівної промисловості.

Серед шліцьових з'єднань найбільшого поширення набули прямобічні шліцьові з'єднання. У прямобічних шліцьових з'єднань залежно від

експлуатаційних і технологічних вимог центрування вала і втулки виконуємо одним з трьох методів: за зовнішнім діаметром, за внутрішнім діаметром, за бічними профілями зубців.

Центрування за зовнішнім діаметром рекомендується здійснювати у випадку підвищених вимог до співпадання осей шліцьових деталей. Цей спосіб найбільш простий і економічний.

2.4 Призначення посадок для з'єднань на шліцьових валах

2.4.1 Призначення посадок для прямобічного шліцьового з'єднання

Спосіб центрування вала і втулки в заданому шліцьовому з'єднанні застосовуємо за бічними профілями шліців (зубців).

Вибираємо параметри шліцьового з'єднання середньої серії: кількість шліців (зубців) – $z = 8$; внутрішній діаметр – $d = 42$ мм; зовнішній діаметр – $D = 48$ мм; ширина шліця – $b = 8$ мм.

Призначаємо з рекомендованих поля допусків і посадки для розмірів D і b при центруванні за бічними профілями шліців.

Поля допусків для розмірів вала $b - f8$; $D - a11$. Поля допусків для розмірів втулки: $b - F8$; $D - H12$.

Позначення шліцьової втулки для заданого з'єднання при центруванні за бічними профілями шліців

$$b - 8 \times 42 \times 48 H12 \times 8F8.$$

Позначення шліцьового вала для заданого

$$b - 8 \times 42 \times 48 a11 \times 8f8.$$

Позначення шліцьового з'єднання при центруванні за бічними профілями шліців

$$b - 8 \times 42 \times 48 H12/a11 \times 8F8/ f8.$$

Знаходимо граничні відхилення розмірів елементів шліцьових деталей з'єднання залежно від їх номінальних розмірів і полів допусків [] Результати приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри шліцевого з'єднання

Пара-метр	Шліцева втулка				Шліцевий вал			
	поле	ES	EI	TD	поле	es	ei	Td
D = 48	H12	+250	0	250	a11	-320	-480	160
b = 8	F8	+35	+13	22	f8	-13	-35	48

Розраховуємо граничні розміри та граничні зазори для розмірів елементів шліцевих деталей з'єднання. Результати приведені в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків шліцевого з'єднання

Параметр	Шліцева втулка		Шліцевий вал		Значення зазорів	
	D _{max}	D _{min}	d _{max}	d _{min}	S _{max}	S _{min}
D = 48	48,250	48	47,68	47,52	0,73	0,32
b = 8	8,035	8,013	7,987	7,965	0,07	0,026

2.4.2 Призначення посадок для прямобічного шліцевого з'єднання

Спосіб центрування вала і втулки в заданому шліцевому з'єднанні застосовуємо по зовнішньому діаметру шліців.

Вибираємо параметри шліцевого з'єднання середньої серії: кількість зубців ((шліців) – z = 8; внутрішній діаметр – d = 52 мм; зовнішній діаметр – D = 60 мм; ширина зуба – b = 10 мм.

Призначаємо в з рекомендованих поля допусків і посадки для розмірів D і b при центруванні за зовнішнім діаметром

Поля допусків для вала розмірів: d – g6; b – h9;. Поля допусків для втулки розмірів: D – H7; b – D9;.

Позначення шліцевої втулки для заданого з'єднання при центруванні за зовнішнім діаметром

$$d - 8 \times 52H7 \times 60 \times 10D9$$

Позначення шліцевого вала для заданого

$$d - 8 \times 52g6 \times 60 \times 10h9$$

Позначення шліцевого з'єднання при центруванні за зовнішнім діаметром

$$d - 8 \times 52H7/g6 \times 60 \times 10D9/h9.$$

Знаходимо граничні відхилення розмірів елементів шліцевих деталей з'єднання залежно від їх номінальних розмірів і полів допусків [] Результати приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри шліцевого з'єднання

Пара-метр	Шліцева втулка				Шліцевий вал			
	поле	ES	EI	TD	поле	es	ei	Td
$d = 52$	H7	+30	0	30	g6	-10	-29	19
$b = 10$	D9	+76	+40	36	h9	0	-36	36

Розраховуємо граничні розміри та граничні зазори для розмірів елементів шліцевих деталей з'єднання. Результати приведені в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Результати розрахунків шліцевого з'єднання $d - 8 \times 52H7/g6 \times 60 \times 10D9/h9$

Параметр	Шліцева втулка		Шліцевий вал		Значення зазорів	
	$D_{\max}$	$D_{\min}$	$d_{\max}$	$d_{\min}$	$S_{\max}$	$S_{\min}$
$d = 52$	52,30	52	51,99	51,71	0,059	0,01
$b = 10$	10,076	10,040	10,0	9,964	0,112	0,040

3 РОЗРАХУНОК РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ

3.1 Основні положення теорії розмірних ланцюгів

При експлуатації машин їх деталі спрацьовуються, призводить до порушення точності розмірних ланцюгів, взаємодії деталей вузлів і агрегатів. Для забезпечення функціонування механізмів при ремонті машин і обладнання, необхідно відновити номінальні розмірні зв'язки, відновити точність розмірних ланцюгів.

Розмірний ланцюг – це сукупність розмірів і допусків, що пов'язані між собою в єдину систему, яка визначає точність виготовлення та збирання окремих частин і вузлів у машинобудуванні та приладобудуванні. Іншими словами, це послідовність розмірів, які замикаються в геометричну ланцюжок і впливають на кінцевий розмір або параметр, що контролюється.

Розмірний ланцюг складається з ланок (елементів) розмірного ланцюга – це окремі розміри деталей, які входять до складу ланцюга, замкненої ланки – це кінцевий розмір або параметр, який визначається всім ланцюгом і який необхідно забезпечити з певною точністю, складових ланок – це всі інші розміри, які є частиною ланцюга і впливають на замкнену ланку.

Розрахунок розмірних ланцюгів проводиться для забезпечення необхідної точності збирання та функціонування виробів, враховуючи допуски і можливі похибки у виготовленні окремих частин.

Замикаюча ланка розмірного ланцюга A_{Σ} безпосередньо не виконується, а утворюється автоматично в результаті виконання всіх ланок.

По відношенню до замикаючої ланки складові ланки діляться на збільшуючі, із збільшенням яких вихідна ланка збільшується, та зменшуюча, при збільшенні яких вихідна ланка зменшується.

На рисунку 3.1 зображено фрагмент вузла коробки швидкостей з геометричною схемою розмірного ланцюга.

3.2 Розрахунок розмірного ланцюга методом максимуму – мінімуму

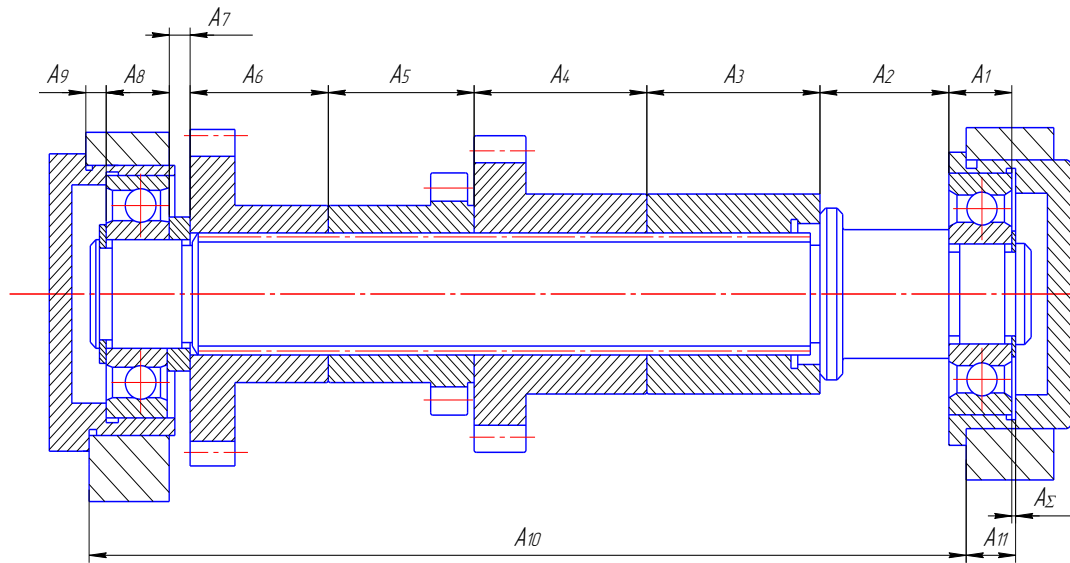


Рисунок 3.1 – Вузол механізму редуктора

Аналіз конструкції показує, що вихідною ланкою є осьовий зазор, який залежить від розмірів буртиків $A_1, A_2, A_3, A_5, A_6, A_7$ втулок 14, та розмірів A_8 і A_9 .
Задаємо напрямлення обходу по контуру і визначаємо зменшуючі та збільшуючі ланки:

$A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8$ – зменшуючі ланки,

A_9, A_{10}, A_{11} – збільшуючі ланки.

Згідно з заданими технічними умовами $A_{\Sigma} = 0,52$. Допуск на розмір вихідної ланки дорівнює $T_{\Sigma} = 0,1 + 0,18 = 0,28 \text{ мм}$

Складаємо рівняння розмірного ланцюга:

$$A_{\Sigma} + A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5 + A_6 + A_7 + A_8 + A_9 - A_{10} - A_{11} = 0$$

Із конструктивних міркувань прийнято, що

$A_1 = 38 \text{ мм};$	$A_2 = 79 \text{ мм};$
$A_3 = 106 \text{ мм};$	$A_4 = 106 \text{ мм};$
$A_5 = 90 \text{ мм};$	$A_6 = 85 \text{ мм};$
$A_7 = 15 \text{ мм};$	$A_8 = 37 \text{ мм};$
$A_9 = 10 \text{ мм};$	$A_{10} = 538,44 \text{ мм};$
$A_{11} = 28 \text{ мм}.$	

Підставляємо прийняті значення розмірів в основне рівняння і дістанемо:

$$0,52 + 38 + 79 + 106 + 106 + 90 + 85 + 15 + 37 + 10 - 538,52 - 28 = 0$$

Отже вимога основного рівняння виконана.

Приймаємо що допуск вихідної ланки будемо розподіляти між складовими ланками, користуючись методом рівного ступеня точності.

Визначаємо число одиниць допуску

$$a = \frac{T_{\Sigma}}{\sum T_i} = \frac{280}{1,56 + 1,86 + 2,17 + 2,17 + 2,17 + 2,17 + 1,08 + 1,56 + 0,9 + 4,2 + 1,31} = 16,20.$$

По табл. 2 [4] вибираємо найближче число одиниць допуску $a = 16$, що відповідає $IT = 7$.

По стандарту СТ РЕВ 144-75 призначаємо допуски на всі складові розміри по 8 квалітету

$T_{A1} = 20$ мкм;	$T_{A2} = 30$ мкм;	$T_{A3} = 25$ мкм;
$T_{A4} = 25$ мкм;	$T_{A5} = 25$ мкм;	$T_{A6} = 25$ мкм;
$T_{A7} = 18$ мкм;	$T_{A8} = 20$ мкм;	$T_{A9} = 15$ мкм;
$T_{A10} = 60$ мкм;	$T_{A11} = 21$ мкм.	

Перевіряємо правильність призначення допусків за формулою:

$$\sum_{i=1}^{m+n} T_i \leq T_{\Sigma}$$

$$(20 + 30 + 25 + 25 + 25 + 25 + 18 + 20 + 15 + 60 + 21) < 330.$$

$$260 < 280.$$

Отже умова виконується.

Згідно з рекомендаціями [2] призначаємо відхилення на всі складові розміри. Зокрема, на розмір A_4 , як на ступінчастий, відхилення буде симетричним, а всі інші розміри, як на основний вал, тобто в “мінус”, тоді:

$A_1 = 38_{-0.025};$	$A_2 = 79_{0.030};$
$A_3 = 106_{-0.035};$	$A_4 = 106_{-0.035};$
$A_5 = 90_{-0.035};$	$A_6 = 85_{-0.035};$
$A_7 = 15_{-0.018};$	$A_8 = 37_{-0.025};$

$$A_9 = 10 \pm 0,0075; \quad A_{10} = 538,44 \pm 0,035;$$

$$A_{11} = 28 \pm 0,0105.$$

Розраховуємо середні відхилення полів допусків замикаючої та складових ланок за формулою:

$$\Delta_c = \frac{\Delta S + \Delta I}{2}$$

$$\Delta c_{\Sigma} = \frac{0,15 - 0,18}{2} = -0,015 \text{ мм};$$

$$\Delta c_1 = \frac{0 - 0,025}{2} = -0,0125 \text{ мм}; \Delta c_2 = \frac{0 - 0,030}{2} = -0,015 \text{ мм};$$

$$\Delta c_3 = \frac{0 - 0,035}{2} = -0,0175 \text{ мм}; \Delta c_4 = \frac{0 - 0,035}{2} = -0,0175 \text{ мм};$$

$$\Delta c_5 = \frac{0 - 0,035}{2} = -0,0175 \text{ мм}; \Delta c_6 = \frac{0 - 0,035}{2} = -0,0175 \text{ мм};$$

$$\Delta c_7 = \frac{0 - 0,018}{2} = -0,009 \text{ мм}; \Delta c_8 = \frac{0 - 0,025}{2} = -0,0125 \text{ мм};$$

$$\Delta c_9 = \frac{0,0075 - 0,0075}{2} = 0 \text{ мм}; \Delta c_{10} = \frac{0,035 - 0,035}{2} = 0 \text{ мм};$$

$$\Delta c_{11} = \frac{0,0105 - 0,0105}{2} = 0 \text{ мм}.$$

Перевіряємо правильність призначення відхилень за формулою:

$$\Delta_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^m \Delta_{c36} - \sum_{i=1}^n \Delta_{c3M}$$

$$-0,015 = -(-0,0125 - 0,015 - 0,0175 - 0,0175 - 0,0175 - 0,0175 - 0,009 - 0,0125);$$

$$-0,015 \neq 0,119.$$

Отже умова не виконується і тому доцільно ввести “залежну” ланку.

Нехай “залежною” ланкою буде розмір втулки, тобто A_3 . Тоді зберігаємо прийняті вище відхилення для всіх ланок крім ланки A_3 . Враховуючи, що ланка A_3 – зменшуюча, її середнє відхилення визначимо по формулі :

$$\Delta_{c\chi_{3M}} = \sum_{i=1}^m \Delta_{c36} - \sum_{i=1}^n \Delta_{c3M} - \Delta_{c\Sigma}$$

$$\Delta C_{\chi_{3M}} = \Delta C_3 = -(-0,0125 - 0,015 - 0,0175 - 0,0175 - 0,0175 - 0,009 - 0,0125) + 0,015$$

$$\Delta C_{\chi_{3M}} = \Delta C_3 = 0,1165.$$

Граничні відхилення залежної ланки визначаються за формулами:

$$\Delta S_{\chi_{3M}} = \Delta c_{\chi_{3M}} + \frac{1}{2} T_X = \Delta c_3 + \frac{1}{2} T_{A3} = 0,1165 + 0,0175 = 0,134;$$

$$\Delta I_{\chi_{36}} = \Delta c_{\chi_{3M}} - \frac{1}{2} T_X = \Delta c_3 - \frac{1}{2} T_{A3} = 0,1165 - 0,0175 = 0,099.$$

Таким чином можна записати, що

$$A_3 = 106_{+0,099}^{+0,134}.$$

Перевіримо ще раз правильність призначення відхилень за формулою:

$$\Delta_{c\Sigma} = \sum_{i=1}^m \Delta_{c36} - \sum_{i=1}^n \Delta_{c3M}$$

$$-0,015 = -(-0,0125 - 0,015 + 0,1165 - 0,0175 - 0,0175 - 0,0175 - 0,009 - 0,0125)$$

$$-0,015 = -0,015.$$

Таким чином, виконані розрахунки дозволили уточнити номінальні значення всіх розмірів, які входять у розмірний ланцюг, і обґрунтовано призначити на них допуски та граничні відхилення.

4 РОЗРАХУНОВ ВИКОНАВЧИХ РОЗМІРІВ КАЛІБРІВ

4.1 Загальні відомості про калібри

В процесі виготовлення деталей для контролювання розмірів використовують калібри для контролю розмірів деталей та забезпечення їх відповідності заданим допускам. Вони призначені для швидкої і точної перевірки лінійних розмірів, форм, розташування поверхонь та інших параметрів виробів застосування яких знижує трудомісткість, а відповідно, і вартість вимірювань. В ремонтному виробництві використовують калібри для дефектування спрацьованих деталей.

Калібри-скоби застосовуються для контролю зовнішніх розмірів деталей, особливо циліндричних, таких як вали та інші подібні компоненти. Калібри-скоби часто використовуються для перевірки діаметрів валів, щоб забезпечити їх відповідність заданим допускам. Це особливо важливо у виробництві машинних елементів, де точність розмірів впливає на з'єднання та роботу механізмів.

4.2 Розрахунок виконавчих розмірів калібра-скоби для контролювання діаметра вала Ø50 js6

4.2.1 Визначаємо граничні відхилення, допуск та граничні розміри для вала Ø 50 js6:

верхнє відхилення – $es = + 8 \text{ мкм}$;

нижнє відхилення – $ei = - 8 \text{ мкм}$;

допуск – $ITd = 16 \text{ мкм}$;

найбільший граничний розмір – $d_{\max} = 50,008 \text{ мм}$;

найменший граничний розмір – $d_{\min} = 49,992 \text{ мм}$.

4.2.2 Визначаємо виконавчі розміри прохідної ($ПР_{\text{вик}}$) і непрохідної ($НЕ_{\text{вик}}$) сторін калібра- скоби.

Допуски та граничні відхилення виконавчих розмірів прохідної і непрохідної сторін калібра-скоби для 6 квалітету контрольованих розмірів приведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 Допуски і відхилення калібрів для 6 квалітету

Найменування, мкм	Розмір контрольованого валу			
	Позначення	Ø30	Ø40	Ø50
Допуск на виготовлення калібрів для валів	H_1	4	4	5
Допуск для виготовлення контрольного калібру	H_p	1,5	15	2
Відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для валу	Z_1	3	3,5	4
Допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для валу	Y_1	3	3	3

$$ПР_{\text{вик}} = d_{\text{max}} - Z_1 - H_1/2 \text{ [мм]} \quad (4.1)$$

$$ПР_{\text{вик}} = 50,008 - 0,004 - 0,005/2 = 50,0015 \text{ (мм)};$$

$$НЕ_{\text{вик}} = d_{\text{min}} - H_1/2 \text{ [мм]} \quad (4.2)$$

$$НЕ_{\text{вик}} = 49,992 - 0,005/2 = 49,9915 \text{ (мм)}.$$

4.2.3 Визначаємо розмір гранично спрацьованої прохідної сторони калібра-скоби

$$ПР_{\text{сп}} = d_{\text{max}} + Y_1 \text{ [мм]} \quad (4.3)$$

$$ПР_{\text{сп}} = 50,008 + 0,003 = 50,011 \text{ (мм)}$$

4.2.4 Визначаємо виконавчі розміри контрольного калібру К-ПР, К-НЕ, К-З для калібра-скоби

$$К\text{-}ПР_{\text{вик}} = d_{\text{max}} - Z_1 + H_p/2 \text{ [мм]}$$

$$К\text{-}ПР_{\text{вик}} = 50,008 - 0,004 + 0,002/2 = 50,005 \text{ (мм)}$$

$$К\text{-}НЕ_{\text{вик}} = d_{\text{min}} + H_p/2 \text{ [мм]}$$

$$К\text{-}НЕ_{\text{вик}} = 49,992 + 0,002 = 49,994 \text{ (мм)}$$

$$К\text{-}З_{\text{вик}} = d_{\text{max}} - Y_1 + H_p/2 \text{ [мм]}$$

$$K-3_{\text{вик}} = 50,008 - 0,003 + 0,002/2 = 50,012 \text{ (мм)}$$

4.2.5 Виконавчі розміри робочих і контрольних калібрів відхиленнями.

Граничні відхилення приведені в таблиці 4.1

$$P-PP_{\text{вик}} = 50,0015^{+0,005} \text{ (мм)};$$

$$P-HE_{\text{вик}} = 47,9915^{+0,005} \text{ (мм)}.$$

$$K-PP_{\text{вик}} = 50,005_{-0,002} \text{ (мм)}$$

$$K-HE_{\text{вик}} = 49,994_{-0,002} \text{ (мм)}$$

$$K-3_{\text{вик}} = 50,012_{-0,002} \text{ (мм)}$$

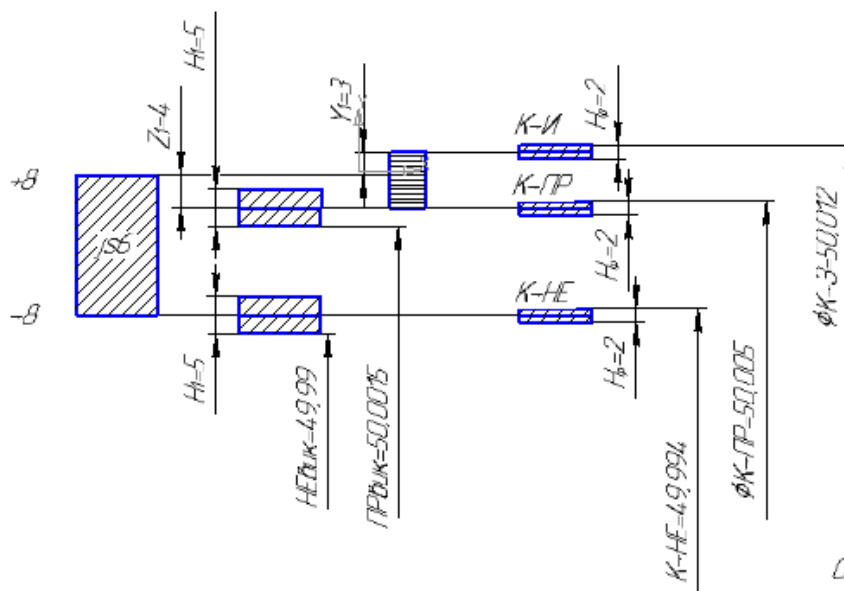


Рисунок 4.1 – Схема полів допусків калібрів

4.3 Розрахунок виконавчих розмірів калібра-скоби для контролювання діаметра вала Ø40k6

4.3.1 Визначаємо граничні відхилення, допуск та граничні розміри для вала Ø 40 k6:

верхнє відхилення – $es = + 18 \text{ мкм};$

нижнє відхилення – $ei = +2 \text{ мкм};$

допуск – $ITd = 20 \text{ мкм};$

найбільший граничний розмір – $d_{\max} = 40,018\text{мм}$;

найменший граничний розмір – $d_{\min} = 40,002\text{ мм}$.

4.3.2 Визначаємо виконавчі розміри прохідної ($ПР_{\text{вик}}$) і непрохідної ($НЕ_{\text{вик}}$) сторін калібра- скоби (формули 4.1-4.2)

Допуски та граничні відхилення виконавчих розмірів прохідної і непрохідної сторін калібра- скоби для 6 квалітету контрольованих розмірів приведено в таблиці 4.1

$$ПР_{\text{вик}} = 40,018 - 0,0035 - 0,004/2 = 40,0125\text{ (мм)};$$

$$НЕ_{\text{вик}} = 40,002 - 0,004/2 = 40,0\text{(мм)}.$$

4.3.3 Визначаємо розмір гранично спрацьованої прохідної сторони калібра- скоби

$$ПР_{\text{сп}} = 40,018 + 0,003 = 40,021\text{(мм)}$$

4.3.4 Визначаємо виконавчі розміри контрольного калібра К-ПР, К-НЕ, К-З для калібра-скоби

$$К-ПР_{\text{вик}} = 40,018 - 0,0035 + 0,015/2 = 40,022\text{(мм)}$$

$$К-НЕ_{\text{вик}} = 40,002 + 0,0015/2 = 40,0095\text{ (мм)}$$

$$К-З_{\text{вик}} = 40,018 - 0,003 + 0,015/2 = 40,0225\text{ (мм)}$$

4.3.5 Виконавчі розміри робочих і контрольних калібрів відхиленнями.

Граничні відхилення приведені в таблиці 4.1

$$Р-ПР_{\text{вик}} = 40,013^{+0,004}\text{ (мм)};$$

$$Р-НЕ_{\text{вик}} = 40^{+0,004}\text{ (мм)}.$$

$$К-ПР_{\text{вик}} = 40,022_{-0,015}\text{ (мм)}$$

$$К-НЕ_{\text{вик}} = 40,009_{-0,015}\text{ (мм)}$$

$$К-З_{\text{вик}} = 40,023_{-0,015}\text{ (мм)}$$

4.4 Розрахунок виконавчих розмірів калібра-скоби для контролювання діаметра вала $\varnothing 30k6$

4.4.1 Визначаємо граничні відхилення, допуск та граничні розміри для вала $\varnothing 30k6$:

верхнє відхилення $es = + 15\text{ мкм}$;

нижнє відхилення $e_i = +2$ мкм;

допуск $IT_d = 17$ мкм.

найбільший граничний розмір – $d_{\max} = 30,015$ мм;

найменший граничний розмір – $d_{\min} = 30,002$ мм.

4.4.2 Визначаємо виконавчі розміри прохідної ($ПР_{\text{вик}}$) і непрохідної ($НЕ_{\text{вик}}$) сторін калібра- скоби (формули 4.1-4.2)

Допуски та граничні відхилення виконавчих розмірів прохідної і непрохідної сторін калібра- скоби для 6 квалітету контрольованих розмірів приведено в таблиці 4.1

$$ПР_{\text{вик}} = 30,015 - 0,0035 - 0,004/2 = 30,0095 \text{ (мм)};$$

$$НЕ_{\text{вик}} = 30,002 - 0,004/2 = 30,0 \text{ (мм)}.$$

4.4.3 Визначаємо розмір гранично спрацьованої прохідної сторони калібра- скоби

$$ПР_{\text{сп}} = 30,015 + 0,003 = 30,018 \text{ (мм)}$$

4.4.4 Визначаємо виконавчі розміри контрольного калібра К-ПР, К-НЕ, К-З для калібра-скоби

$$К-ПР_{\text{вик}} = 30,015 - 0,0035 + 0,015/2 = 30,019 \text{ (мм)}$$

$$К-НЕ_{\text{вик}} = 30,002 + 0,0015/2 = 30,0095 \text{ (мм)}$$

$$К-З_{\text{вик}} = 30,015 - 0,003 + 0,015/2 = 30,019 \text{ (мм)}$$

4.4.5 Виконавчі розміри робочих і контрольних калібрів відхиленнями.

Граничні відхилення приведені в таблиці 4.1

$$Р-ПР_{\text{вик}} = 30,002^{+0,004} \text{ (мм)}$$

$$Р-НЕ_{\text{вик}} = 30^{+0,004} \text{ (мм)}$$

$$К-ПР_{\text{вик}} = 30,019_{-0,015} \text{ (мм)}$$

$$К-НЕ_{\text{вик}} = 30,009_{-0,015} \text{ (мм)}$$

$$К-З_{\text{вик}} = 30,019_{-0,015} \text{ (мм)}$$

5 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "ВАЛ"

5.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

Деталь «Вал» є основною деталлю коробки швидкостей та виконує передачу крутного моменту між вхідною та вихідною ланками редуктора. Базується деталь в редукторі на підшипниках по поверхнях $\varnothing 50js6$. Суміжні деталі базуються по поверхні $\varnothing 60js6$ та шліцьовому з'єднанні D-8×60×52×10.

Деталь виготовляється з конструкційної сталі 45 ГОСТ 1050-88. Дана деталь відноситься до класу «Валів» по формі, конструкції та іншим технологічним ознакам.

Проведемо кількісний аналіз деталі «Вал» за трьома показниками (коефіцієнт уніфікації, коефіцієнт шорсткості та коефіцієнт точності):

- коефіцієнт уніфікації

$$K_y = Q_{ye} / Q_e, \quad (5.1)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів в конструкції деталі (див. табл. 5.1),

Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_y = (23+22)/(28+24) = 0,865.$$

Оскільки виконується умова $K_y \geq 0,6$ ($0,865 \geq 0,6$) деталь відноситься до технологічних.

- коефіцієнт шорсткості

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{5,543} = 0,18,$$

де $Ш_{cp}$ - середній клас шорсткості:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{1,6 \cdot 2 + 3,2 \cdot 6 + 6,3 \cdot 29}{37} = 5,543.$$

Таблиця 5.1 – Загальна кількість конструктивних елементів

Лінійний розмір	495 ₋₁	290	272	210	100	53 _{-0,1}	52	42	27
Уніфікований розмір	–	–	–	+	+	+	–	+	–
Лінійний розмір	18f8	12 (2 пов.)	10f8	9	4 (5 пов.)	3	2 (3 пов.)	1	0,5 (4 пов.)
Уніфікований розмір	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Діаметральний розмір	Ø68	Ø60js6	Ø60a11	Ø52	Ø50js6 (2 пов.)	Ø50	Ø48 (2 пов.)	Ø48	R9
Уніфікований розмір	–	+	+	–	+	+	+	+	+
Діаметральний розмір	R1 (3 пов.)	R0,5 (10 пов.)							
Уніфікований розмір	+	+							
Кількість лінійних розмірів 28					Кількість уніфікованих розмірів 23				
Кількість діаметральних розмірів 24					Кількість уніфікованих розмірів 22				

Таблиця 5.2 – Шорсткість поверхонь деталі

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
1,6	2	$1,6 \cdot 2 = 3,2$
3,2	6	$3,2 \cdot 6 = 19,2$
6,3	29	$6,3 \cdot 31 = 182,7$
Всього:	37	205,1

Деталь технологічна по коефіцієнту шорсткості, тому що виконується перевірка $0,18 < 0,32$ ($K_{ш} < 0,32$).

- коефіцієнт точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{11} = 0,909.$$

де T_{cp} – середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{6 \cdot 3 + 8 \cdot 1 + 10 \cdot 2 + 11 \cdot 1 + 14 \cdot 25}{37} = 11.$$

Таблиця 5.3 – Квалітети точності поверхонь деталі

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
6	3	$6 \cdot 3 = 18$
8	1	$8 \cdot 1 = 8$
10	2	$10 \cdot 2 = 20$
11	1	$11 \cdot 1 = 11$
14	25	$14 \cdot 25 = 350$
Всього	37	407

Деталь технологічна по коефіцієнту точності, тому що виконується умова $0,909 > 0,8$ ($K_T > 0,8$).

Оскільки виконуються всі умови, то деталь технологічна.

5.2. Розрахунок розмірів заготовки

Маса деталі «Вал» 11,454 кг, програма випуску $N = 1400$ шт. отже дана деталь випускається в умовах дрібносерійного виробництва.

Матеріал деталі - Сталь 45, яка відноситься до класу конструкційних сталей. Сталь 45 має досить гарну пластичність, тому виготовляємо заготовку методом пластичної деформації (штампуванням).

Провівши аналіз різних способів виготовлення заготовок, ми зробили висновок, що для даного типу виробництва найбільш доцільним та економічним будуть такі способи виготовлення заготовки, як штампування на ГKM та прокат.

5.2.1 Призначення припусків на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів. Вибір конструктивних елементів заготовки)

Проведемо розрахунок параметрів процесу штампування на ГKM та визначимо розміри вихідної заготовки.

Клас точності T для штамповки на ГKM – $T4$.

Група сталі М для сталі 45 – М1.

Визначаємо ступінь складності поковки. Визначаємо масу найменшої простої геометричної фігури, яка описує деталь. Всі габаритні розміри деталі збільшуємо на коефіцієнт $K=1,1$, відповідно $D = 68 \cdot 1,1 = 74,8$ мм, $L = 495 \cdot 1,1 = 544,5$ мм.

$$G_{\phi} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \cdot \rho, [\text{кг}] \quad (5.2)$$

$$G_{\phi} = \frac{3,14}{4} \cdot (74,8 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 544,5 \cdot 10^{-3} \cdot 7820 = 18,702 \text{ (кг)},$$

$$G_{\pi} = G_{\phi} \cdot K_p = 11,454 \cdot 1,4 = 16,036 \text{ (кг)},$$

де K_p – коефіцієнт, що залежить від конфігурації деталі [1].

$$C = \frac{G_n}{G_{\phi}} = \frac{16,036}{18,702} = 0,857.$$

Враховуючи те, що значення коефіцієнта $C > 0,63$, тому призначаємо ступінь складності С1 [1].

Оскільки деталь є простої конфігурації, без вигинів, то приймаємо поверхню роз'єму плоскою П.

Визначаємо вихідний індекс для маси поковки ($20 \text{ кг} > G_{\pi} = 16,036 \text{ кг}$), марки сталі (сталь 45), ступеня складності та класу точності поковки. Отже для штамповка на ГKM – 13.

Проведемо розрахунок розмірів заготовки

Для розміру $\varnothing 68$:

$$68 + 1,8 \cdot 2 + 0,4 + 0,8 = 72,8 \text{ (мм)};$$

Для розміру $\varnothing 60js6$:

$$60 + 1,8 \cdot 2 + 0,4 + 0,8 = 64,8 \text{ (мм)};$$

Для розміру $\varnothing 60a11$:

$$60 + 1,8 \cdot 2 + 0,4 + 0,8 = 64,8 \text{ (мм)};$$

Для розміру $\varnothing 50js6$:

$$50 + 1,8 \cdot 2 + 0,4 + 0,8 = 54,8 \text{ (мм)};$$

Для розміру 495:

$$495 + 2,7 \cdot 2 + 0,4 + 0,8 = 501,6 \text{ (мм)};$$

Таблиця 5.4 – Вихідні дані штампування на ГKM

Вхідні дані	штамповка на ГKM								
Клас точності	T4								
Марка матеріалу	M1								
Ступінь складності	C1								
Індекс	13								
Конфігурація поверхні роз'єму штампа	П								
	Розрахункові розміри, мм								
Припуски:	Ø68	Ø60js6	Ø60a11	Ø50js6	495	290	100	52	42
Основні	1,8	1,8	1,8	1,8	2,7	2,5	2,0	1,8	1,8
Додаткові: на зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,4								
для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,8								
	Розміри заготовок, мм								
	Ø72,8	Ø64,8	Ø64,8	Ø54,8	501,6	289	99,5	51,7	41,7
Допуски: розмірів	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$4,0^{+2,7}_{-1,3}$	$3,6^{+2,4}_{-1,2}$	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$
зміщення по поверхні роз'єму штампа	1,0								
величина замкнутого облою	1,2								
висоти заусенцю	5 мм								
від концентричності отворів	—								
по вигнутості від площин. і прямолін. радіусів заокруглень	1,6								

Для розміру 290:

$$290 + 2,7 - 2,5 - 0,4 - 0,8 = 289(\text{мм});$$

Для розміру 100:

$$100 + 2,7 - 2,0 - 0,4 - 0,8 = 99,5(\text{мм});$$

Для розміру 52:

$$52 + 2,7 - 1,8 - 0,4 - 0,8 = 51,7(\text{мм});$$

Для розміру 42:

$$42 + 2,7 - 1,8 - 0,4 - 0,8 = 41,7(\text{мм}).$$

Технічні вимоги для штампування на ГKM:

1. Клас точності – Т4, група сталі – М1, ступінь складності – С1.
2. Невказані штампувальні нахили 2^0 , радіуси 3 мм.
3. Допустимі зміщення по площині роз'єму 1,2.
4. Невказані допуски радіусів заокруглень 1,0 мм.

Проведемо розрахунок параметрів заготовки виготовленої з прокату.

Дану заготовку можна виготовити із круглого сортового прокату, так як контур деталі наближається за своєю конфігурацією до профілю прокату.

Габаритні розміри деталі: зовнішній діаметр $\varnothing 68$ мм та довжина 495 мм.

Для дрібносерійного типу виробництва приймається відрізання прокату сортовими ножицями моделі Н1834.

Припуски на обробку поверхонь заготовки із прокату [2]:

1. Точити однократно $\varnothing 68$ припуск 1 мм;
2. Підрізати торці по розміру 495 припуск 1 мм.

$$68 + 1 \cdot 2 = 70 \text{ (мм)},$$

$$495 + 1 \cdot 2 = 497 \text{ (мм)}.$$

Підбираємо круглий прокат, який би мав такі параметри: зовнішній діаметр – від 70 мм і більше; довжина заготовки від 497 мм і більше.

Приймаємо сортовий прокат – Круг $\frac{В - 70 \text{ ГОСТ } 7417 - 75}{45 \text{ ГОСТ } 1050 - 2013}$.

Вибираємо стандартний сортовий круглий прокат $\varnothing 70$ мм та довжиною штучної заготовки 497 мм.

5.2.2 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

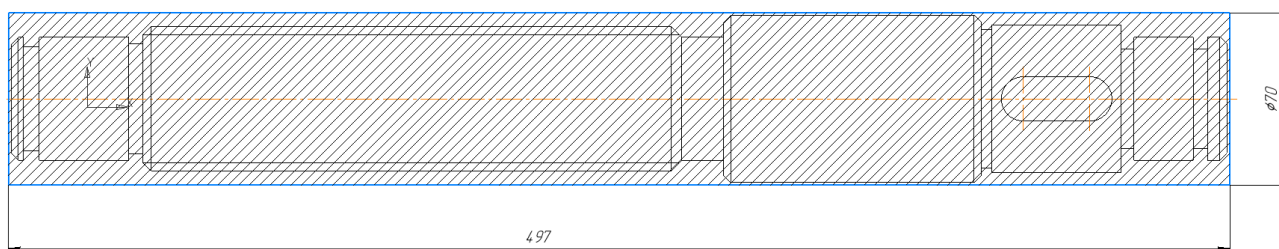


Рисунок 5.1 – Ескіз заготовки виготовленої з прокату

$$M = M_{\text{дет}} / M_{\text{заг}} = 11,454 / 12,998 = 0,881.$$

Для заготовки виготовленої з прокату

Матеріал Сталь 45 ГОСТ 1050-2013

Густина $R_o = 0,007810 \text{ г/мм}^3$

Маса $M = 14938 \text{ г}$

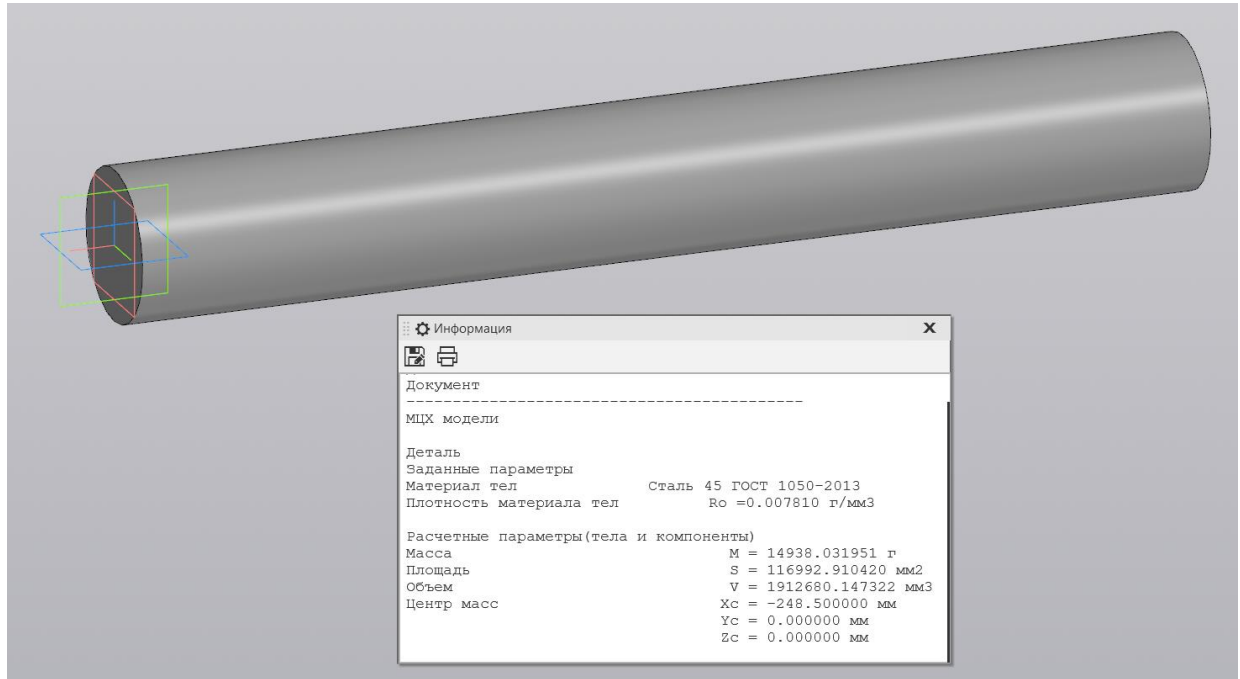


Рисунок 5.4 – 3D модель заготовки виготовленої з прокату

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки виготовленої з прокату:

$$M = M_{\text{дет}} / M_{\text{заг}} = 11,454 / 14,938 = 0,767.$$

5.2.4 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки і вибір найраціональнішого

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{заг.}} = \left(\frac{G_{\text{заг.}}}{1000} \cdot C_{\text{шт}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} \right) - \left(\frac{G_{\text{заг.}} - G_{\text{дет}}}{1000} \right) \cdot C_{\text{відх}} [\text{грн.}], \quad (5.3)$$

де $C_{\text{шт}}$ – базова вартість 1 т штамповки;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва;

$C_{відх}$ – вартість 1 т. стружки.

Призначаємо коефіцієнти: $K_T = 1$, $K_M = 1$, $K_C = 1$, $K_B = 1,14$, $K_{II} = 1,0$, $C_{відх}$ – вартість 1 т. стружки, для сталі $C_{відх} = 6500$ грн.

Для штампування на ГKM:

$$C_{заг.шт} = \left(\frac{12,998 \cdot 54000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1}{1000} \right) - \left(\frac{12,998 - 11,454}{1000} \right) \cdot 6500 = 790,11 \text{ (грн.)}$$

Для заготовки з прокату вартість заготовки визначається за формулою:

$$C_{заг.пр} = C_M + \sum C_{оз} \text{ [грн.]}, \quad (5.4)$$

де $C_M = 42000$ грн./т – вартість матеріалу заготовки;

$\Sigma C_{з.о.}$ - технологічна собівартість заготівельних операцій (відрізання).

$$C_{зо} = \frac{C_{пз} \cdot T_{шт-к}}{60 \cdot 100} \text{ [грн.]}, \quad (5.5)$$

де $C_{пз} = 25$ грн/год - приведені витрати на заготівельні операції [7];

$T_{шт-к}$ - штучно-калькуляційний час виконання заготівельної операції.

Відрізання

$$T_0 = 0,037 \cdot D^2 \cdot 10^{-3} = 0,037 \cdot 68^2 \cdot 10^{-3} = 0,171 \text{ (хв.)},$$

$$\varphi_k = 1,72$$

$$T_{шт-к} = T_0 \cdot \varphi_k = 0,171 \cdot 1,72 = 0,294 \text{ (хв.)}.$$

Тоді

$$C_{оз} = \frac{25 \cdot 0,249}{60} = 0,13 \text{ (грн.)}.$$

$$C_{пр} = \frac{G_{заг}}{1000} \cdot C_M - \left(\frac{G_{заг} - G_{дет}}{1000} \right) \cdot C_{відх} \text{ [грн.]},$$

$$C_{пр} = \frac{14,938}{1000} \cdot 42000 - \left(\frac{14,938 - 11,454}{1000} \right) \cdot 6500 = 604,75 \text{ (грн.)},$$

$$C_{заг.пр} = C_{пр} + C_{оз} = 604,75 + 0,13 = 604,88 \text{ (грн.)}.$$

Отже, за результатами розрахунків приймаємо метод отримування заготовки – прокат.

5.3 Розробка маршруту механічної обробки

5.3.1 Вибір (з обґрунтуванням) способів механічної обробки поверхонь із підвищеними вимогами точності, визначення кількості ступенів механічної обробки

Для поверхні $\varnothing 60js6(\pm 00095)$ визначимо кількість ступенів механічної обробки циліндричної поверхні. Для розрахунку загального уточнення визначаємо допуски заготовки та деталі на даний розмір: допуск заготовки – 1600 мкм, допуск деталі – 16 мкм. Тоді:

$$\varepsilon = 1,6 / 0,016 = 100.$$

Приймаємо 4 переходи механічної обробки. Призначаємо: $\varepsilon_1 = 6$, $\varepsilon_2 = 4,5$, $\varepsilon_3 = 2,5$.

Знайдемо уточнення, яке має бути забезпечене на четвертому переході

$$\varepsilon_4 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3} = \frac{100}{6 \cdot 4,5 \cdot 2,5} = 1,48.$$

Допуск технологічного розміру після кожного переходу складатиме:

$$T_1 = T_3 / \varepsilon_1 = 1,6 / 6 = 0,267 \text{ (мм)};$$

$$T_2 = T_1 / \varepsilon_2 = 0,267 / 4,5 = 0,059 \text{ (мм)};$$

$$T_3 = T_2 / \varepsilon_3 = 0,059 / 2,5 = 0,024 \text{ (мм)};$$

$$T_4 = T_3 / \varepsilon_4 = 0,024 / 1,48 = 0,016 \text{ (мм)}.$$

За отриманими даними допусків приймаємо:

- перший перехід – 12 квалітет точності (попереднє точіння),
- другого перехід – 9 квалітет (попереднє точіння),
- третій – 7 квалітет (остаточне точіння),
- четвертий – 6 квалітет (шліфування).

Таблиця 5.5 – Визначення способів і кількості ступенів механічної обробки

Поверхневий розмір	Загальне уточнення, $\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}$	Кількість ступенів механічної обробки	Квалітет	Вид механічної обробки
Ø50js6	100	$\varepsilon = 6 \cdot 4,5 \cdot 2,5 \cdot 1,48$	12 9 7 6	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування
Ø60js6	100	$\varepsilon = 6 \cdot 4,5 \cdot 2,5 \cdot 1,48$	12 9 7 6	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне

5.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз

На 005 операції механічної обробки ми обробляємо базові поверхні.

Чистовими технологічними базами на операції 010 є торці і центрові отвори (рис. 5.4).

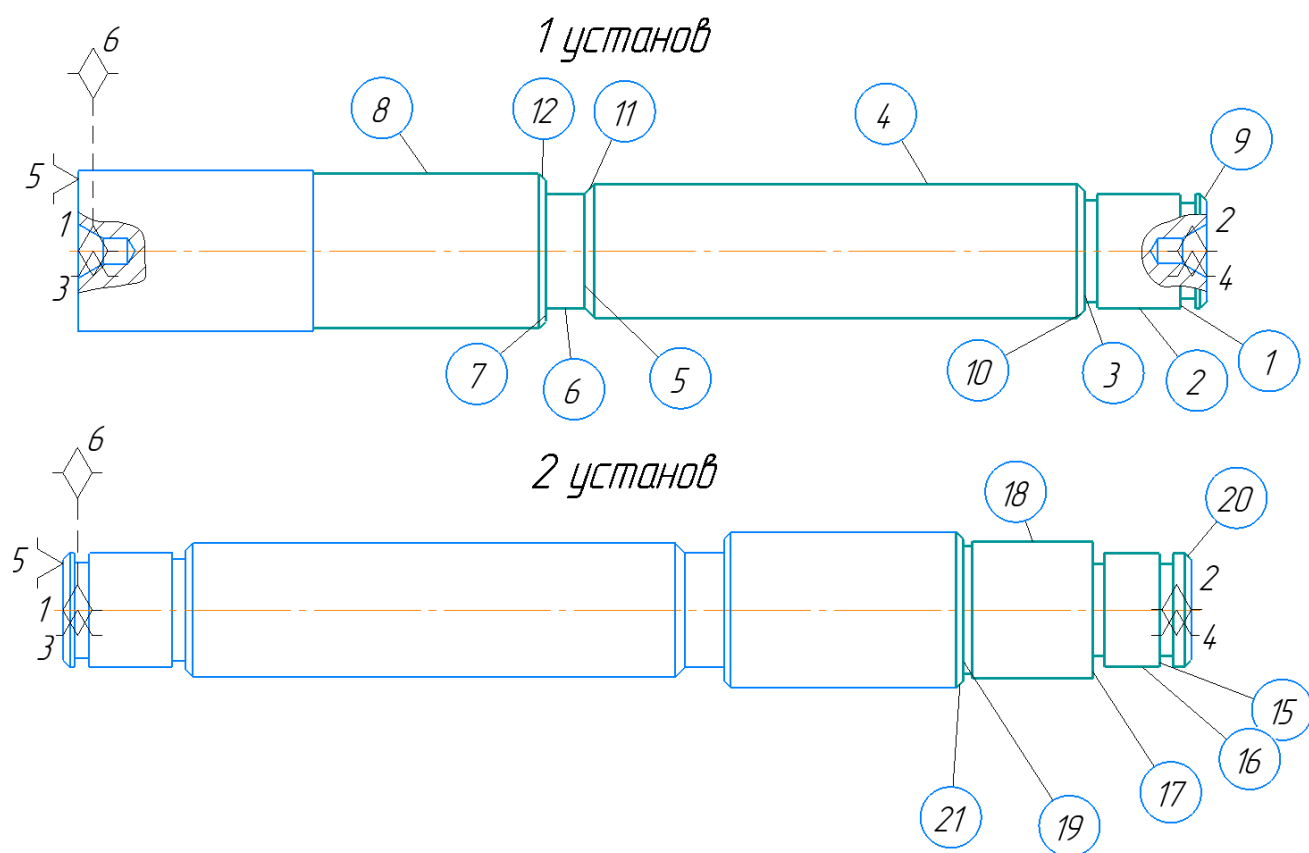


Рисунок 5.4 – Чистові технологічні бази (операція 010)

Проаналізуємо наявність похибок базування на оброблювані розміри на 010 операції:

$\varepsilon_{6290}=0$, $\varepsilon_{6272}=0$, $\varepsilon_{6100}=0$, $\varepsilon_{652}=0$, $\varepsilon_{642}=0$, $\varepsilon_{612}=0$, $\varepsilon_{69}=0$ – виконується принцип суміщення баз;

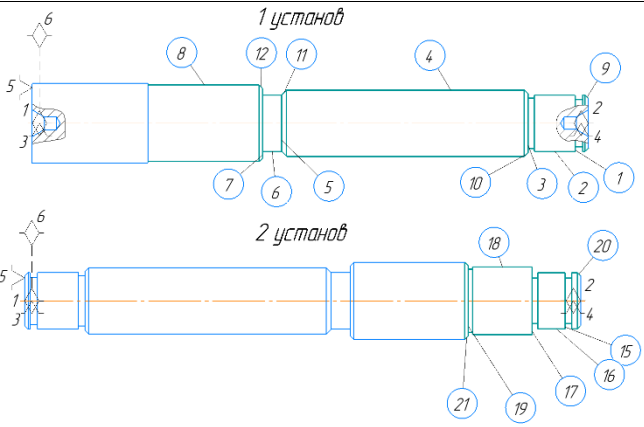
$\varepsilon_{64}=0$, $\varepsilon_{64}=0$, $\varepsilon_{64 \times 45}=0$, $\varepsilon_{63 \times 45}=0$ – обробка поверхонь за один установ;

$\varepsilon_{668}=0$, $\varepsilon_{660js6}=0$, $\varepsilon_{650js6}=0$, $\varepsilon_{650}=0$, $\varepsilon_{648}=0$ – діаметральний розмір;

На 025 операції $\varepsilon_{660js6}=0$, $\varepsilon_{650js6}=0$ – діаметральний розмір.

5.3.3 Проектування маршруту механічної обробки з розробкою змісту операцій, попереднім вибором верстатів та зображенням схем базування

Таблиця 5.6 – Маршрут механічної обробки деталі Вал-шестерня

№ опер.	Операції, переходи	Ескізи, базування	Моделі верстатів
1	<u>2</u>	3	4
005	<u>Фрезерно-центрувальна</u> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати торець (1) та (3) в розмір згідно ескізу 3. Центрувати отв. (2) та (4) 4. Зняти заготовку		Фрезерно-центрувальний МР-37
010	<u>Токарна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку, закріпити Установ 1 2. Точити пов. (2), (4) попередньо та пов. (1), (3), (5), (6), (7), (8) однократно по контуру. 3. Точити фаски (9), (10), (12) однократно. 4. Точити фаску (11) однократно. 5. Точити канавку (13) однократно. 6. Точити канавку (14) однократно. 7. Точити пов. (2) в розмір		Токарний з ЧПК 16K20T1

Продовження таблиці 5.6

1	2	3	4
	8. Точити пов. (2) та (4) остаточно по контуру. Установ 2 7. Точити пов. (16), (18) попередньо та пов. (15), (17), (19) однократно по контуру. 8. Точити пов. (16), (18) попередньо 9. Точити фаски (20), (21) однократно. 10. Точити 2 канавки (22) однократно. 11. Точити канавку (23) однократно. 12. Точити пов. (16) та (18) остаточно. 13. Зняти заготовку		
015	<u>Фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Фрезерувати паз (1) однократно. 3 Зняти заготовку		Фрезерний верстат з ЧПК 6Р13РФ3
020	<u>Шліцуфрезерна</u> 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Фрезерувати шліці (1) однократно. 3 Зняти заготовку		Шліце-фрезерний верстат 5350А
025	<u>Кругло-шліфувальна</u> 1. Встановити заготовку. 2. Шліфувати пов. 1, 2 та 3 однократно 3. Зняти заготовку		Кругло-шліфувальний 3М132

5.3.4 Розмірний аналіз технологічного процесу

5.3.4.1 Вибір розташування технологічних розмірів

Технологічні розміри доцільно розміщувати таким чином, щоб вони співпадали з конструкторськими. Це можливо тоді, коли технологічні бази співпадають з вимірювальними або поверхні, між якими заданий конструкторський розмір оброблюється на одній операції.

5.3.4.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски на технологічні розміри призначаються згідно довідника [3], для відповідного розміру за відповідним квалітетом, всі поверхні деталі, що розглядаються, мають 14 квалітет, а заготовка виконується 15 квалітету.

Відповідно:

$$T(Z_1) = 2,5 \text{ (мм)};$$

$$T(B_1) = 2,0 \text{ (мм)};$$

$$T(B_2) = 2,0 \text{ (мм)};$$

$$T(B_3) = 1,2 \text{ (мм)};$$

$$T(B_4) = 0,74 \text{ (мм)};$$

$$T(B_5) = 1,8 \text{ (мм)};$$

$$T(B_6) = 1,3 \text{ (мм)};$$

$$T(B_7) = 1,0 \text{ (мм)};$$

$$T(B_8) = 0,62 \text{ (мм)};$$

$$T(B_9) = 1,4 \text{ (мм)};$$

$$T(B_{10}) = 0,87 \text{ (мм)}.$$

При цьому, враховуючи допуски конструкторських розмірів, матимемо наступні мінімальні та максимальні їх значення:

$$K_{1\max} = 495 \text{ мм}, K_{1\min} = 494 \text{ (мм)};$$

$$K_{2\max} = 52,37 \text{ мм}, K_{2\min} = 51,63 \text{ (мм)};$$

$$K_{3\max} = 290,65 \text{ мм}, K_{3\min} = 289,35 \text{ (мм)};$$

$$K_{4\max} = 100,435 \text{ мм}, K_{4\min} = 99,565 \text{ (мм)};$$

$$K_{5\max} = 42,31 \text{ мм}, K_{5\min} = 41,69 \text{ (мм)}.$$

5.3.4.3 Розмірна схема технологічного процесу

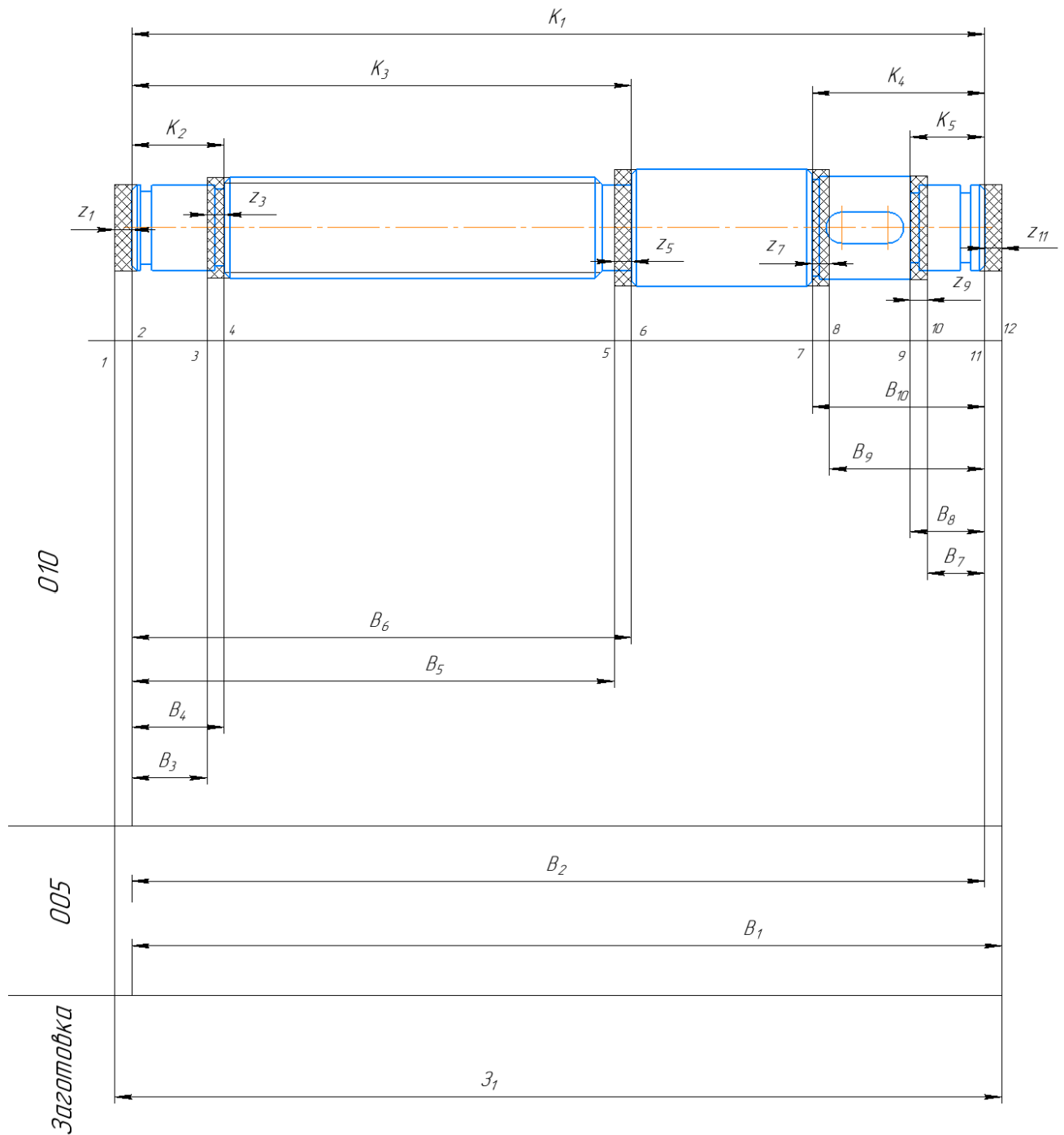


Рисунок 5.5 – Розмірна схема

5.3.4.1 Похідний, вихідний графі-дерева, суміщений граф

Граф, складений із конструкторських розмірів $K_1 K_2 \dots$ і припусків називається вихідним графом (деревом).

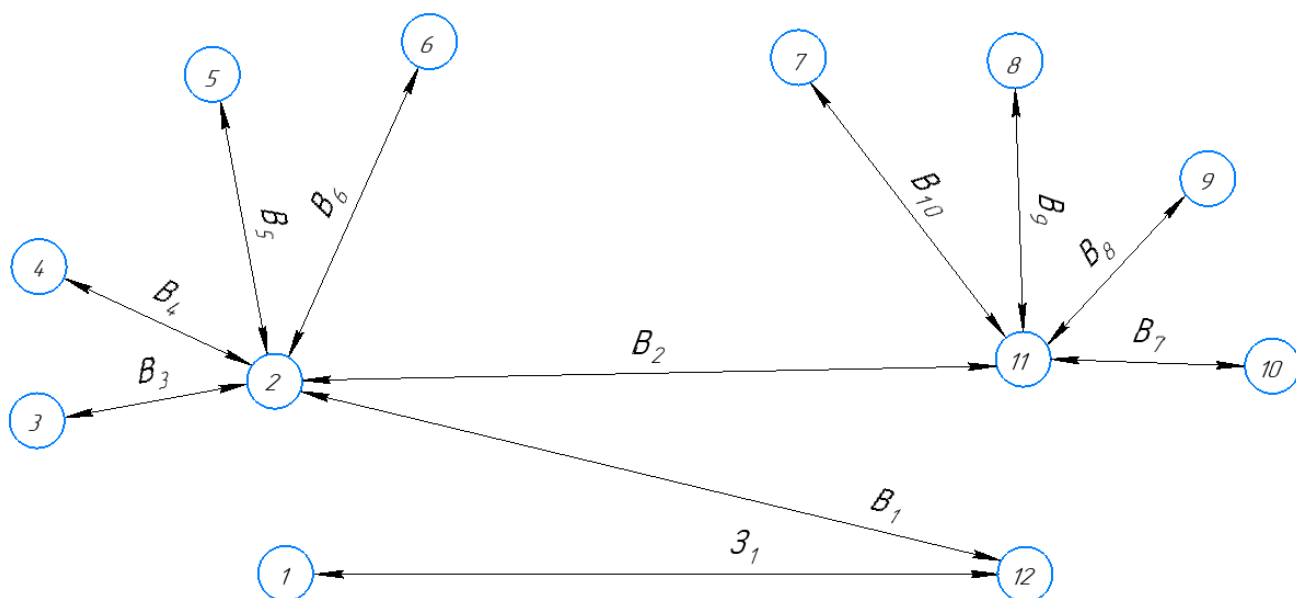


Рисунок 5.6 – Похідне граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів $B_1 B_2 \dots$ і розмірів заготовки $Z_1 Z_2$ називається похідним графом.

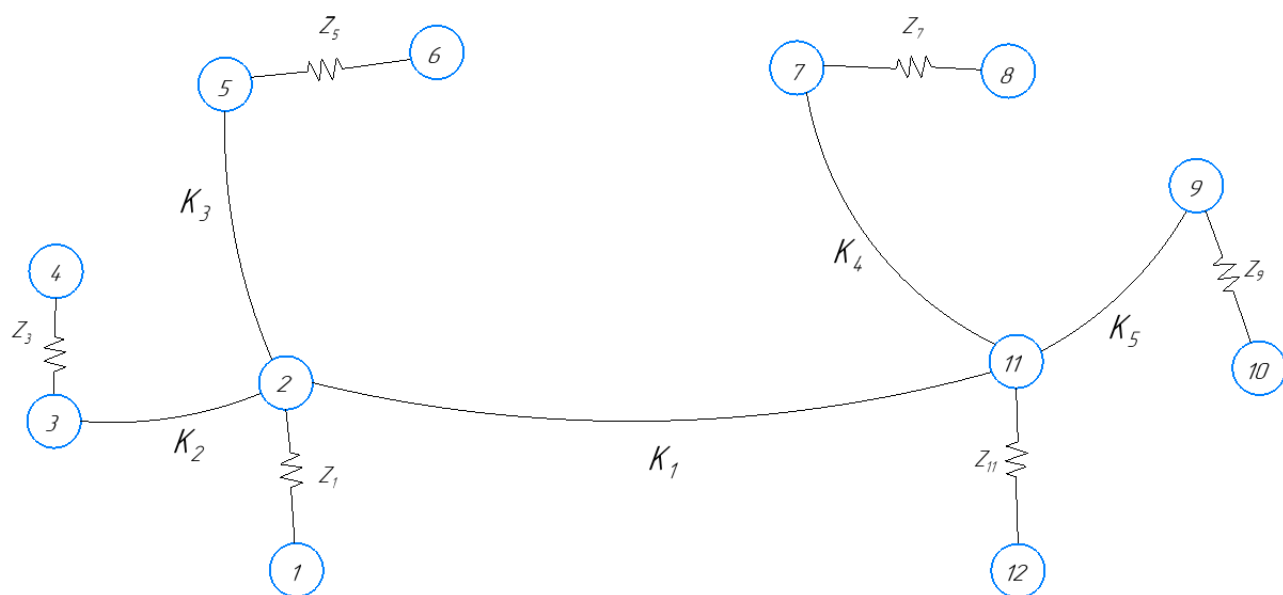


Рисунок 5.7 – Вихідне граф-дерево

Суміщений граф являє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

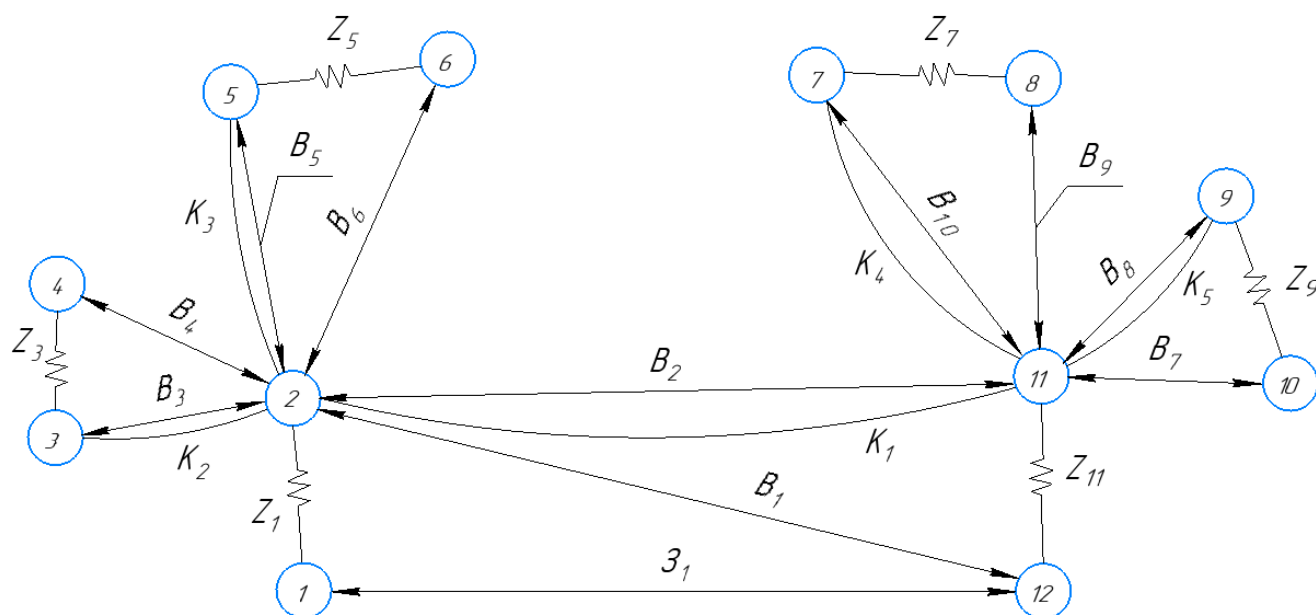


Рисунок 5.8 – Суміщене граф-дерево

5.3.4.5 Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Проміжні мінімальні припуски визначаємо нормативним способом згідно таблиць.

$z_1 = 1,2$ (мм); $z_3 = 0,8$ (мм); $z_5 = 0,8$ (мм);
 $z_7 = 0,8$ (мм); $z_9 = 0,8$ (мм); $z_{11} = 1,2$ (мм).

5.3.4.6 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки

Відповідно до технологічних рівнянь (див. табл. 2.7) визначимо для кожного розміру цього межі:

$B_2 = K_1 = 495_{-1}$ (мм); $B_3 = K_2 = 52 \pm 0,37$ (мм);
 $B_5 = K_3 = 290 \pm 0,65$ (мм); $B_{10} = K_4 = 100 \pm 0,435$ (мм);
 $B_8 = K_5 = 42 \pm 0,31$ (мм).

Таблиця 5.7 – Рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

№ п/п	Розрахункове рівняння	Вихідне рівняння	Розмір, що визначається
1	$-K1 + B2 = 0$	$K1 = B2$	B2
2	$-K2 + B3 = 0$	$K2 = B3$	B3
3	$-K3 + B5 = 0$	$K3 = B5$	B5
4	$-K4 + B10 = 0$	$K4 = B10$	B10
5	$-K5 + B8 = 0$	$K5 = B8$	B8
6	$-Z3 + B4 - B3 = 0$	$Z3 = B4 - B3$	B4
7	$-Z5 + B6 - B5 = 0$	$Z5 = B6 - B5$	B6
8	$-Z7 + B9 - B10 = 0$	$Z7 = B9 - B10$	B9
9	$-Z9 + B7 - B8 = 0$	$Z9 = B7 - B8$	B7
10	$-Z11 + B1 - B2 = 0$	$Z11 = B1 - B2$	B1
11	$-Z1 + 31 - B1 = 0$	$Z1 = 31 - B1$	31

$$Z_{3\min} = B_{4\min} - B_{3\max}$$

$$B_{4\min} = B_{3\max} + Z_{3\min} = 52,37 + 0,8 = 53,17 \text{ (мм)};$$

$$B_{4\max} = B_{4\min} + IT(B_4) = 53,17 + 0,74 = 53,91 \text{ (мм)};$$

$$B_4 = 53,54 \pm 0,37 \text{ (мм)};$$

$$Z_{3\max} = B_{4\max} - B_{3\min}$$

$$Z_{3\max} = 53,91 - 51,63 = 2,28 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{5\min} = B_{6\min} - B_{5\max}$$

$$B_{6\min} = B_{5\max} + Z_{5\min} = 290,65 + 0,8 = 291,45 \text{ (мм)};$$

$$B_{6\max} = B_{6\min} + IT(B_6) = 291,45 + 1,3 = 292,75 \text{ (мм)};$$

$$B_6 = 292,1 \pm 0,65 \text{ (мм)};$$

$$Z_{5\max} = B_{6\max} - B_{5\min}$$

$$Z_{5\max} = 292,75 - 289,35 = 3,4 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{7\min} = B_{9\min} - B_{10\max}$$

$$B_{9\min} = B_{10\max} + Z_{7\min} = 100,435 + 0,8 = 101,235 \text{ (мм)};$$

$$B_{9\max} = B_{9\min} + IT(B_9) = 101,235 + 1,4 = 102,635 \text{ (мм)};$$

$$B_9 = 101,935 \pm 0,5 \text{ (мм)};$$

$$Z_{7\max} = B_{9\max} - B_{10\min}$$

$$Z_{7\max} = 102,635 - 99,565 = 3,07 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{9\min} = B_{7\min} - B_{8\max}$$

$$B_{7\min} = B_{8\max} + Z_{9\min} = 42,31 + 0,8 = 43,11 \text{ (мм)};$$

$$B_{7\max} = B_{7\min} + IT(B_7) = 43,11 + 1,0 = 44,11 \text{ (мм)};$$

$$B_7 = 43,61 \pm 0,5 \text{ (мм)};$$

$$Z_{9\max} = B_{7\max} - B_{8\min}$$

$$Z_{9\max} = 44,11 - 41,69 = 2,42 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{11\min} = B_{1\min} - B_{2\max}$$

$$B_{1\min} = B_{2\max} + Z_{11\min} = 495 + 1,2 = 496,2 \text{ (мм)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + IT(B_1) = 496,2 + 2,0 = 498,2 \text{ (мм)};$$

$$B_1 = 498,2^{+2,0} \text{ (мм)};$$

$$Z_{11\max} = B_{1\max} - B_{2\min}$$

$$Z_{11\max} = 498,2 - 494 = 4,2 \text{ (мм)}.$$

$$Z_{1\min} = Z_{1\min} - B_{1\max}$$

$$Z_{1\min} = B_{1\max} + Z_{1\min} = 498,2 + 1,2 = 499,4 \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + IT(Z_1) = 499,4 + 2,5 = 501,9 \text{ (мм)};$$

$$Z_1 = 509,4^{+2,5} \text{ (мм)};$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\max} - B_{1\min}$$

$$Z_{1\max} = 501,9 - 496,2 = 5,7 \text{ (мм)}.$$

Отже визначено технологічні розміри при механічні обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним.

5.3.5 Розрахунок припусків

5.3.5.1 Визначення розрахунково-аналітичним методом припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні

Проведемо розрахунок технологічних розмірів які утворюються при обробці поверхні $\varnothing 60js6(\pm 0,0095)$.

Приймаємо значення Rz і T згідно рекомендацій [5]:

- для заготовки Rz 160 та T = 250 мкм;
- попереднє точіння Rz = T = 120 мкм;
- попереднє точіння Rz = T = 60 мкм;
- остаточне точіння Rz = T = 30 мкм;
- шліфування Rz = 5 мкм та T = 10 мкм.

Розраховуємо мінімальні значення міжопераційних припусків:

$$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}). \text{ [мкм]}. \quad (5.6)$$

Похибка установки при чорновому точінні:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_s^2} \text{ [мкм]}. \quad (5.7)$$

$$\varepsilon_1 = 110 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо похибку установки при повторному попередньому точінні:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 110 \cdot 0,05 = 5,5 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальний припуск під точіння:

Під попереднє точіння:

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (160 + 250 + 110) = 2 \cdot 520 \text{ (мкм)};$$

Під напівчистове точіння:

$$2Z_{\min 2} = 2(120 + 120 + 5,5) = 2 \cdot 246 \text{ (мкм)};$$

Під чистове точіння:

$$2Z_{\min 3} = 2(60 + 60) = 2 \cdot 120 \text{ (мкм)};$$

Під шліфування:

$$2Z_{\min 4} = 2(30 + 30) = 2 \cdot 60 \text{ (мкм)}.$$

Після тонкого точіння отримаємо розмір, що вказаний на кресленні:

$$d = 59,9905 \text{ (мм)}.$$

Розраховуємо інші розміри по технологічним переходам:

для остаточного точіння:

$$d_3 = 59,9905 + 2 \cdot 0,06 = 60,1105 \text{ (мм)};$$

для попереднього точіння:

$$d_2 = 60,1105 + 2 \cdot 0,12 = 60,3505 \text{ (мм)};$$

для попереднього точіння:

$$d_1 = 60,3505 + 2 \cdot 0,246 = 60,8425 \text{ (мм)};$$

для заготовки:

$$d_{\text{заг}} = 60,8425 + 2 \cdot 0,52 = 61,8825 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо значення допусків кожного технологічного переходу:

- тонкого точіння (6 квалітет), допуск складає 19 мкм,
- остаточне точіння (7 квалітет), допуск складає 30 мкм,
- попереднє точіння (9 квалітет) допуск складає 74 мкм,
- попереднє точіння (12 квалітет) допуск складає – 300 мкм,
- заготовка (16 квалітет), допуск складає 1900 мкм.

Максимальні граничні розміри:

$$d_{\text{max4}} = 59,9905 + 0,019 = 60,0095 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max3}} = 60,111 + 0,030 = 60,141 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max2}} = 60,351 + 0,074 = 60,425 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max1}} = 60,84 + 0,30 = 61,14 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max заг}} = 61,9 + 1,9 = 63,8 \text{ (мм)}.$$

Граничні значення припусків $Z_{\text{max}}^{\text{zp}}$ та $Z_{\text{min}}^{\text{zp}}$:

для шліфування:

$$2Z_{\text{min4}} = 60,111 - 59,9905 = 0,1205 \text{ мм} = 120,5 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{max4}} = 60,141 - 60,0095 = 0,1315 \text{ мм} = 131,5 \text{ (мкм)};$$

для остаточного точіння:

$$2Z_{\text{min3}} = 60,351 - 60,111 = 0,24 \text{ мм} = 240 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{max3}} = 60,425 - 60,141 = 0,284 \text{ мм} = 284 \text{ (мкм)};$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2} = 60,84 - 60,351 = 0,489 \text{ мм} = 489 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 61,14 - 60,425 = 0,715 \text{ мм} = 715 \text{ (мкм)};$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1} = 61,9 - 60,84 = 1,06 \text{ мм} = 1060 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 63,8 - 61,14 = 2,66 \text{ мм} = 2660 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 2.8

Таблиця 5.8 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 60js6(\pm 0,0095)$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 60js6$	Елементи припуску, мкм				Розрахунок-ковий припуск, мкм $2Z_{\min}$	Розрахунок-ковий розмір, мм d_p	Допуск мкм δ	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ	ε				$d_{\min}$	$d_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	160	250	-	110		61,8825	1,9	61,9	63,8		
Точіння попереднє	120	120	-	5,5	$2 \cdot 520$	60,8425	0,3	60,84	61,14	1,06	2,66
Точіння попереднє	60	60	-	-	$2 \cdot 246$	60,3505	0,074	60,351	60,425	0,489	0,715
Точіння остаточне	30	30	-	-	$2 \cdot 120$	60,1105	0,030	60,111	60,141	0,24	0,284
Шліфування	5	10	-	-	$2 \cdot 60$	59,9905	0,019	59,9905	60,0095	0,121	0,132
Ітого										1,91	3,791

Виконуємо перевірку правильності виконуваних розрахунків:

$$Z_{\max 2}^{zp} - Z_{\min 2}^{zp} = 0,715 - 0,489 = 0,226 \text{ (мм)}; \delta_1 - \delta_2 = 0,3 - 0,074 = 0,226 \text{ (мм)};$$

$$Z_{\max 3}^{zp} - Z_{\min 3}^{zp} = 0,284 - 0,24 = 0,044 \text{ (мм)}; \delta_2 - \delta_3 = 0,074 - 0,03 = 0,044 \text{ (мм)};$$

$$Z_{\max 4}^{zp} - Z_{\min 4}^{zp} = 0,132 - 0,121 = 0,011 \text{ (мм)}; \delta_3 - \delta_4 = 0,03 - 0,019 = 0,011 \text{ (мм)}.$$

5.3.5.2 Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку решти циліндричної поверхонь Використовуючи довідникові дані [5], визначаємо мінімальні припуски на механічну обробку решти циліндричних поверхонь та розраховуємо відповідні граничні розміри і максимальні припуски, результат та хід розрахунку зображаємо у вигляді таблиць.

Таблиця 5.9 - Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку поверхні розміром $\varnothing 50js6(\pm 0,008)$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 52js6(\pm 0,0095)$	Розрахунок ковий припуск $2Z_{min}$	Розрах. розмір, мм d_p	Допуск, мм δ	Граничний розмір		Граничні значення	
				dmin	dmax	$2Z_{min}^{np}$	$2Z_{max}^{np}$
Заготовка		53,512	1,6	53,5	55,1		
Точіння попереднє	$2 \cdot 1200$	51,112	0,25	51,11	51,36	2,39	3,74
Точіння попереднє	$2 \cdot 300$	50,512	0,062	50,511	50,573	0,599	0,787
Точіння попереднє	$2 \cdot 160$	50,192	0,025	50,191	50,216	0,32	0,357
Точіння остаточне	$2 \cdot 100$	49,992	0,016	49,992	50,008	0,199	0,208
Сума						3,508	5,092

5.3.6 Визначення режимів різання на обробку конструкторських баз та кріпильних отворів

Приведемо приклад розрахунку режимів різання

1) Операція 010. Токарна з ЧПК; Модель верстата – 16K20T1

Ескіз механічної обробки див. табл. 2.6. Вибираємо перехід №3 Точити поверхню 2 попередньо.

Обираємо ріжучий інструмент для даного переходу. Приймаємо різець прохідний T15K6; переріз державки 16×25 мм. $\gamma=120^\circ$; $\lambda=6$; $\phi=45^\circ$; $r=1$ (мм).

Визначаємо глибину різання:

$$t=(D-d)/2=(60,84 - 60,351)/2=0,2445 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо подачу: для різців Т15К6 з заданими параметрами рекомендується подача $S=0,25-0,4$ мм/об. [8]. Керуючись по паспорту верстата приймаємо: $S=0,3$ мм/об.

Призначаємо період стійкості різців. Для багато інструментальної наладки приймаємо $T=90$ хв. Допустиме зношення $h_3=0,9-1,5$ мм;

Швидкість різання, допустима ріжучими властивостями різця $V_{\text{табл}}=94^{\text{м/хв.}}$ [8]. Матеріал без корки $K_{\text{nv}}=1$; матеріал різців Т15К6, $K_{\text{uv}}=1$;

$$V_{\text{різ}}=V_{\text{таб}} \cdot K_{\text{nv}} \cdot K_{\text{uv}}= 94 \cdot 1 \cdot 0,85 = 79,9^{\text{м/хв.}}.$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя:

$$n=1000 \cdot V / \pi \cdot D = 1000 \cdot 79,9 / 3,14 \cdot 60,351 = 426,63 \text{ (}^{\circ\text{б/хв.}}\text{)}.$$

Враховуючи те, що верстат 16К20Ф3 має безступінчасте керування частотою обертання шпинделя, тому приймаємо $n=426$ об/хв.

Розраховуємо ефективну потужність верстата на шпинделі:

$$N_{\text{в}}=N_{\text{дв}} \cdot \eta=8 \cdot 0,85=6,4 \text{ кВт; } N_{\text{різ}} < N_{\text{в}}.$$

Умови по обробці різанням (потужності) виконуються.

2) Операція 015. Фрезерна з ЧПК; Модель верстата – 6Р13РФ3

Ескіз механічної обробки див. табл. 2.6. Вибираємо перехід №2 Фрезерувати паз 1 однократно.

Обираємо інструмент - кінцева фреза з конічним хвостовиком [6], з твердого сплаву Р6М5, діаметром $D = 18$ мм, загальною довжиною 90 мм, довжиною ріжучої частини 18 мм; числом зубців $Z = 14$.

Визначення припуску на обробку:

$$t = D/2 = 18/2 = 9 \text{ (мм)}.$$

Визначення подачі:

Вибираємо подачу в залежності від діаметра фрези $S_z = 0,02$ мм/зуб для повздовжнього руху при фрезеруванні шпоночного пазу.

Визначаємо швидкість різання:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v \cdot [\text{м/хв}]$$

Вибираємо для цього із [9] значення коефіцієнтів:

$$C_v = 12; x = 0,3; u = 0; m = 0,26; q = 0,3; y = 0,25; p = 0;$$

B – ширина фрезерування, $B = 18$ мм.;

$T = 30$ год, – період стійкості інструмента;

K_v - поправочний коефіцієнт,

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv},$$

де $K_{Mv} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу,

$K_{nv} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки,

$K_{uv} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента;

Тоді швидкість різання буде рівна:

$$V = \frac{12 \cdot 18^{0,3}}{30^{0,26} \cdot 9^{0,3} \cdot 0,02^{0,25} \cdot 18^0 \cdot 14^0} \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 23,22 \text{ (м/хв)};$$

- визначаємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 23,22}{3,14 \cdot 18} = 410,82 \text{ (хв}^{-1}\text{)}$$

За паспортними даними верстата 6Р13Ф3 найближчою $n_{пр} = 400$ об/хв.

Уточнюємо швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 400}{1000} = 22,61 \text{ (м/хв.)}$$

- знаходимо силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP} [\text{кВт}]$$

де коефіцієнти знаходимо із [6]:

$$C_p = 12,5; x = 0,85; y = 0,75; u = 1,0; q = 0,73; w = -0,13;$$

K_{MP} для сталі становить 0,75;

Отже:

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 9^{0,85} \cdot 0,02^{0,75} \cdot 18^{1,0} \cdot 14}{18^{0,73} \cdot 400^{-0,13}} \cdot 0,75 = 2865 \text{ (Н)}.$$

- знаходимо величини інших складових сили різання:

$$P_h = 0,3 \cdot P_z = 0,3 \cdot 2865 = 859,5 \text{ (Н)};$$

$$P_y = 0,35 \cdot P_z = 0,35 \cdot 2865 = 1003 \text{ (Н)};$$

$$P_x = 0,55 \cdot P_z = 0,55 \cdot 2865 = 1576 \text{ (Н)}.$$

- складова, по якій розраховують оправку на згин:

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2} = \sqrt{1003^2 + 2865^2} = 3035 \text{ (Н)}.$$

- знаходимо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{2865 \cdot 18}{2 \cdot 1000} = 25,785 \text{ (Нм)}.$$

- знаходимо потужність різання:

$$N_v = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{2865 \cdot 22,61}{1020 \cdot 60} = 1,06 \text{ (кВт)}.$$

Отже, умови обробки по потужності виконуються. Процес фрезерування можливий на даному верстаті.

Таблиця 5.10 – Режими різання

	Операції та переходи	t, мм	S, мм/об	n, об/хв	V, м/хв
1	2	3	4	5	6
Операція 005					
2	Фрезерувати торець 1 та 3 однократно	1	0,3	500	106,76
3	Центрувати отвір 2 та 4.	2	0,1	315	12,29
Операція 010					
2	Точити пов. 2, 4 попередньо та пов. 1, 3, 5, 6, 7, 8 однократно	0,3	0,3	400	75,36
3	Точити пов. 2 попередньо	0,2445	0,25	426	79,9
4	Точити фаски 9, 10, 12 однократно	0,5	0,25	630	98,91
5	Точити фаску 11 однократно	0,5	0,25	630	98,91
6	Точити канавку 13 однократно	0,5	0,25	630	96,93
7	Точити канавку 14 однократно	0,5	0,25	630	96,93

Продовження таблиці 5.10

1	2	3	4	5	6
8	Точити пов. 2 та 4 остаточно	0,1	0,2	800	125,6
9	Точити пов. 16, 18 попер. та 15, 17, 19 остат.	0,3	0,3	400	75,36
10	Точити пов. 16 та 18 попередньо	0,2	0,25	630	79,9
11	Точити фаски 20 та 21 однократно	0,5	0,2	630	98,91
11	Точити 2 канавки 23 однократно	0,5	0,2	630	96,93
13	Точити пов. 16 та 18 остаточно	0,1	0,2	800	125,6
Операція 015					
2	Фрезерувати шпоночний паз 1	9	0,1	400	22,61
Операція 020					
2	Фрезерувати шліці на пов. 1	1,5	1,5	250	47,1
Операція 030					
2	Шліфувати пов. 1, 2 та 3 однократно	0,025	0,1	1000	157

5.3.7 Визначення технічних норм часу для всіх операцій

Для наближених розрахунків можна користуватися укрупненими нормативами. Згідно з якими основний технологічний час наприклад для шліфування поверхні визначається за формулою:

$$t_o = T_o = 0,15 \cdot D \cdot l \cdot 10^{-3}, [\text{хв}] \quad (5.8)$$

Так, наприклад, при виконанні першого переходу маршруту механічної обробки на операції 030, де обробляється циліндрична поверхня деталі $\varnothing 50$:

$$T_{\text{осн. 1}} = 0,15 \cdot 50 \cdot 42 \cdot 10^{-3} = 0,315 (\text{хв}).$$

Аналогічно нормуються всі переходи, дані занесено до таблиці 2.11

$$T_{\text{ум-к}} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{\text{ум}}, \quad (5.9)$$

де T_{n-3} - підготовчо-заклучний час, що для операції 030 в умовах середньосерійного типу виробництва за [3] рівний сумі часу на налагодження верстату та на додаткові прийоми:

$$T_{n-3} = 13 + 2 + 3 + 1 + 3 + 2 + 10 = 29 \text{ (хв.)};$$

n - кількість деталей в настоюваній партії, що рівне визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N \cdot t}{\Phi}, \quad (5.10)$$

де N – річна програма випуску деталей, $N = 1400$ шт.;

t – кількість днів запасу деталей на складі, $t = 4$ дні;

Φ – кількість робочих днів в році, $\Phi = 252$ дні;

$$\text{Тоді } n = \frac{1400 \cdot 4}{252} = 22,22 = 22 \text{ деталі};$$

$T_{шт}$ - норма штучного часу, що визначається за формулою:

$$T_{шт} = T_0 + T_{\epsilon} + T_{об} + T_{ом}, \quad (5.11)$$

T_{ϵ} - допоміжний час, що можна знайти за формулою:

$$T_{\epsilon} = T_{y.c} + T_{з.о} + T_{yn} + T_{из}, \quad (5.12)$$

де $T_{y.c}$ - час на установку і зняття деталі, що рівний 0,25 хв.;

$T_{з.о}$ - час на закріплення і розкріплення деталі, що рівний 0,2 хв.;

T_{yn} - час на прийоми управління, що рівний 0,4 хв.;

$T_{из}$ - час на вимірювання деталі, що рівний 0,1 хв.;

Тоді $T_{\epsilon} = 0,25 + 0,2 + 0,4 + 0,1 = 0,95$ (хв.);

$T_{об}$ - час на обслуговування робочого місця, що визначається за формулою:

$$T_{об} = 7\% \cdot (T_0 + T_{\epsilon}) = 0,07 \cdot (1,227 + 0,95) = 0,152 \text{ (хв.)};$$

$T_{ом}$ - час на відпочинок і особисті потреби, що визначаємо за формулою:

$$T_{ом} = 5\% \cdot (T_0 + T_{\epsilon}) = 0,05 \cdot (1,227 + 0,95) = 0,109 \text{ (хв.)};$$

Тоді матимемо наступне значення штучного часу:

$$T_{шт} = 1,227 + 0,95 + 0,152 + 0,109 = 2,438 \text{ (хв.)};$$

Штучно-калькуляційний час матиме значення:

$$T_{um-\kappa} = \frac{29}{22} + 2,438 = 3,756 \text{ (хв.)}$$

Таблиця 2.11 – Норми основного часу

Номер і найменування операції	T_o , хв	T_g , хв			$T_{об}$, хв	$T_{от}$, хв	T_{um} , хв	T_{n-3} , хв	n	$T_{um-\kappa}$, хв
		$T_{y.c} + T_{z.o}$	$T_{y.n}$	$T_{из}$						
Фрезерно- центральна 005	0,35	0,45	0,4	0,1	0,091	0,065	1,456	29	22	2,774
Токарна з ЧПК 010	3,542	0,45	0,4	0,1	0,314	0,225	5,031	29	22	6,349
Фрезерна з ЧПК 015	0,315	0,45	0,4	0,1	0,089	0,063	1,417	29	22	2,735
Шліцефрезерна 020	8,096	0,45	0,4	0,1	0,633	0,452	10,132	29	22	11,45
Кругло- шліфувальна 030	1,227	0,45	0,4	0,1	0,152	0,109	2,438	29	22	3,756

Загальний час на обробку деталі становитиме:

$$T_{заг} = 2,774 + 6,349 + 2,735 + 11,45 + 3,756 = 27,065 \text{ (хв.)}$$

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз умов праці

На механічній дільниці вдосконалення конструкції вузла коробки швидкостей на основі аналізу точності складових елементів на працівників можуть впливати шкідливі та небезпечні виробничі фактори.

До шкідливих виробничих факторів відносять:

- а) підвищена концентрація в повітрі робочої зони газів.
- б) Ультрафіолетове видиме і інфрачервоне випромінювання.
- в) Шум.
- г) Ультразвук.

До небезпечних виробничих факторів відносять:

- а) Електричний струм;
- б) психо-фізіологічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

В зону дихання працюючого можуть попадати аерозолі, , а також токсичні гази (оксид вуглецю CO).

Застосовується 3-х фазна, 3-х провідна мережа з ізольованою нейтраллю.

6.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Приміщення є вогнестійкими і оснащенні приточно-витяжною вентиляцією, яка забезпечує задовільний стан повітряного середовища.

Пости оснащуються місцевою витяжною вентиляцією.

Штучне освітлення, електропроводку і інше обладнання виконуються в вибухонебезпечному стані.

Висота стелі має бути не меншою за 3,2 метри.

Підлогу роблять твердою, негорючою, не слизькою і рівною.

Вхідні двері оббиваються листовою-сталлю і відкриваються назовні. Інтер'єр приміщення дільниці фарбують в світлий колір з дифузійним відбиттям світла. Пости знаходяться на відстані 4-10 м від місця де знаходяться горючі матеріали.

Електробезпека.

Для підводу струму до електротримачів необхідно використовувати ізольовані гнучкі кабелі. При прокладанні або переміщенні дротів необхідно приймати заходи проти пошкодження їх ізоляції. Відстань від дротів до гарячих трубопроводів повинна бути не менша 0,5 м. В джерелах живлення обладнання повинні бути передбачені і встановлені надійні огороження елементів, які знаходяться під напругою. Металеві частини обладнання, які знаходяться під напругою повинні бути заземленні. Дільниця повинна бути відокремлена від суміжних робочих місць незгораєчими екранами висотою не менше 1,8 м.

Джерела струму можуть приєднуватись до розподільчих електричних мереж з напругою не більше 380 В. Усе устаткування повинно бути захищене запобіжниками або автоматичними вимикачами з боку мережі, що живлять.

Дільниця відноситься до особливо небезпечної дільниці, оскільки підлога струмопровідна і в повітрі є струмопровідний пил. Захист проводимо такими методами: електроізоляція струмонесучих частин, системи автоматичного відключення - це такі пристрої, спроможні автоматично відключати установку від мережі у випадку виникнення аварійної ситуації.

6.3 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.3.1 Мікроклімат

Інтенсивність теплового випромінювання працюючих від відкритих джерел не перевищує 100 Вт/м², при цьому випромінюванні не підлягає більше 25 % поверхні тіла і обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту, в тому числі засобів захисту обличчя та очей.

Мікроклімат приміщень – характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря,

інтенсивність теплового випромінювання. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в таблиці 6.1. Робота з монтажу системи опалення та її обладнання відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 6.1 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість	Швидкість руху, X
Холодний	І І б	13-23	75	не більше 0,4
Теплий		15-29	70 при 25 °C	0,2-0,5

При роботі відбувається виділення великої кількості газів.

Граничнодопустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони наведено в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Граничнодопустима концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони

№ п/п	Назва речовини	ГДК мг/м ²	Діюче значення, мг/м	Клас небезпеки
1	Бензин паливний	100	84,3	4
2	Гас	300	266	4
3	Тетраетил свинець	0,0005	0,00035	1
4	Оксид вуглецю CO ₂	20	16,7	4
5	Сажа	4	2,8	3

Для захисту від шкідливих речовин застосовують комплекс організаційно-технічних санітарно-гігієнічних заходів згідно [2]:

- пристрій місцевої витяжної вентиляції для видалення шкідливих речовин від місць їх утворення;
- регулярне прибирання приміщення;
- застосування засобів індивідуального захисту (спеціальний одяг, захисні окуляри, распіратори та інше);
- профілактичні медичні огляди, виконання правил особистої гігієни;
- суворе дотримання правил поведінки з устаткуванням,

6.3.2 Освітленість

Згідно з [3] розряд зорової роботи IV а. Освітленість при системі одного загального освітлення 300 лк. Характеристика зорової роботи середньої точності. Найменший розмір розрізнення 1 мм.

На дільниці спроектоване устаткування для освітлення з урахуванням класифікації пожежовибухонебезпечних технологічних одиниць і устаткувань. Значення якісних та кількісних показників освітлення передбачені вимогами і наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 - Параметри штучного та природного освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір розрізн об'єкта, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Характеристика фона	Штучне освітлення	Природне освітлення
					Освітленість, лк	КЕО %
Малої точності	1	IV	а	малий	300	1,5

Природне освітлення на дільниці - бокове одностороннє.

Люмінесцентні лампи встановлені на висоті 3,2 м. Внутрішня електропроводка виконана з надійною електро- та гідроізоляцією. Робоче місце робітника забезпечене місцевим освітленням. На дільниці передбачене аварійне освітлення, освітлює підлоги в основних місцях і переходах, відповідає - 0,5 лк.

Таблиця 6.4 – Підбір штучних джерел світла

Характеристика зорової роботи	Освітленість при системі заломленого освітлення, лк	Мінімальний індекс кольоропередачі джерела світла для виробничої будівлі	Діапазон кольорової апаратури джерел світла для виробничої будівлі	Наведені типи джерел освітлення будівель
Робота з ахроматичними об'єктами	150-300	30	3000-4500	ЛБ, ДБЛ

6.3.3 Шум

Під час роботи на ділянці робітники піддаються впливу шуму. Джерелами шуму є: вентиляційна система, трансформатори, машини та інше обладнання.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приведені в таблиці 4.5 згідно [4].

Таблиця 6.5 - Рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгеометричними частотами Гц									Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку в дБ(А)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Виконання всіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях і на території	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

При надмірних шумах встановлено звукоізоляцію, кожухи, відбиваючі екрани, заглушки та інші пристрої. Шумові машини закриваються звукоізованими кожухами, які виготовлені з металу та облицьовані з середини звукопоглинаючими матеріалами, де неможливо ізолювати джерела шуму проводять акустичну обробку.

6.3.4 Вібрації

Крім впливу шуму на дільниці робітники піддаються впливу вібрації. Захист від вібрації повинен задовольняти вимогам [5]. Вібрації знижуються за допомогою амортизаторів, змащувальних матеріалів і реактивних гасників пульсацій. Для особистого захисту робітників застосовують спеціальне взуття на вібропоглинаючій підошві, рукавиці з м'якими налодонниками. На робітників може також діяти локальна та загальна вібрації. Загальна вібрація категорії "З" тип "а", критерії оцінки - границя зниження продуктивності праці.

Нормування вібрацій наведено в таблиці 4.6

Таблиця 6.6 - Характеристики вібрацій

Вид вібрації	Категорія вібрації	Напрямок дії	Нормативне коректування по частоті і еквівалентне коректування значень			
			Віброприскорення		Віброшвидкість	
			м/с ² ·10 ⁻²	дБ	м/с ² ·10 ⁻²	дБ
Локальна	—	Хп, Уа, Zп	2,0	12.5	2,0	112
Загальна	З тип "а"	Z ₀ .Y ₀ .X ₀	0,1	100	0,2	92

Віробезпека праці на дільниці забезпечується дотриманням правил умов експлуатації машин і введення процесів підтримання технічного стану машин, параметрів технологічних процесів і елементів виробничого середовища, своєчасним проведенням планового і попереднього ремонту машин і обладнання.

6.4 Технічні рішення з пожежної безпеки

Дільниця згідно [9] належить до категорії приміщення з позначкою Г. Категорію Г для будівель застосовані тому, що згідно [8,9] дільниця характеризується негорючими речовинами і матеріалами в гарячому або розжареному стані з виділенням променевого тепла, іскр, газоподібних речовин.

Характеристика приміщення по вибухопожежній небезпеці відображена в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Характеристика приміщення по вибухопожежній небезпеці

Категорія приміщення	Характер речовин та матеріалів, що знаходяться в приміщенні
1	Негорючі речовини в гарячому або в розжареному стані, в процесі роботи яких виділяється промениста теплота, іскри полум'я, горючі гази, рідини і тверді речовини накопичуються і утилізуються в якості палива

За ступенем вогнестійкості елементів будівля відноситься до групи II.

Ступінь вогнестійкості будівлі II - це будівлі з несучими та огорожувальними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плиткових матеріалів.

Роботи можуть спричинити пожежу. Для її запобігання вживаємо ряд протипожежних заходів, найважливішим з яких - суворе дотримання протипожежного режиму роботи, а також правил експлуатації електрообладнання. Неможливе зберігання легкозаймистих та вогнебезпечних матеріалів.

Для запобігання пожежі сигналізацію автоматичної дії та теплові попередники максимальної дії. Вони спрацьовують, коли температура повітря досягає заданого критичного значення. Для локалізації та ліквідації невеликих загорань та пожеж застосовуємо первинні засоби пожежогасіння.

Для гасіння пожежі передбачені:

- щити з пожежним інвентарем;
- ящик з піском, кирки, лопати;
- щит з вогнегасниками ОУ-8.

Відстань від найбільш віддаленого місця до найближчого евакуаційного виходу для категорії приміщень Г, незалежно від об'єму, для ступеня вогнестійкості II - не обмежується.

У покритті будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі «Вдосконалення конструкції вузла коробки швидкостей на основі аналізу точності складових елементів» виконано обґрунтування призначення стандартних посадок для з'єднань вузла коробки швидкостей. Призначено посадки на відповідальні з'єднання вузла.

Виконані розрахунки основних характеристик посадок підшипників кочення для елементів вузла. Призначені посадки для шліцьових з'єднань. Виконаний розрахунок розмірного ланцюга та виконавчих розмірів калібра-скоби.

В технологічній частині виконаний аналіз конструкції і технологічності деталі. Програма випуску деталей 1400шт., виробництво дрібносерійне; спосіб виготовлення заготовки – прокат.

Був розроблений маршрут механічної обробки деталі з використання станків ЧПК. Для визначення технологічних розмірів та розмірів заготовки і граничних припусків виконано розмірний аналіз. Розраховано норми часу, а також припуски і режими різання.

В розділі «Охорона праці» виконаний аналіз умов праці, виробничої санітарії, запропоновані заходи по техніці безпеки та протипожежної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина I: навч. посібн./ Ю.І. Адаменко, та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 164 с.
2. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина II: навч. посібн./ Ю.І. Адаменко, та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 164 с.
3. Допуски і посадки. Частина I: довідник. / Якимчук Г.К та ін. Київ: Основа, 2011. 96 с.
4. Допуски і посадки. Частина II: довідник. / Якимчук Г.К та ін. Київ: Основа, 2012. 96 с.
5. Желєзна А.М., Кирилович В.А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: навч. пос. Київ: Кондор, 2004. 796 с.
6. Базієвський С.Д., Дмитришин В.Ф. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання: підручник. Київ: Видавничий Дім "Слово", 2006. 504 с.
7. Семічаснова Н.С. Алгоритм розрахунків складових режимів різання: тези доп. учасників XLVIII Наук.-тех. конф. професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету, м. Вінниця, берез. 2019р./ Вінницький нац. техн. ун-т, Вінниця, 2019. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2019/paper/view/7652>
8. Семічаснова Н.С. Основи алгоритмізації для вирішення технічних задач для інженерів-механіків: тези доп. XLVII Наук.-техн. конф. професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету, м. Вінниця, берез. 2018р./ Вінницький нац. техн. ун-т, Вінниця, 2018. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2018/paper/view/4914>
9. Хлевний А.О., Хлевна Ю.Л. Н.С. Семічаснова. Ефективність управління технологічною підготовкою виробництва. Вісник машинобудування та транспорту, м. Вінниця, 2017. №1. С. 73-81.
10. Технологія машинобудування: підручник / П.П. Мельничук та ін. Житомир: ЖДТУ, 2005. 882 с.

- 11.Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : навч. пос. Вінниця : ВНТУ, 2013. 125 с.
- 12.Дерібо О. В. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навч. пос. Вінниця: ВНТУ, 2015.116 с.
13. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Репінський С. В. Основи технології машинобудування. Частина 1 : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2017.106 с.
14. Дерібо О. В., Дусанюк Ж. П., Сухоруков С. І. Основи технології машинобудування. Частина 2 : практикум. Вінниця : ВНТУ, 2015. 116 с.
15. Основи теорії різання матеріалів: підручник / М.П. Мазур, Ю.М. та ін.; Львів: Новий світ - 2000, 2010. 422 с.
- 16.Бондаренко С. Г. Основи технології машинобудування : навч. пос. Львів : Магнолія, 2018. 500 с.
- 17.Дубровська Г. М., Ткаченко А.П. Системи сучасних технологій : навч. пос. для студ. Київ: Центр навчальної літератури, 2004. 352 с
- 18.ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/vie>.
- 19.ДБНВ.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013.
- 20.ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
- 21.ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
- 22.ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.
- 23.ДСТУ 2272:2006 Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять.URL:https://ammokote.com/wpcontent/uploads/2020/08/DSTU_2272_2006.pdf
- ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
- 24.ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.

25.ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

Додаток А
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛА КОРОБКИ
ШВИДКОСТЕЙ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ТОЧНОСТІ
СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
						Документація				
		A3			08-64.БДР.020.00.000.СК	Складальне креслення				
						Деталі				
Справ. №				1	08-64.БДР.020.00.001	Корпус	1			
				2	08-64.БДР.020.00.002	Вал	1			
				3	08-64.БДР.020.00.003	Вал	1			
				4	08-64.БДР.020.00.004	Вал	1			
				5	08-64.БДР.020.00.005	Вал	1			
				6	08-64.БДР.020.00.006	Подвійний зубчастий блок	1			
				7	08-64.БДР.020.00.007	Зубчасте колесо	1			
				8	08-64.БДР.020.00.008	Зубчасте колесо	1			
				9	08-64.БДР.020.00.009	Зубчасте колесо	1			
				10	08-64.БДР.020.00.010	Зубчасте колесо	1			
				11	08-64.БДР.020.00.011	Зубчасте колесо	1			
				12	08-64.БДР.020.00.012	Зубчасте колесо	1			
				13	08-64.БДР.020.00.013	Шестерня	1			
				14	08-64.БДР.020.00.014	Конічна шестерня	1			
				15	08-64.БДР.020.00.015	Конічна шестерня	1			
				16	08-64.БДР.020.00.016	Вісь	1			
				17	08-64.БДР.020.00.017	Шків	1			
				18	08-64.БДР.020.00.018	Підшипник ковзання	1			
				19	08-64.БДР.020.00.019	Підшипник ковзання	1			
		Подп. и дата				20	08-64.БДР.020.00.020	Прокладка	1	
						21	08-64.БДР.020.00.021	Кришка	1	
						22	08-64.БДР.020.00.022	Кришка	1	
Подп. и дата		08-64.БДР.020.00.000СК								
Инв. № подл.		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
		Разраб.	Пірюк К.			06.06.24				
		Пров.	Семічаснова Н.С.			06.06.24				
		Н.контр.	Лозінський Д.			07.06.24				
		Утв.	Козлов Л.			07.06.24				
Коробка швидкостей (складальне креслення)							Лит.	Лист	Листов	
								1	2	
							ВНТУ, ІПМ-208			

Копіював

Формат А4

Перв. примен.	08-64.БДР.020.11.025.									
	Справ. №									
Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	H14; h14; ±IT 14/2				08-64.БДР.020.11.025.			
			Подп. и дата	Инв. № подл.						
Инв. № подл.	Утв.	Н.контр.	Лозинький Д.О.	07.06.24	Круж	В-70 ГОСТ 7417-75 45 ГОСТ 1050-88	Лист		Масса	Масштаб
							Разраб.	Пирняк К.О.	06.06.24	14,94
Инв. № подл.	Утв.	Т.контр.	Семичаснова Н.С.	06.06.24	(Прокат)	2р.1ПМ-20δ	Лист		Листов	1
							Лист	Листов	1	
Копировал						Формат А4				

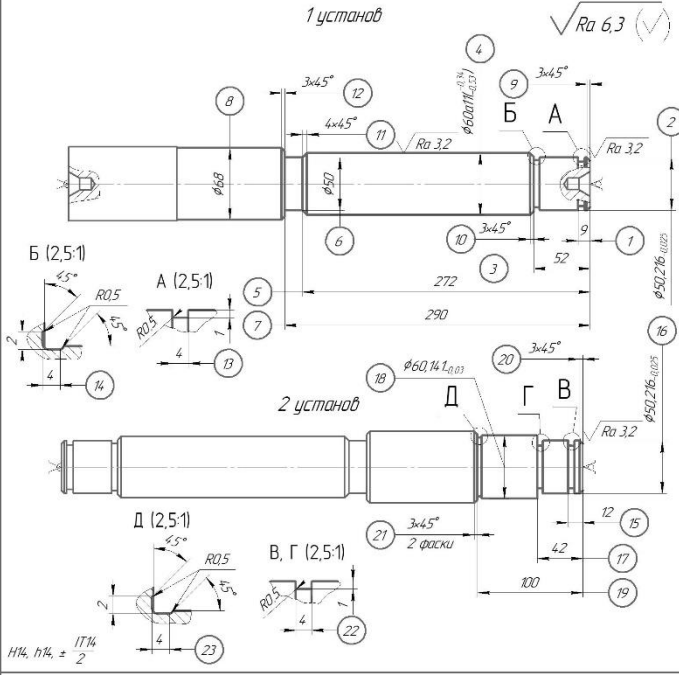
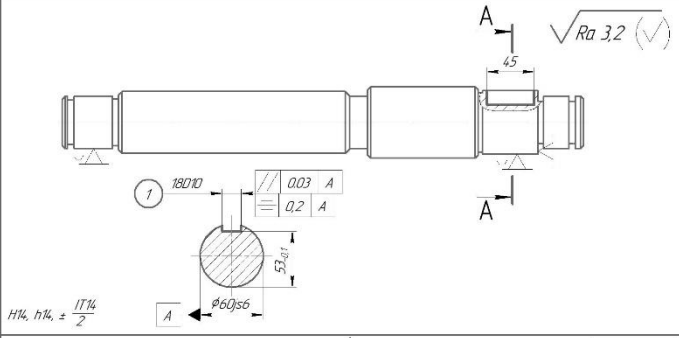
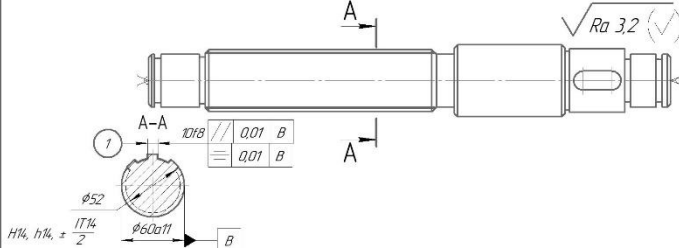
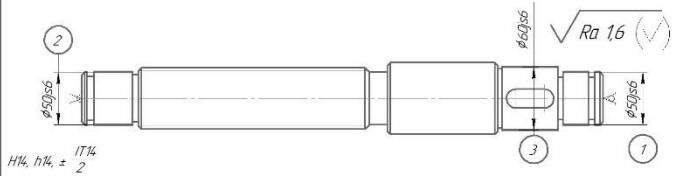
Формат А3

Додаток Б
(обов'язковий)

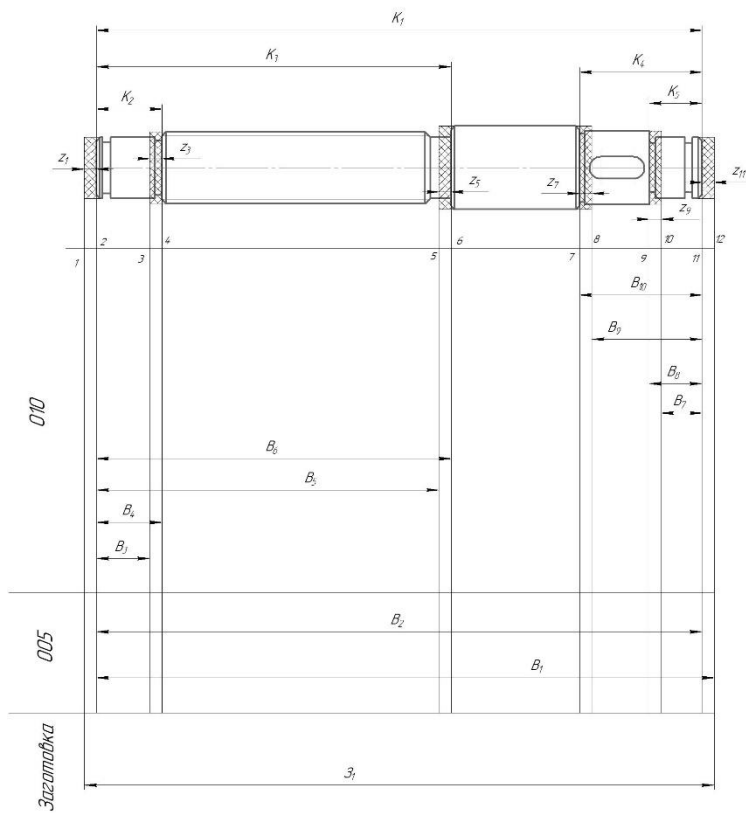
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛА КОРОБКИ
ШВИДКОСТЕЙ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ТОЧНОСТІ
СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

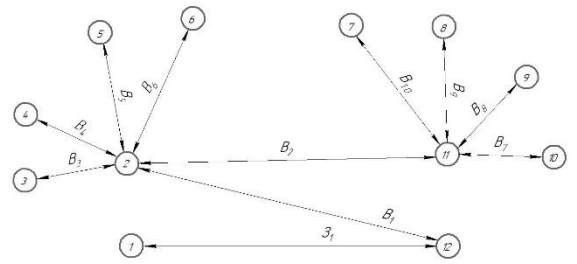
Маршрут механічної обробки

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схеми установки	Тип обладнання
005	Фрезерно-центрувальна 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати торець (1) та (3) в розмір згідно ескізу 3. Центрувати отв. (2) та (4) 4. Зняти заготовку		Фрезерно-центрувальний верстат МР-71
010	Токарна з ЧПК 1. Встановити заготовку, закріпити Установка 1 2. Точити пов. (2) в розмір $\phi 51,36_{-0,25}^{+0,025}$, (4) в розмір $\phi 61,32_{-0,62}^{+0,062}$ попередньо та пов. (1), (3), (5), (6), (7), (8) однократно по контуру. 3. Точити пов. (2) в розмір $\phi 50,573_{-0,062}^{+0,062}$. 4. Точити фаски (9), (10), (12) однократно. 5. Точити фаску (11) однократно. 6. Точити канавку (13) однократно. 7. Точити канавку (14) однократно. 8. Точити пов. (2) та (4) остаточно по контуру. Установка 2 9. Точити пов. (16) в розмір $\phi 51,36_{-0,25}^{+0,025}$, (18) в розмір $\phi 61,14_{-0,3}^{+0,03}$ попередньо та пов. (15), (17), (19) однократно по контуру. 10. Точити пов. (16) в розмір $\phi 50,573_{-0,062}^{+0,062}$, (18) в розмір $\phi 60,425_{-0,074}^{+0,074}$ попередньо. 11. Точити фаски (20), (21) однократно. 12. Точити 2 канавки (22) однократно. 13. Точити канавку (23) однократно. 14. Точити пов. (16) та (18) остаточно. 15. Зняти заготовку		Токарний верстат з ЧПК 16K271
015	Фрезерна з ЧПК 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Фрезерувати паз (1) однократно. 3. Зняти заготовку		Фрезерний верстат з ЧПК 6P13PФ3
020	Шліцефрезерна 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Фрезерувати шліці (1) однократно. 3. Зняти заготовку		Шліцефрезерний верстат 5350A
025	Термообробка		
030	Круглошліфувальна 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Шліфувати пов. (1) однократно. 3. Шліфувати пов. (2) однократно. 4. Шліфувати пов. (3) однократно. 5. Зняти заготовку		Круглошліфувальний верстат 3M132

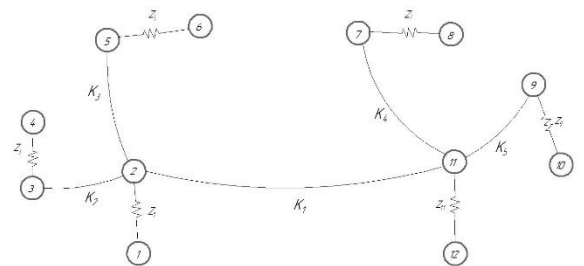
Розмірний аналіз



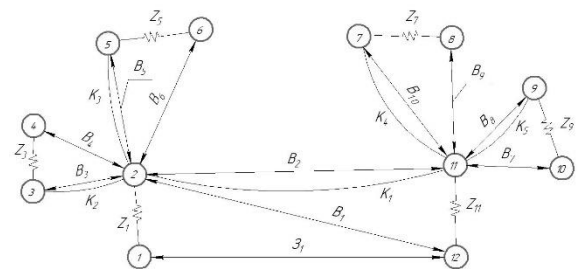
Похідний граф



Вихідний граф



Суміщене граф-дерево



Технологічні розміри та розміри заготовки

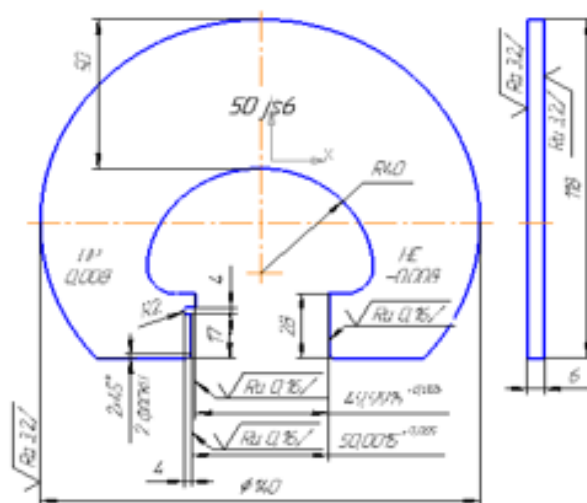
	B_1 , мм	B_2 , мм	B_3 , мм	B_4 , мм	B_5 , мм	B_6 , мм	B_7 , мм	B_8 , мм	B_9 , мм	B_{10} , мм	Z_1 , мм
max	4,98,2	4,95	52,37	53,91	290,65	292,75	44,11	4,2,31	102,635	100,435	501,9
min	4,96,2	4,94	51,63	53,17	289,35	291,45	43,11	4,169	101,235	99,565	499,4

Таблиця мінімальних і максимальних припусків

	Z_1	Z_3	Z_5	Z_7	Z_9	Z_{11}
Z_{max} , мм	5,7	2,28	3,4	3,07	2,42	4,2
Z_{min} , мм	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	1,2

АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ВИКОНАВЧИХ РОЗМІРІВ КАЛІБРА-СКОБИ

Ескіз калібра-скоби



Позначення

Допуск на виготовлення калібрів для валів	H_1
Допуск для виготовлення контрольного калібру	H_p
Відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для валу	Z_1
Допустимий вихід розміру зношуваного прохідного калібру для валу	Y_1

Формули для розрахунку

$$PR_{\text{вих}} = d_{\text{вих}} - Z_1 - H_1/2$$

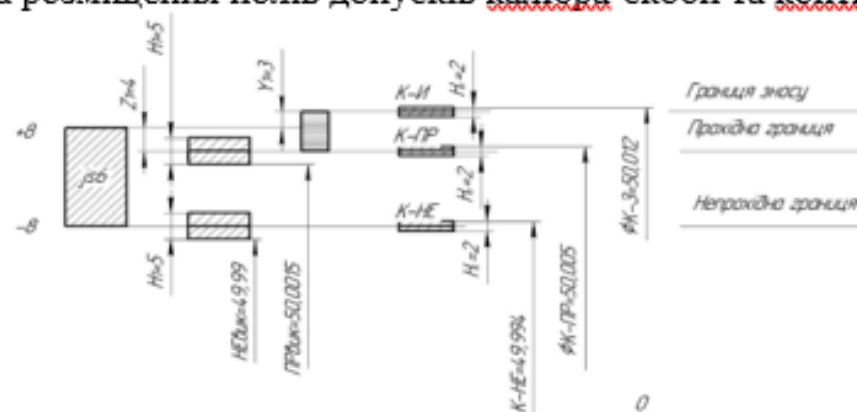
$$HE_{\text{вих}} = d_{\text{вих}} - H_1/2$$

$$K-PR_{\text{вих}} = d_{\text{вих}} - Z_1 + H_p/2$$

$$K-HE_{\text{вих}} = d_{\text{вих}} + H_p/2$$

$$K-3_{\text{вих}} = d_{\text{вих}} - Y_1 + H_p/2$$

Схема розміщення полів допусків калібра-скоби та конткалібра



ДОДАТОК Д (довідниковий)

Приклади застосування посадок для гладких з'єднань

Посадки (H/g , G/h) – застосовуються для плавних зворотньо-поступальних переміщень, допускають повільне обертання при малих навантаженнях.

Посадки (H/e , E/h) – застосовуються для вільного обертального руху в підшипниках ковзання за підвищених режимів роботи, а також для компенсації похибок монтажу і деформацій, які виникають під час роботи.

Посадки (H/d , D/h) – характеризуються великим гарантованим зазором, який дозволяє компенсувати значні відхилення розташування спряжених поверхонь деталей або їх регулювання та складання.

Посадки (H/a , A/h) – призначені для з'єднань деталей двигунів внутрішнього згорання, компресорів, турбін та інших теплових машин тощо.

Посадки (H/p , P/h) – легкі посадки застосовуються, коли осьові сили або крутні моменти, які діють на з'єднання малі; коли деталі тонкостінні і можуть легко деформуватись; для з'єднань з натягом деталей з кольорових металів; для забезпечення центрування важко навантажених деталей, що обертаються (з обов'язковим додатковим кріпленням).

Посадки (H/r , R/h , H/s , S/h , H/t , T/h) – середні посадки призначаються, коли застосування посадок з великими гарантованими натягами може призвести до руйнування деталей. З'єднання можуть складатись або під пресом або способом термічної деформації. У з'єднаннях виникають пружні деформації.

Посадки (H/u , U/h , H/x , X/h , H/z , Z/h) – важкі посадки застосовуються для з'єднань, які передають значні, в тому числі і динамічні навантаження. У з'єднаннях виникають пружнопластичні деформації, тому деталі повинні перевірятись на міцність. Складаються деталі, в основному, способом термічної деформації.

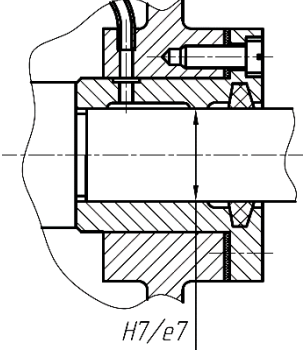
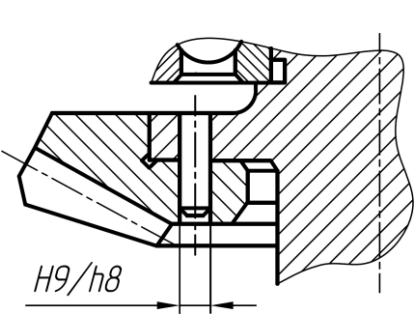
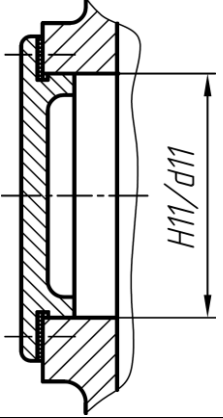
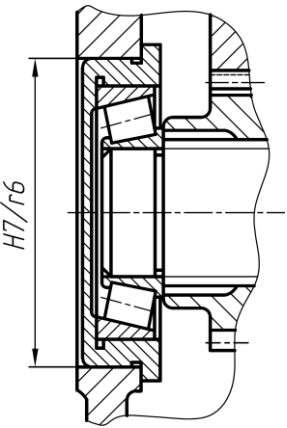
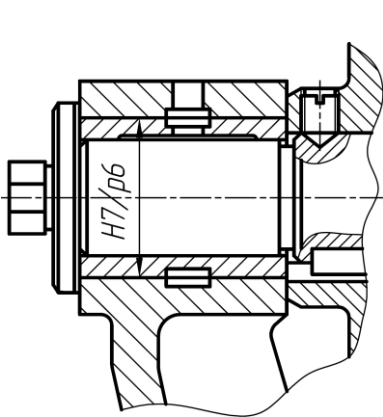
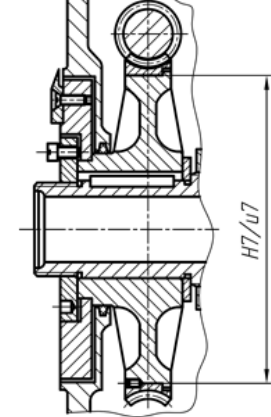
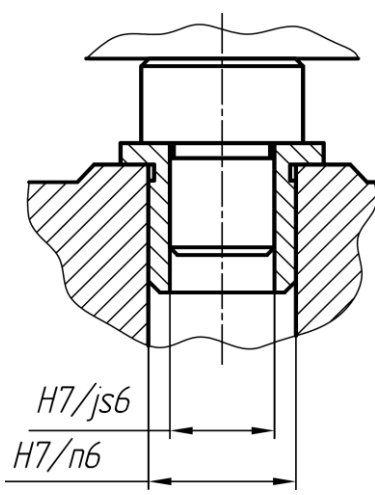
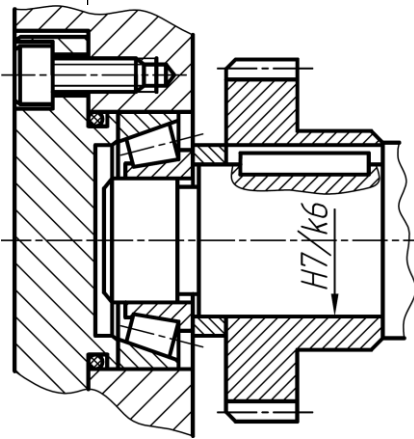
Посадки (H/js , Js/h) – характеризуються високою ймовірністю отримання зазору у з'єднаннях, а отримання натягу є малоімовірним. Такі посадки застосовують, якщо під час центрування допускаються невеликі зазори або потрібно забезпечити легке складання, наприклад, для змінних деталей.

Посадки (H/k , K/h) – найбільш поширеними з перехідних посадок. Ймовірність отримання зазорів та натягів в цих посадках є приблизно однаковою. Такі посадки забезпечують високу точність центрування, і одночасно з'єднання досить легко розбирається під час ремонтів.

Посадки (h/m , m/h) – у з'єднаннях дають переважно натяги, ймовірність отримання зазору є невеликою. Такі посадки забезпечують високу точність центрування.

Посадки (h/n , n/h) – є найбільш міцними з перехідних посадок. Практично завжди в цих з'єднаннях утворюється натяг. Для складання необхідні значні зусилля або застосування термічних методів. Розбираються такі з'єднання лише під час капітальних ремонтів. Посадки застосовують для забезпечення високої точності центрування в умовах дії значних зусиль, ударів, вібрації

Таблиця Д1 – Приклади позначення посадок для гладких з'єднань

 $H7/e7$	 $H9/h8$	 $H11/d11$
 $H7/r6$	 $H7/p6$	 $H7/u7$
 $H7/js6$ $H7/n6$	 $H7/k6$	

ДОДАТОК В
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Вдосконалення конструкції вузла коробки швидкостей на основі аналізу складових елементів»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра технологій та автоматизації машинобудування ФМТ
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 86,2 Схожість 13,8%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☐ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ~~о~~жк плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Лозінський Д.О.

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____ Пірняк К.О.
Керівник роботи _____ Семічаснова Н.С.

