

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:

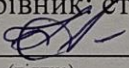
«РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ
ТОЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ТА З'ЄДНАНЬ ВУЗЛА РЕДУКТОРА»

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

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

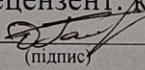

(підпис)

Сергій ГРОМИК
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: старший викладач каф. ТАМ

(підпис) Наталія СЕМІЧАСНОВА
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

« 06 » 06 2024 р.

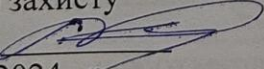
Рецензент: к.т.н., доц. каф. АТМ


(підпис)

Олександр ГАЛЧЕНКО
(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

Громику Сергію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка програмних застосунків для розрахунку точності елементів та з'єднань вузла редуктора

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 редуктора. Креслення деталі: Вал-шестерня Матеріал: Сталь 40Х ГОСТ 4543-71, Програма випуску: 1200шт.

4. Зміст текстової частини

1. Аналіз застосування стандартних посадок вузла редуктора

2. Призначення та розрахунок посадок елементів вузла

3. Розрахунок розмірних ланцюгів

4. Розробка програмних застосунків для розрахунку посадок елементів вузла

5. Розроблення технологічного процесу обробки заготовки деталі "вал"

6. Охорона праці

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

робоче креслення деталі;

маршрут механічної обробки ;

розмірний аналіз;

алгоритм розрахунку шпонкових з'єднань;

алгоритм розрахунку розмірного ланцюга.

6. Консультанти розділів роботи

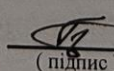
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Наталія СЕМІЧАСНОВА ст.викладач кафедри ТАМ	11.03.24р	06.06.24р
Охорона праці	Інна ВІШТАК, доцент кафедри БЖД ПБ	27.05.24р	06.06.24р

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

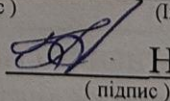
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент


(підпис)
Сергій ГРОМИК
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


(підпис)
Наталія СЕМІЧАСНОВА
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 70 сторінок формату А4, на яких 17 рисунків, 19 таблиць, список використаних джерел містить 25 найменувань.

Метою роботи є розробка програмних застосунків для розрахунку точності елементів та з'єднань вузла редуктора, що дозволить покращити експлуатаційні характеристики механізму.

В загальній частині зроблено аналіз призначених стандартних посадок вузла редуктора. В розрахунково-конструкторській частині виконані розрахунки елементів посадок вузла, основних характеристик посадки шпонкового з'єднання та перевірочний розрахунок розмірного ланцюга. У технологічній частині розроблений маршрут механічної обробки деталі – вал, яка є складовою редуктора, 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, характеристики посадок, шпонкові з'єднання розмірний ланцюг, програма, маршрут механічної обробки, режими різання, розмірний аналіз, виробнича санітарія, пожежна безпека.

ABSTRACT

The bachelor thesis consists of 70 pages of A4 format, on which there are 17 figures, 19 tables, the list of used sources contains 25 items.

The method of work is the development of software applications for the calculation of precision elements and the connection of the gearbox unit, which allows to improve the operational characteristics of the mechanism. In the general part, an analysis of the designated standard landings of the gear unit is made. In the calculation and design part, the calculations of the elements of the assembly of the assembly, the main characteristics of the assembly of the key joint and the verification calculation of the dimensional chain were performed. In the technological part, the route of mechanical processing of the part - the shaft, which is a component of the gearbox - has been developed, allowances and cutting modes have been calculated. 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: landing, characteristics of landings, keyed connections, dimensional chain, program, machining route, cutting modes, dimensional analysis, industrial sanitation, fire safety.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ СТАНДАРТНИХ ПОСАДОК ВУЗЛА РЕДУКТОРА	10
2 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПОСАДОК ДЛЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВУЗЛА.....	12
2.1 Особливості призначення перехідних посадок	12
2.2 Розрахунок основних характеристик перехідних посадок	12
2.3 Особливості призначення посадок для шпонкових з'єднань	19
2.4 Розрахунок основних характеристик шпонкових з'єднань вузла.....	19
3 РОЗРАХУНОК РОЗМІРНИХ ЛАНЦЮГІВ	22
3.1 Основні положення теорії розмірних ланцюгів	22
3.2 Перевірочний розрахунок розмірного	24
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТІВ ПОСАДОК ВУЗЛА РЕДУКТОРА	25
4.1 Автоматизація розрахунків основних характеристик перехідних з'єднань вузла	25
4.2 Автоматизація розрахунків основних характеристик шпонкового з'єднання	27
4.3 Автоматизація розрахунків розмірного ланцюга шпонкового з'єднання	28
5 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГТОВКИ ДЕТАЛІ "ВАЛ".....	30
5.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі	30
5.2 Розрахунок розмірів заготовки.....	32
5.3 Розробка маршруту механічної обробки.....	39
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	58
6.1 Аналіз умов праці	59
6.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	60

6.3 Технічні рішення з пожежної безпеки.....	64
ВИСНОВКИ.....	66
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	67
ДОДАТКИ.....	70
ДОДАТОК А (обов'язковий) ГРАФІЧНА ЧАСТИНА	
ДОДАТОК Б (обов'язковий) ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА	
ДОДАТОК В (довідниковий) Лістинг програми для розрахунку основних характеристик перехідних посадок	
ДОДАТОК Г(довідниковий) Лістинг програми для розрахунку розмірного ланцюга шпонкового з'єднання	
ДОДАТОК Д (довідниковий) Приклади застосування посадок для гладких з'єднань	
ДОДАТОК Ж (обов'язковий) Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових записів	

ВСТУП

Машинобудування є однією з основних галузей промисловості, яка значно впливає на розвиток економіки та технічного прогресу суспільства. Технології машинобудування постійно розвиваються, що обумовлює необхідність постійного удосконалення виробничих процесів, матеріалів та обладнання. В умовах швидких технічних змін та інноваційного розвитку, роль машинобудування стає ще більш важливою для забезпечення конкурентоспроможності та стійкого розвитку промислових підприємств.

Актуальність теми роботи обумовлена необхідністю підвищення ефективності виробничих процесів в умовах жорсткої конкуренції та швидких технологічних змін. Особливу увагу слід приділяти впровадженню новітніх технологій, оптимізації виробничих процесів та застосуванню сучасних матеріалів, що дозволить забезпечити високу якість продукції та зниження витрат.

Метою даної бакалаврської роботи є аналіз сучасних технологій машинобудування, оцінка їх впливу на ефективність виробничих процесів та розробка рекомендацій щодо їх впровадження на промислових підприємствах.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси машинобудівних підприємств, а предметом – новітні технології та методи їх впровадження в машинобудівне виробництво.

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;
- проектування заготовки та запропонувати спосіб їх виготовлення;

- аналітичний огляд маршрутів механічної обробки в умовах заданого типу виробництва;
- розробку маршруту механічної обробки деталі;
- розмірний аналіз технологічного процесу;
- розрахунок припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричних поверхонь, технічних норм часу.

1 АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ СТАНДАРТНИХ ПОСАДОК ВУЗЛА РЕДУКТОРА

Редуктор призначений для передачі крутних моментів та зміни частоти обертання. Застосовується при змінних навантаженнях з періодичними зупинками. допускається тривала робота з постійним навантаженням.

Основу конструкції редуктора складає міцний корпус 1 для захисту від пилу, погоди, механічних пошкоджень. Обертальний рух від вала електродвигуна (рис.1.1) передається на зубчате колесо 8, що встановлене на швидкохідному валу-шестерні 3 за допомогою шпонки 26 та гвинта 22. Вал-шестерня 3 змонтовано в корпусі 1 з одного боку за допомогою посадки з зазором на підшипнику ковзання 10, а з іншого – на підшипнику кочення 30. Вал-шестерня 3 через зубчате колесо 6 передає крутний момент на проміжний вал-шестерню 5, а з нього через зубчате колесо 7 на вал 4 та зірочку 9.

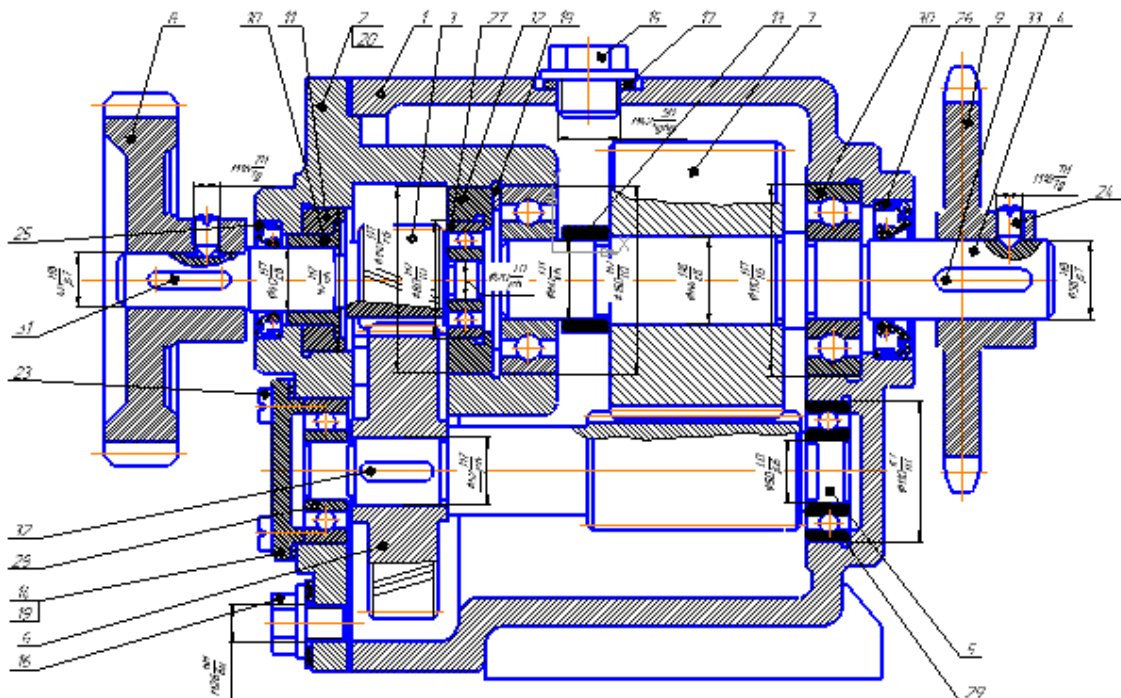


Рисунок 1.1 – Складальне креслення механізму

Зубчасте колесо 6 встановлене за допомогою шпонки на валу-шестерні 5, який змонтовано в корпусі на підшипниках кочення 31. Шестерня 7 встановлене з натягом на валу 4, що змонтовано в корпусі на підшипниках кочення 32.

Зірочка 9, що встановлена на валу 4 за допомогою шпонки 27 та гвинта 22, передає обертальний рух на інші робочі органи машини. Для компенсації силових та теплових деформацій передбачено зазори $A_{\Sigma 1}$ і $A_{\Sigma 2}$.

При призначенні посадок для вузла редуктора використовуємо [4] аналіз призначення стандартних посадок (Додаток Б1).

На валу-шестерні 5 встановлено за допомогою шпонки зубчасте колесо 6 перехідна посадка H7/js6, по краях валу - підшипники кочення 28, 29 з полем допуску js6. На валу 4 за допомогою шпонкового з'єднання встановлено зірочку 9 та шестерню 7 з додатковим кріпленням по перехідній посадці H7/js6. Посадки з зазором призначаємо на підшипники ковзання, які працюють в умовах рідинного тертя. Для H7/e8 застосовуються для рухомих і нерухомих з'єднань. 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 9, які сприймають навантаження, що виникають при роботі редуктора.

Вал має осьову фіксацію. Зовнішні кільця підшипника, зовнішніми торцевими поверхнями опираються у торцеві поверхні кришок підшипника 6, стакан 11, 12.

В редукторі застосовуються два види кришок: глухі 14 і наскрізні 1,2. В наскрізних кришках для запобігання мастила застосовують ущільнення.

2 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПОСАДОК ДЛЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВУЗЛА

2.1 Основні особливості призначення перехідних посадок

Перехідні посадки призначають для з'єднань деталей, де потрібна певна ступінь фіксації, але одночасно допускається можливість їх відносного руху. Це означає, що з'єднання може бути як щільним (з натягом), так і з певним зазором.

В заданому вузлі використовуються шпонкові з'єднання, вал-шпонкове з'єднання: для передачі крутного моменту з можливістю осьового переміщення.

Монтаж та демонтаж цих з'єднань повинні бути розбірними для обслуговування або заміни, деталі повинні бути точно позиціоновані, але можуть потребувати знімання або регулювання.

Таким чином, перехідні посадки забезпечують комбінацію фіксації та рухливості, що робить їх незамінними в багатьох інженерних застосуваннях.

Вибір посадок залежить від ймовірності отримання зазорів та натягів у з'єднаннях.

Дійсний розмір деталі є випадковою величиною, оскільки залежить від багатьох факторів, які викликають його похибки. Це, зокрема неточності: верстата, пристосування, різального інструменту, заготовки, неточності, викликані процесом різання, неточності вимірювання

Під час визначення ймовірності зазорів та натягів приймають, що розміри деталей розподіляються за нормальним законом розподілення, тому розподілення зазорів та натягів також буде відповідати нормальному закону розподілення.

2.2 Розрахунок основних характеристик перехідних посадок

Алгоритм послідовності розрахунків для визначення ймовірності зазорів та натягів для перехідної посадки наступний [3]:

1.Визначити характеристики посадки $S_{\max}$, $S_{\min}$, S_c , T_D , T_d , T_S . Формули для визначення основних характеристик посадок наведені в Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Формули для визначення основних характеристик посадок

Найменування	Позначення	Формула
Найбільший граничний розмір отвора	D_{max}	$D_H + ES$
Найменший граничний розмір отвора	D_{min}	$D_H + EI$
Найбільший граничний розмір вала	d_{max}	$d_H + es$
Найменший граничний розмір вала	d_{min}	$d_H + ei$
Найбільший зазор	S_{max}	$ES - ei$
Найменший зазор	S_{min}	$EI - es$
Середній зазор	S_c	$(S_{max} + S_{min})/2$
Допуск отвора	T_D	$D_{max} - D_{min}$
Допуск вала	T_d	$d_{max} - d_{min}$
Допуск посадки	T_S	$T_D + T_d$

2.Визначити ймовірнісний допуск посадки, ймовірнісні найбільший та найменший зазори

$$T_S^{йм} = 6\delta_S = \sqrt{T_D^2 + T_d^2} \text{ [мкм]} \quad (2.1)$$

$$S_{max}^{йм} = S_c + \frac{1}{2}T_S^{йм} \text{ [мкм]} \quad (2.2)$$

$$S_{min}^{йм} = S_c - \frac{1}{2}T_S^{йм} \text{ [мкм]} \quad (2.3)$$

3.Визначити середнє квадратичне відхилення зазору

$$\delta_S = \frac{1}{6}\sqrt{T_D^2 + T_d^2} \quad (2.4)$$

4.Визначити верхню границю інтегрування z_K

$$z_K = -\frac{S_c}{\sigma_S} \quad (2.5)$$

5. Знайти за таблицями значення інтегралу ймовірності [1]

6. Визначити ймовірність отримання натягів

$$P_N = 0,5 - \Phi(z_K) \quad (2.6)$$

7. Визначити ймовірність отримання зазорів

$$P_S = 0,5 + \Phi(z_k) \quad (2.7)$$

8.Визначити відсоток натягів (відсоток з'єднань з натягом)

$$p_N = 100 \% \cdot P_N \quad (2.8)$$

9.Визначити відсоток зазорів (відсоток з'єднань з зазором)

$$p_S = P_S \cdot 100 \% \quad (2.9)$$

2.2.1 Розрахунок основних характеристик перехідної посадки для з'єднання Ø52H7/js6

Розрахувати очікувані при складанні імовірність отримання натягу та зазору для посадки

$$\text{Ø}52 \frac{H7\left(\begin{smallmatrix} +0,030 \end{smallmatrix}\right)}{js6\left(\begin{smallmatrix} +0,0095 \\ -0,0095 \end{smallmatrix}\right)}$$

1.Визначаємо параметри посадки:

- верхнє відхилення отвору $ES = + 30$ мкм;
- нижнє відхилення отвору $EI = 0$;
- допуск отвору: $TD = 30$ мкм;
- верхнє відхилення вала $es = +9,5$;
- нижнє відхилення вала $ei = -9,5$ мкм;
- допуск вала: $Td = 19$ мкм;
- допуск посадки $TS = 30 + 19 = 49$ (мкм;)
- найбільший зазор: $S_{\max} = 30 - (-9,5) = (39,5)$ мкм;
- найменший зазор: $S_{\min} = 0 - 9,5 = -9,5$ (мкм);
- середній зазор: $Sc = (39,5 - 9,5) / 2 = 15$ (мкм).

Схема розташування полів допусків перехідної посадки Ø52H7/js6 представлена на рисунку 2.1

2.Визначаємо ймовірнісний допуск посадки, ймовірнісні найбільший та найменший зазори за формулами (2.1–2.3)

$$T_S^{\text{йм}} = \sqrt{30^2 + 19^2} = 35,51(\text{мкм})$$

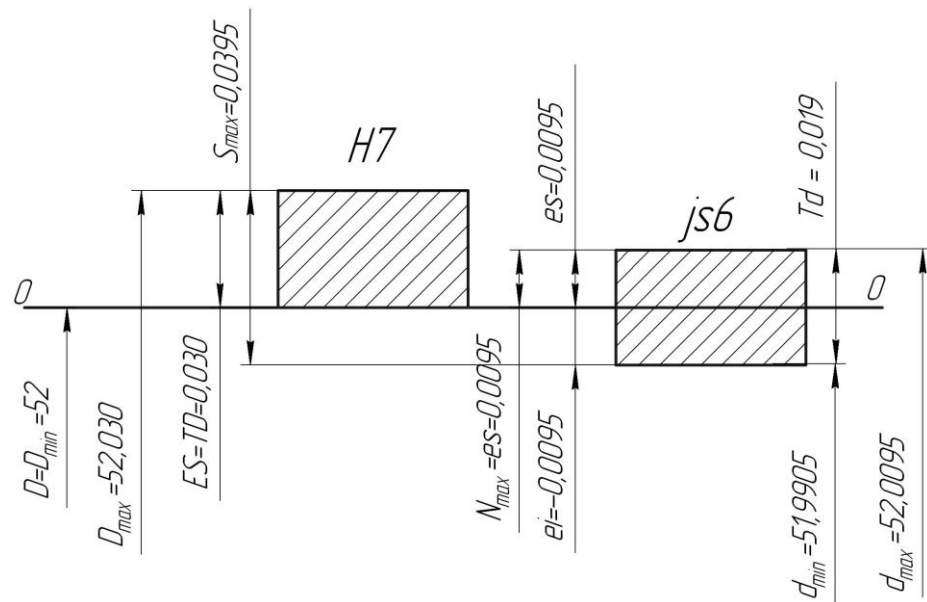


Рисунок 2.2 – Схема розташування полів допусків перехідної посадки Ø52H7/js6

$$S_{\max}^{\text{йм}} = 15 + \frac{35,51}{2} = 32,75 \text{ (мкм)}$$

$$S_{\min}^{\text{йм}} = 15 - \frac{35,51}{2} = -2,755 \text{ (мкм)}$$

3. Визначаємо середнє квадратичне відхилення посадки за формулою 2.4

$$\sigma_s = \frac{1}{6} \sqrt{30^2 + 19^2} = 5,9$$

4. Визначаємо границю інтегрування за формулою 2.5

$$z_k = \frac{-15}{5,9} = -2,5.$$

5. Знаходимо за таблицями значення інтегралу ймовірності інтегральної функції ймовірності Лапласа $\Phi(z)$, в межах від 0 до $N_c = 15$ (мкм), при $z = -2,5$.

$$\Phi(z) = \Phi(2,5) = 0,4938.$$

6. Визначаємо ймовірність отримання натягів

$$P_N = 0,5 - 0,4938 = 0,0062$$

7. Визначаємо ймовірність отримання зазорів

$$P_S = 0,5 + 0,4938 = 0,9938$$

8.Визначити відсоток натягів (відсоток з'єднань з натягом)

$$p_N = 0,0062 \cdot 100 \% = 0,62 \%$$

9.Визначити відсоток зазорів (відсоток з'єднань з зазором)

$$p_S = 0,9938 \cdot 100 \% = 99,38 \%$$

2.2.2 Розрахунок основних характеристик перехідної посадки для з'єднання Ø40H7/k6

Розрахувати очікувані при складанні імовірність отримання натягу та зазору для посадки

$$\text{Ø}40 \frac{H7\left(\begin{smallmatrix} +0,025 \\ \end{smallmatrix}\right)}{k6\left(\begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix}\right)}$$

1.Визначаємо параметри посадки:

- верхнє відхилення отвору $ES = + 25$ мкм;
- нижнє відхилення отвору $EI = 0$;
- допуск отвору: $TD = 25$ мкм;
- верхнє відхилення вала $es = +18$;
- нижнє відхилення вала $ei = +2$ мкм;
- допуск вала: $Td = 16$ мкм;
- допуск посадки $TS = 25 + 16 = 41$ мкм;
- найбільший зазор: $S_{\max} = 25 - 2 = 23$ (мкм);
- найменший зазор: $S_{\min} = 0 - 18 = -18$ (мкм);
- середній зазор: $Sc = (23 + (-18)) / 2 = 2,5$ (мкм).

2.Визначаємо ймовірнісний допуск посадки, ймовірнісні найбільший та найменший зазори за формулами (2.1–2.3)

$$T_S^{\text{йм}} = \sqrt{25^2 + 16^2} = 29,7 \text{ (мкм)}$$

$$S_{\max}^{\text{йм}} = 2,5 + \frac{29,7}{2} = 17,35 \text{ (мкм)}$$

$$S_{\min}^{\text{йм}} = 2,5 - \frac{29,7}{2} = -12,35 \text{ (мкм)}$$

3. Визначаємо середнє квадратичне відхилення посадки за формулою 2.4

$$\sigma_S = \frac{1}{6} \sqrt{25^2 + 16^2} = 4,95$$

4. Визначаємо границю інтегрування за формулою 2.5

$$z_k = \frac{-2,5}{4,95} = -0,51.$$

5. Знаходимо за таблицями значення інтегралу ймовірності інтегральної функції ймовірності Лапласа $\Phi(z)$, в межах від 0 до $N_c = 2,5$ (мкм), при $z = -0,51$

$$\Phi(z) = \Phi(-0,51) = -0,195.$$

6. Визначаємо ймовірність отримання натягів

$$P_N = 0,5 - 0,4938 = 0,0062$$

7. Визначаємо ймовірність отримання зазорів

$$P_S = 0,5 + 0,4938 = 0,9938$$

8. Визначити відсоток натягів (відсоток з'єднань з натягом)

$$p_N = 0,0062 \cdot 100 \% = 0,62 \%$$

9. Визначити відсоток зазорів (відсоток з'єднань з зазором)

$$p_S = 0,9938 \cdot 100 \% = 99,38 \%$$

2.2.3 Розрахунок основних характеристик перехідної посадки для з'єднання Ø58K8/h7

Розрахувати очікувані при складанні ймовірність отримання натягу та зазору для посадки

$$\text{Ø}58 \frac{\text{K}8 \left(\begin{smallmatrix} +0,009 \\ -0,021 \end{smallmatrix} \right)}{\text{h}7 \left(\begin{smallmatrix} -0,019 \end{smallmatrix} \right)}$$

1. Визначаємо параметри посадки:

- верхнє відхилення отвору $ES = +9$ мкм;
- нижнє відхилення отвору $EI = -21$ мкм;
- допуск отвору: $TD = 30$ мкм;
- верхнє відхилення вала $es = 0$;

- нижнє відхилення вала $ei = -19$ мкм;
- допуск вала: $Td = 19$ мкм;
- допуск посадки $TS = 30 + 19 = 49$ мкм;
- найбільший зазор: $S_{\max} = 9 - (-19) = 28$ (мкм);
- найменший зазор: $S_{\min} = -21 - 0 = -21$ (мкм);
- середній зазор: $S_c = (28 - 21) / 2 = 3,5$ (мкм).

Схема розміщення полів допусків перехідної посадки $\varnothing 58K8/h7$ представлена на рисунку 2.2

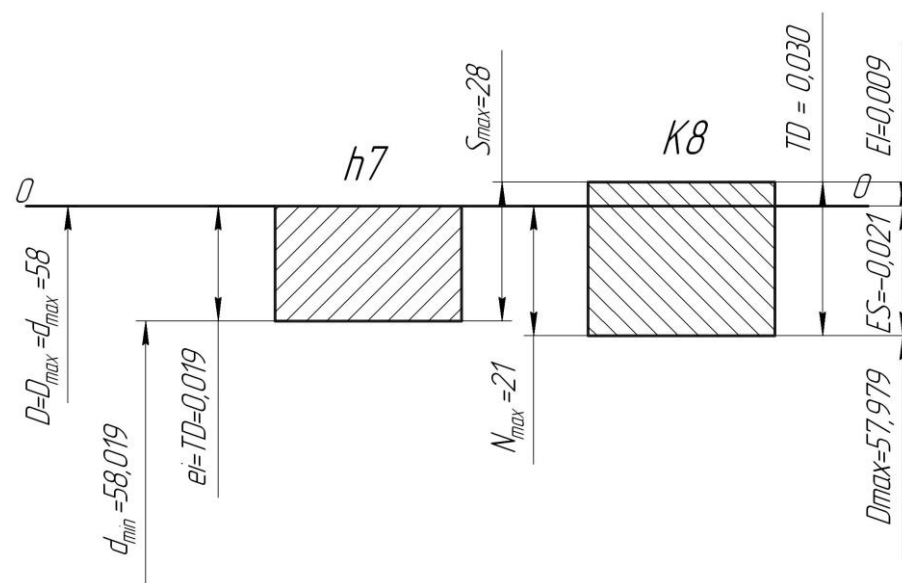


Рисунок 2.2 – Схема розміщення полів допусків перехідної посадки $\varnothing 58K8/h7$

2. Визначаємо ймовірнісний допуск посадки, ймовірнісні найбільший та найменший зазори за формулами (2.1–2.3)

$$T_S^{\text{йм}} = \sqrt{30^2 + 19^2} = 35,51 \text{ (мкм)}$$

$$S_{\max}^{\text{йм}} = 3,5 + \frac{35,51}{2} = 21,55 \text{ (мкм)}$$

$$S_{\min}^{\text{йм}} = 3,5 - \frac{35,51}{2} = -14,255 \text{ (мкм)}$$

3.Визначаємо середнє квадратичне відхилення посадки за формулою 2.4

$$\sigma_S = \frac{1}{6} \sqrt{30^2 + 19^2} = 5,9$$

4. Визначаємо границю інтегрування за формулою 2.5

$$z_K = \frac{-3,5}{5,9} = -0,59.$$

5. Знаходимо за таблицями значення інтегралу ймовірності інтегральної функції ймовірності Лапласа .

$$\Phi(z) = \Phi(0,59) = 0,2190 .$$

6. Визначаємо ймовірність отримання натягів

$$P_N = 0,5 - 0,2190 = 0,281$$

7.Визначаємо ймовірність отримання зазорів

$$P_S = 0,5 + 0,2190 = 0,719$$

8.Визначити відсоток натягів (відсоток з'єднань з натягом)

$$p_N = 0,281 \cdot 100 \% = 28,1\%.$$

9.Визначити відсоток зазорів (відсоток з'єднань з зазором)

$$p_S = 0,719 \cdot 100 \% = 71,9\%.$$

2.3 Основні особливості призначення посадок для шпонкових з'єднань

Шпонкові з'єднання призначені для з'єднання валів між собою за допомогою спеціальних пристроїв (муфт), а також для з'єднання з валами, осями різних тіл обертання (зубчатих коліс ексцентриків, шківів маховиків).

Стандартизовані шпонкові з'єднання з призматичними, сегментними і клиновими шпонками. Використання призматичних шпонок дає можливість більш точно центрувати спряжені елементи і отримувати як нерухомі, так і ковзаючі з'єднання.

2.4 Розрахунок основних характеристик посадок для шпонкового з'єднання вузла редуктора

Призначаємо нормальний вид з'єднання шпонки із втулкою та шпонки з валом – це відповідає перехідній посадці [2].

Таблиця 2.2 Параметри шпонкового з'єднань редуктора

Діаметр вала	Ширина шпонки	Висота шпонки	Довжина шпонки
Ø40	12	8	60
Ø52	14	9	70
Ø58	16	10	70

Визначаємо поля допусків та граничні відхилення на параметри для шпонкового з'єднання [6] вала (Таблиця 2.3)

Визначимо характеристики посадок:

З'єднання шпонка-паз на втулці

$$S_{\max} = ES - ei = 0.0215 - (-0.043) = 0.0645 \text{ (мм)};$$

$$N_{\max} = es - EI = 0 - (-0.0215) = 0.0215 \text{ (мм)};$$

$$S_{cp} = (S_{\max} + (-N_{\max}))/2 = (0.0645 + (-0.0215))/2 = 0.0215 \text{ (мм)}.$$

З'єднання шпонка-пазом на валу

$$S_{\max} = ES - ei = 0 - (-0.043) = 0.043 \text{ мм};$$

$$N_{\max} = es - EI = 0 - (-0.043) = 0.043 \text{ мм};$$

$$S_{cp} = (S_{\max} + (-N_{\max}))/2 = (0.043 + (-0.043))/2 = 0$$

Таблиця 2.3 – Значення допусків та граничних відхилень

Параметри	Позначення			Граничні відхилення, мкм		Допуск, мкм
	Ø40	Ø50	Ø58	Верхнє	Нижнє	
Ширина шпонки	12h9	14h9	16h9	0	-43	43
Ширина паза вала	12N9	14N9	16N9	0	-43	43
Ширина паза втулки	12Is9	14Is9	16Is9	+21,5	-21,5	43
Висота шпонки	8h11	9h11	10h11	0	-90	90
Глибина паза вала, t_1	5	5	6	+0,2	0	-
Глибина паза втулки, t_2	3,3	3,3	4,3	+0,2	0	-

Фрагменти складального та подетального креслення шпонкового з'єднання з призначеними посадками та полями допусків приведено в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Фрагменти складального та подетального креслення шпонкового з'єднання

$\varnothing 40H7/k6$	$\varnothing 52H7/js6$	$\varnothing 58K8/h7$

Поле допуску шпонкового з'єднання зображено на рисунку 2.3

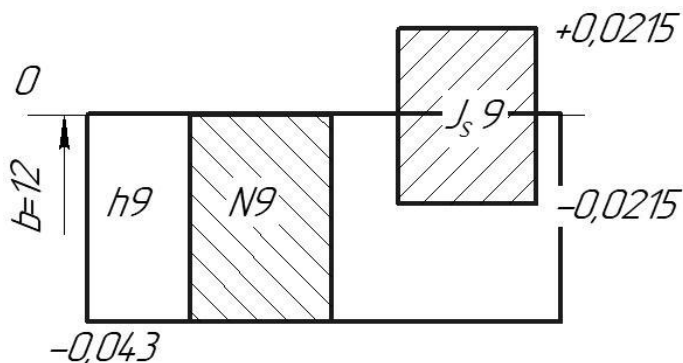


Рисунок 2.3 – Поле допуску шпонкового з'єднання

3 РОЗРАХУНОК РОЗМІРНОГО ЛАНЦЮГА

3.1 Основні положення теорії розмірних ланцюгів

При експлуатації машин їх деталі спрацьовуються, внаслідок виникають порушення номінальних розмірних зв'язків, взаємодія деталей та вузлів.

В ремонтному виробництві при відновленні деталей та перевірці правильності призначення розмірів використовують обернену задачу розв'язання розмірних ланцюгів [4].

Після складання шпонкового з'єднання з призматичною шпонкою визначимо номінальне значення і допуск зазору між шпонкою і пазом корпусної деталі.

На рисунку 3.1 зображено ескіз шпонкового з'єднання з розмірами з геометричною схемою розмірного ланцюга

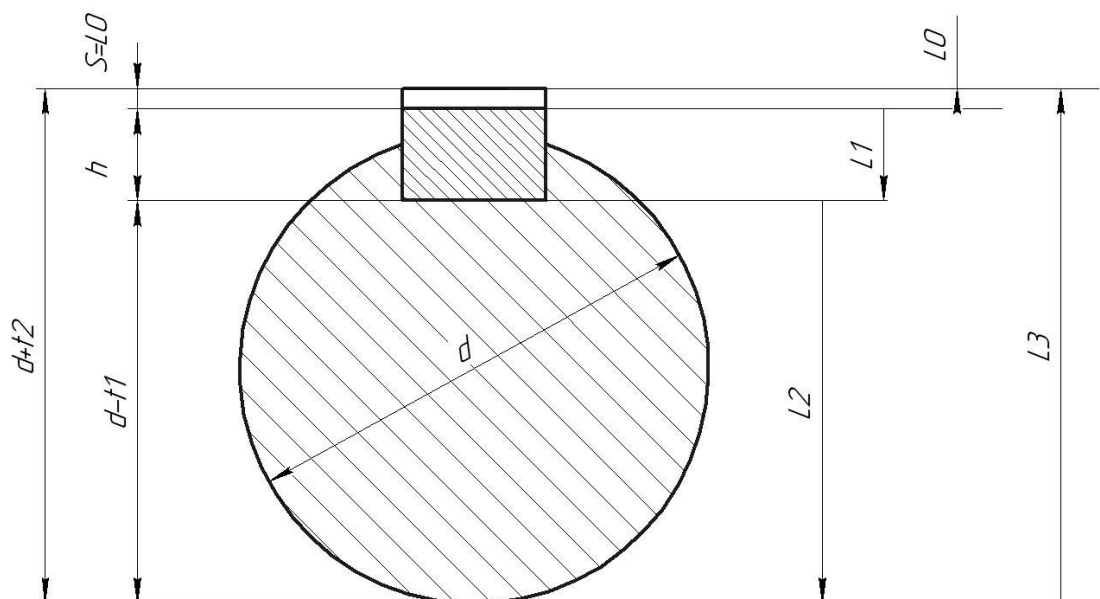


Рисунок 3.1 – Ескіз шпонкового з'єднання з геометричною схемою розмірного ланцюга

Аналізуючи креслення вузла, бачимо що замикаючою ланкою буде L_0 зазор S між шпонкою і пазом корпусної деталі. Складовими ланками розмірного ланцюга будуть розміри:

L_1 – висота шпонки;

L_2 – розмір вала без урахуванням глибини паза вала;

L_3 – розмір корпуса з урахуванням глибини паза втулки.

$$L_1 = h \text{ [мм]} \quad (3.1)$$

$$L_2 = d - t_1 \text{ [мм]}, \quad (3.2)$$

$$L_3 = d + t_2 \text{ [мм]}. \quad (3.3)$$

де t_1 – глибина паза вала, мм

t_2 – глибина паза втулки, мм.

З геометричної схеми розмірного ланцюга (рис.3.1) збільшувальною ланкою розмірного ланцюга буде ланка L_3 . Напрямок ланки L_3 співпадає з напрямком замикальної ланки L_0 , тому ланка L_3 буде збільшувальною.

Розміри L_1 , L_2 – будуть зменшувальними ланками розмірного ланцюга. Їх напрям протилежний напрямку замикальної ланки L_0 .

Номінальний розмір замикальної ланки L_0 (зазору S)

$$L_0 = L_3 - (L_1 + L_2) \text{ [мм]} \quad (3.4)$$

Верхнє граничне відхилення замикальної ланки

$$ES_0 = ES_3 - (EI_1 + EI_2) \text{ [мм]} \quad (3.5)$$

Нижнє граничне відхилення

$$EI_0 = EI_3 - (ES_1 + ES_2) \text{ [мм]} \quad (3.6)$$

Допуск замикальної ланки

$$TL_0 = ES_0 - EI_0 \text{ [мм]} \quad (3.7)$$

Перевіряємо правильність розрахунку розмірного ланцюга шпонкового з'єднання

$$TL_0 = TL_1 + TL_2 + TL_3 \text{ [мм]} \quad (3.8)$$

$$TL_0 = ((ES_1 - EI_1) + (ES_2 - EI_2) + (ES_3 - EI_3)) \text{ [мм]} \quad (3.9)$$

Визначений номінальний розмір замикальної ланки з відхиленнями складає

$$L_0 = S$$

3.2 Розрахунок розмірного ланцюга для шпонкового з'єднання

Значення та поля допусків на висоту шпонки, глибину паза валу та глибину паза втулки наведені в таблиці 2.2.

Визначаємо розміри ланок, які входять в розмірний ланцюг шпонкового з'єднання. Результати зводимо в таблицю 3.1

Таблиця 3.1 Розміри ланок розмірного ланцюга шпонкових з'єднань

Найменування	Позначення	№ формули	Ø40	Ø52	Ø58
Висота шпонки	L_1	ф.3.1	$8_{-0.09}$	$9_{-0.09}$	$10_{-0.09}$
Розмір вала без урахуванням глибини паза	L_2	ф.3.2	$35_{-0.2}$	$46_{-0.2}$	$52_{-0.2}$
Розмір корпусу з урахуванням глибини паза	L_3	ф.3.3	$43,3^{+0.2}$	$56,3^{+0.2}$	$62,3^{+0.2}$
Розмір замикаючої ланки	L_0	ф.3.4	0,3	0,3	0,3
Верхнє граничне відхилення замикаючої ланки	ESL_0	ф.3.5	0,49	0,49	0,49
Нижнє граничне відхилення замикаючої ланки	EIL_0	ф.3.6	0	0	0
Допуск замикаючої ланки	TL_0	ф.3.7	0,49	0,49	0,49

Перевіряємо правильність розрахунку розмірного ланцюга шпонкового з'єднання формула 3.8-3.9

$$TA_0 = ((0 - (-0,09)) + (0 - (-0,2)) + (0,2 - 0)) = 0,09 + 0,2 + 0,2 = 0,49 \text{ (мм)}$$

Отже в обох випадках допуск замикальної ланки $TA_0 = 0,49$ мм, це означає, що розрахунок розмірного ланцюга шпонкового з'єднання проведено правильно.

Визначений номінальний розмір замикальної ланки з відхиленнями складає

$$L_0 = S = 0,3^{+0,49}$$

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТІВ ПОСАДОК ВУЗЛА РЕДУКТОРА

4.1 Автоматизація розрахунків основних характеристик перехідних з'єднань вузла

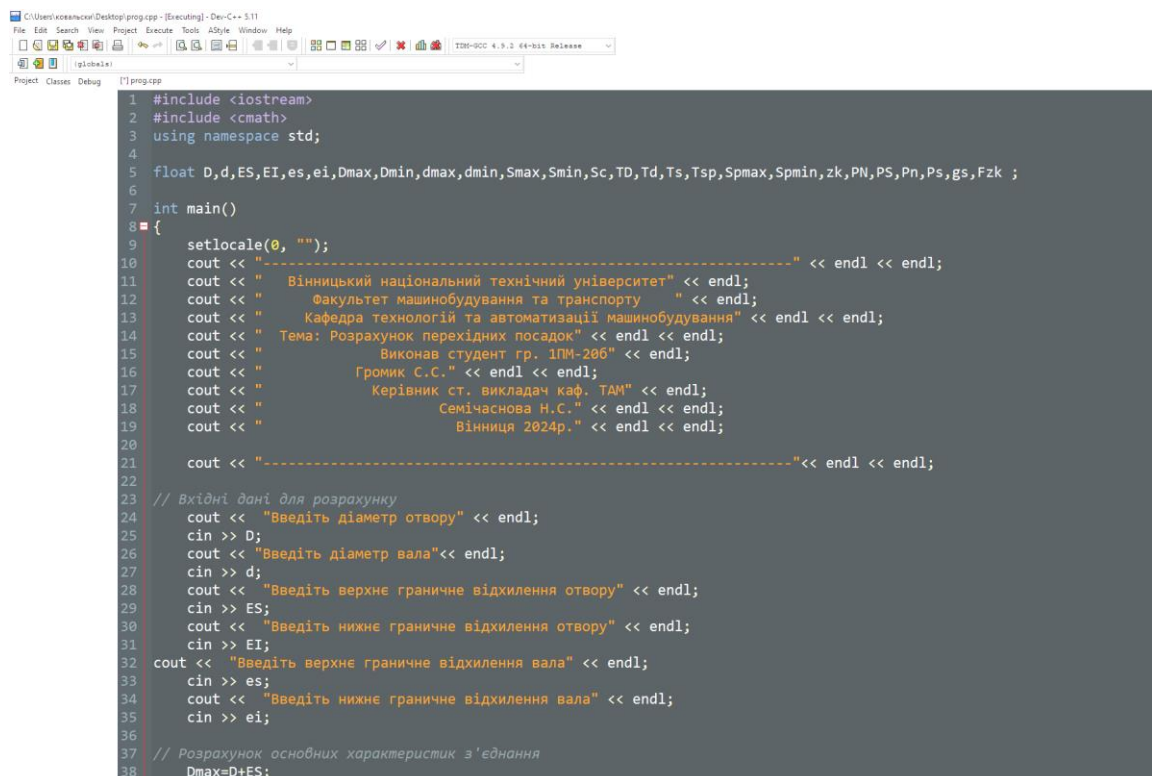
Запропонований алгоритм розрахунку перехідної посадки [8], розроблена програма в інтегрованому середовищі DeV-C++ розрахунків основних характеристик перехідних з'єднань Лістинг програми приведений в Додатку Б. Формули для розрахунку ймовірнісних зазорів і натягів в перехідній посадці приведені в розділі 2.2 даної роботи.

Вхідні дані для розрахунку: D , d , ES , es , EI , ei . Даними можуть бути цілі та дійсні числа, обираємо дійсний тип даних – float.

Проміжні розрахунки: розрахунки основних характеристик посадок: $D_{\max}$, $D_{\min}$, $d_{\max}$, $d_{\min}$, $S_{\max}$, $S_{\min}$, S_c , TD , Td , Ts .

Результати розрахунків: виконати розрахунки ймовірнісних зазорів і натягів в перехідній посадці.

Результати роботи програми приведені на рисунках 4.1 – 4.3

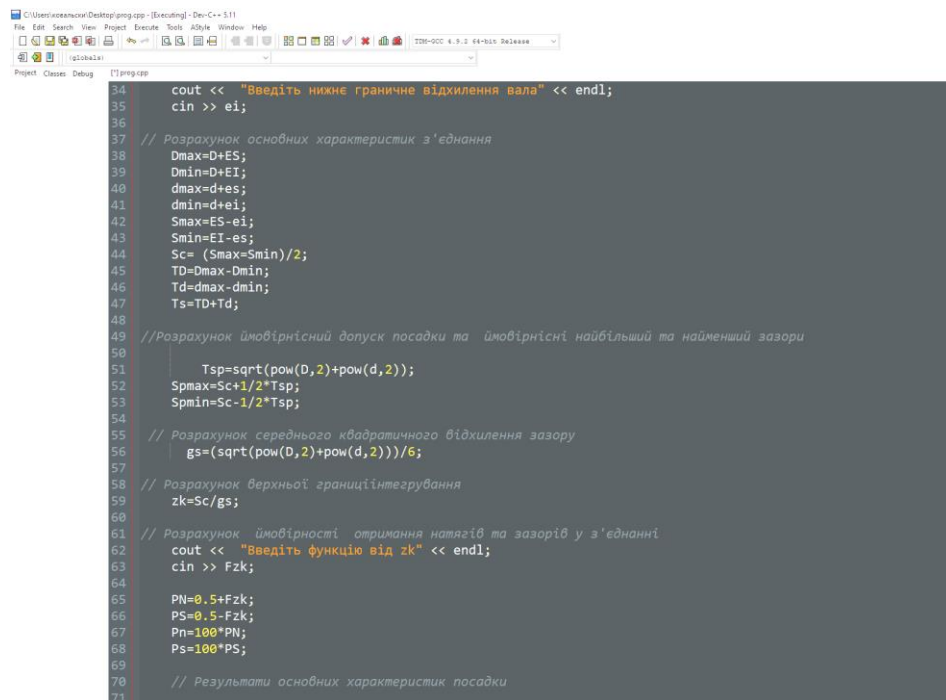


```

1 #include <iostream>
2 #include <cmath>
3 using namespace std;
4
5 float D,d,ES,EI,es,ei,Dmax,Dmin,dmax,dmin,Smax,Smin,Sc,TD,Td,Ts,Tsp,Spmax,Spmin,zk,PN,PS,Pn,Ps,gs,Fzk ;
6
7 int main()
8 {
9     setlocale(0, "");
10    cout << "-----" << endl << endl;
11    cout << "    Вінницький національний технічний університет" << endl;
12    cout << "    Факультет машинобудування та транспорту" << endl;
13    cout << "    Кафедра технологій та автоматизації машинобудування" << endl << endl;
14    cout << "    Тема: Розрахунок перехідних посадок" << endl << endl;
15    cout << "    Виконав студент гр. ІІМ-206" << endl;
16    cout << "    Громик С.С." << endl << endl;
17    cout << "    Керівник ст. викладач каф. ТАМ" << endl;
18    cout << "    Семічаснова Н.С." << endl << endl;
19    cout << "    Вінниця 2024р." << endl << endl;
20
21    cout << "-----" << endl << endl;
22
23    // Вхідні дані для розрахунку
24    cout << "Введіть діаметр отвору" << endl;
25    cin >> D;
26    cout << "Введіть діаметр вала" << endl;
27    cin >> d;
28    cout << "Введіть верхнє граничне відхилення отвору" << endl;
29    cin >> ES;
30    cout << "Введіть нижнє граничне відхилення отвору" << endl;
31    cin >> EI;
32    cout << "Введіть верхнє граничне відхилення вала" << endl;
33    cin >> es;
34    cout << "Введіть нижнє граничне відхилення вала" << endl;
35    cin >> ei;
36
37    // Розрахунок основних характеристик з'єднання
38    Dmax=D+ES;

```

Рисунок 4.1 – Введення вхідних даних

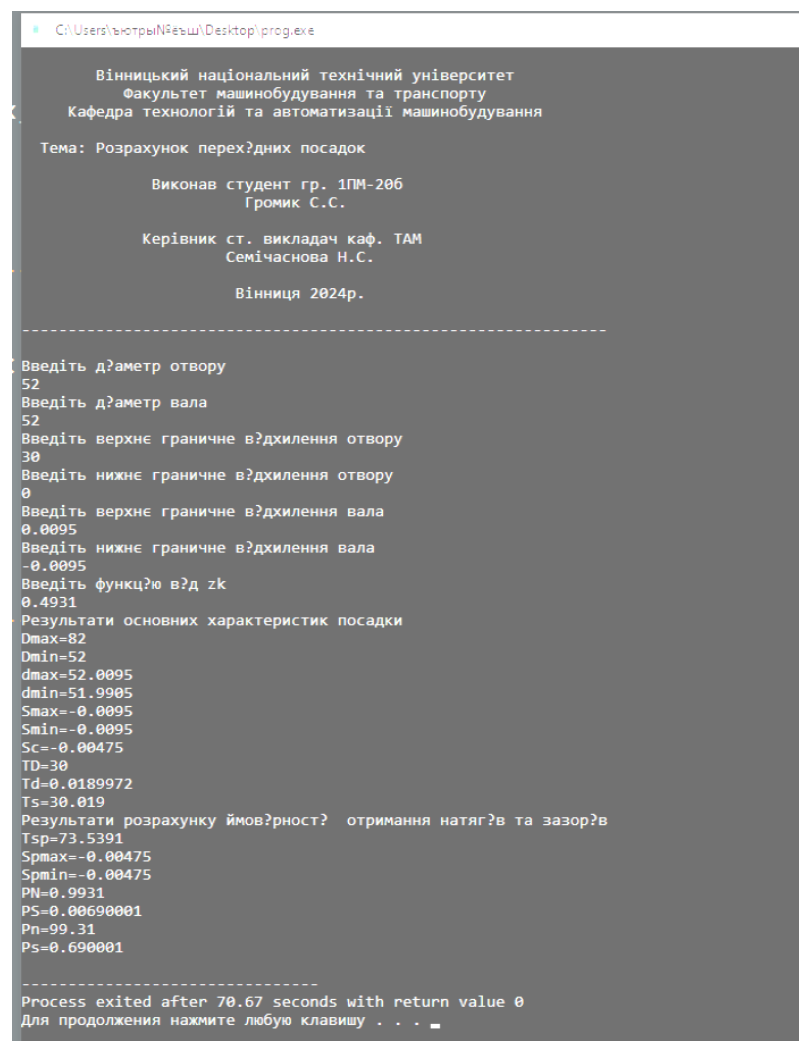


```

34     cout << "Введіть нижнє граничне відхилення вала" << endl;
35     cin >> ei;
36
37     // Розрахунок основних характеристик з'єднання
38     Dmax=D+ES;
39     Dmin=D+EI;
40     dmax=d+es;
41     dmin=d+ei;
42     Smax=ES-ei;
43     Smin=EI-es;
44     Sc= (Smax+Smin)/2;
45     TD=Dmax-Dmin;
46     Td=dmax-dmin;
47     Ts=TD+Td;
48
49     //Розрахунок ймовірнісний допуск посадки та ймовірнісні найбільший та найменший зазори
50
51     Tsp=sqrt(pow(D,2)+pow(d,2));
52     Spmax=Sc+1/2*Tsp;
53     Spmin=Sc-1/2*Tsp;
54
55     // Розрахунок середнього квадратичного відхилення зазору
56     gs=(sqrt(pow(D,2)+pow(d,2)))/6;
57
58     // Розрахунок верхньої границі інтегрування
59     zk=Sc/gS;
60
61     // Розрахунок ймовірності отримання натягів та зазорів у з'єднанні
62     cout << "Введіть функцію від zk" << endl;
63     cin >> Fzk;
64
65     PN=0.5+Fzk;
66     PS=0.5-Fzk;
67     Pn=100*PN;
68     Ps=100*PS;
69
70     // Результати основних характеристик посадки
71

```

Рисунок 4.2 – Визначення основних характеристик посадок



```

C:\Users\kotryk\N\esh\Desktop\prog.exe

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Тема: Розрахунок перехідних посадок

Виконав студент гр. 1ПМ-206
Громик С.С.

Керівник ст. викладач каф. ТАМ
Семічаснова Н.С.

Вінниця 2024р.

-----

Введіть діаметр отвору
52
Введіть діаметр вала
52
Введіть верхнє граничне відхилення отвору
30
Введіть нижнє граничне відхилення отвору
0
Введіть верхнє граничне відхилення вала
0.0095
Введіть нижнє граничне відхилення вала
-0.0095
Введіть функцію від zk
0.4931
Результати основних характеристик посадки
Dmax=82
Dmin=52
dmax=52.0095
dmin=51.9905
Smax=-0.0095
Smin=-0.0095
Sc=-0.00475
TD=30
Td=0.0189972
Ts=30.019
Результати розрахунку ймовірності отримання натягів та зазорів
Tsp=73.5391
Spmax=-0.00475
Spmin=-0.00475
PN=0.0931
PS=0.00690001
Pn=99.31
Ps=0.690001

-----
Process exited after 70.67 seconds with return value 0
Для продовження натисніть будь-яку клавішу . . .

```

Рисунок 4.3 – Результати розрахунків перехідної посадки

4.2 Автоматизація розрахунків основних характеристик шпонкового з'єднання

4.2.1 Створити форму вводу даних в Microsoft Excel для розрахунку основних характеристик шпонкового з'єднання.

Формули для розрахунку ймовірнісних зазорів і натягів в перехідній посадці приведені в розділі 2.3 даної роботи.

Результати роботи програми приведені на рисунках 4.4 – 4.5

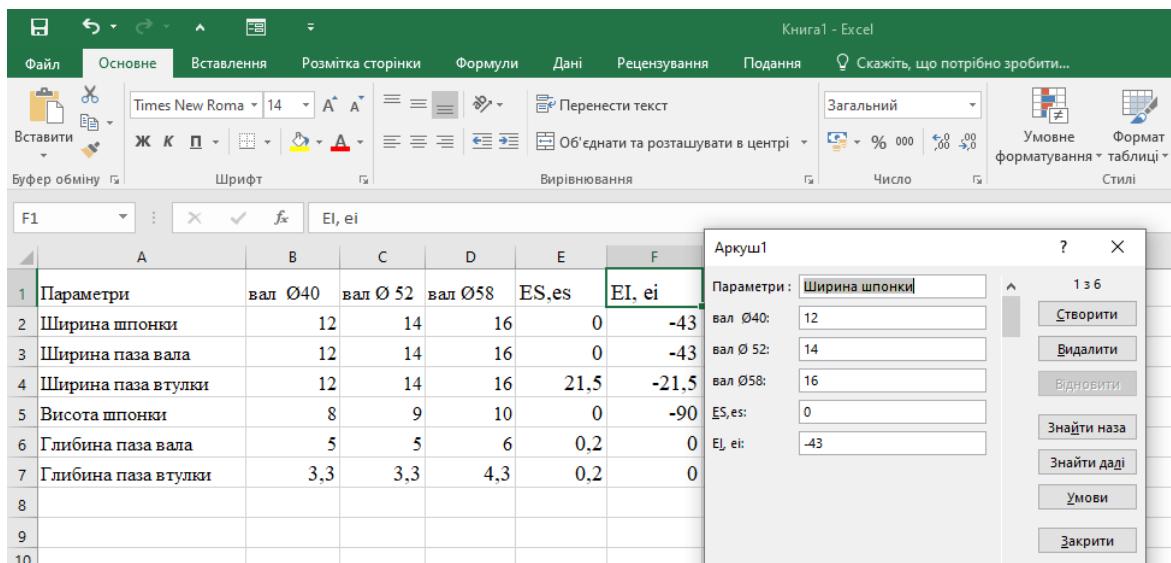


Рисунок 4.4 – Заповнення форми даними шпонкових з'єднань

4.2.2 Розрахунок основних характеристик шпонкового з'єднання

Параметри	вал Ø40	вал Ø 52	вал Ø58	ES,es	EI, ei	TD
Ширина шпонки	12	14	16	0	-43	43
Ширина паза вала	12	14	16	0	-43	43
Ширина паза втулки	12	14	16	21,5	-21,5	0
Висота шпонки	8	9	10	0	-90	90
Глибина паза вала	5	5	6	0,2		
Глибина паза втулки	3,3	3,3	4,3	0,2		
Розрахунок характеристик посадок		Smax	Nmax	Sc		
З'єднання шпонка-паз на втулці		=E4-F2	21,5	43		
З'єднання шпонка-паз на втулці		43	-43	0		

Рисунок 4.5 – Розрахунок характеристик посадки

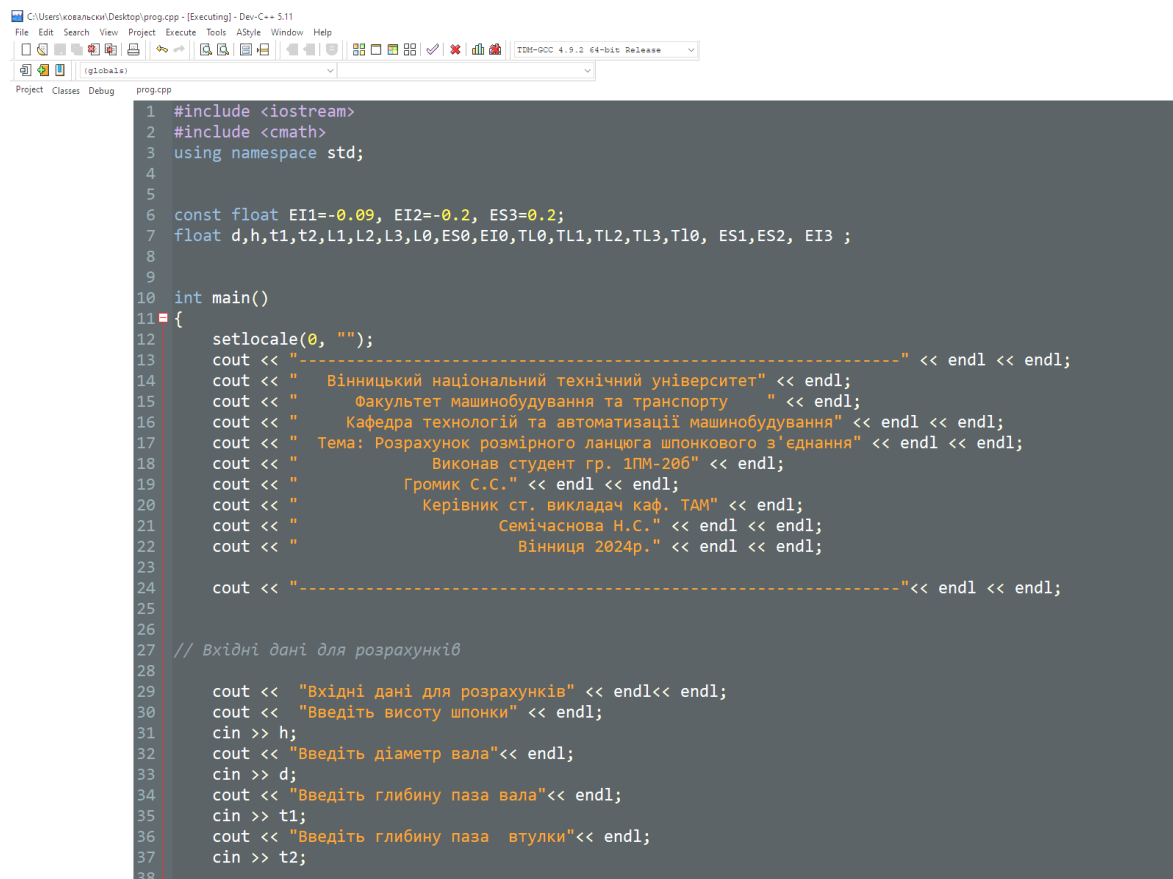
4.3 Автоматизація розрахунків розмірного ланцюга шпонкового з'єднання

Запропонований алгоритм розрахунку розмірного ланцюга [8], програма розроблена в інтегрованому середовищі DeV–C++. Лістинг програми приведений в Додатку Б1. Формули для розрахунку ймовірнісних зазорів і натягів в перехідній посадці приведені в розділі 3 даної роботи.

Вхідні дані для розрахунку: діаметр вала – D ; діаметр втулки – d ; висота шпонки – h ; глибина паза вала – t_1 ; глибина паза втулки – t_2 . Даними можуть бути цілі та дійсні числа, обираємо дійсний тип даних – float.

Результати розрахунків: виконати розрахунки номінального та складових ланок розмірного ланцюга.

Результати роботи програми приведені на рисунках 4.6 – 4.8

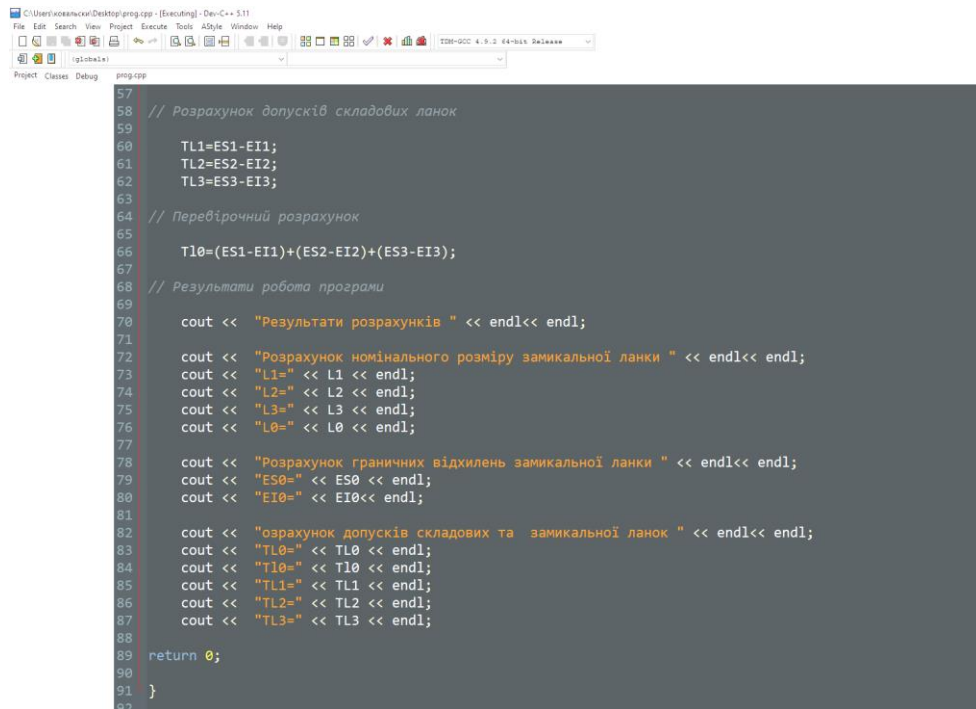


```

1  #include <iostream>
2  #include <cmath>
3  using namespace std;
4
5
6  const float EI1=-0.09, EI2=-0.2, ES3=0.2;
7  float d,h,t1,t2,L1,L2,L3,L0,ES0,EI0,TL0,TL1,TL2,TL3,TL0, ES1,ES2, EI3 ;
8
9
10 int main()
11 {
12     setlocale(0, "");
13     cout << "-----" << endl << endl;
14     cout << "    Вінницький національний технічний університет" << endl;
15     cout << "    Факультет машинобудування та транспорту" << endl;
16     cout << "    Кафедра технологій та автоматизації машинобудування" << endl << endl;
17     cout << "    Тема: Розрахунок розмірного ланцюга шпонкового з'єднання" << endl << endl;
18     cout << "    Виконав студент гр. ІПМ-206" << endl;
19     cout << "    Громик С.С." << endl << endl;
20     cout << "    Керівник ст. викладач каф. ТАМ" << endl;
21     cout << "    Семічаснова Н.С." << endl << endl;
22     cout << "    Вінниця 2024р." << endl << endl;
23
24     cout << "-----" << endl << endl;
25
26
27     // Вхідні дані для розрахунків
28
29     cout << "Вхідні дані для розрахунків" << endl << endl;
30     cout << "Введіть висоту шпонки" << endl;
31     cin >> h;
32     cout << "Введіть діаметр вала" << endl;
33     cin >> d;
34     cout << "Введіть глибину паза вала" << endl;
35     cin >> t1;
36     cout << "Введіть глибину паза втулки" << endl;
37     cin >> t2;
38

```

Рисунок 4.6 – Введення вхідних даних

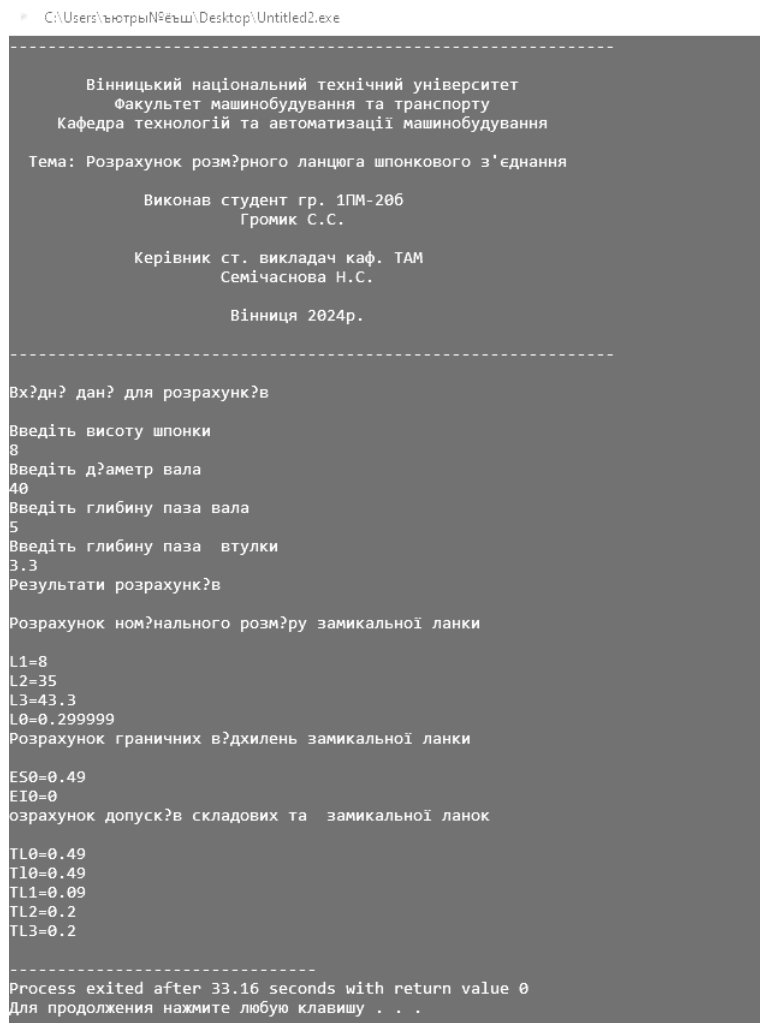


```

57
58 // Розрахунок допусків складових ланок
59
60 TL1=ES1-EI1;
61 TL2=ES2-EI2;
62 TL3=ES3-EI3;
63
64 // Перевірочний розрахунок
65
66 TL0=(ES1-EI1)+(ES2-EI2)+(ES3-EI3);
67
68 // Результати роботи програми
69
70 cout << "Результати розрахунків " << endl<< endl;
71
72 cout << "Розрахунок номінального розміру замикальної ланки " << endl<< endl;
73 cout << "L1=" << L1 << endl;
74 cout << "L2=" << L2 << endl;
75 cout << "L3=" << L3 << endl;
76 cout << "L0=" << L0 << endl;
77
78 cout << "Розрахунок граничних відхилень замикальної ланки " << endl<< endl;
79 cout << "ES0=" << ES0 << endl;
80 cout << "EI0=" << EI0 << endl;
81
82 cout << "Розрахунок допусків складових та замикальної ланок " << endl<< endl;
83 cout << "TL0=" << TL0 << endl;
84 cout << "TL1=" << TL1 << endl;
85 cout << "TL2=" << TL2 << endl;
86 cout << "TL3=" << TL3 << endl;
87
88
89 return 0;
90
91 }
92

```

Рисунок 4.7 – Виконання розрахунків складових та замикальної ланки



```

C:\Users\якут\N\Б\ш\\Desktop\Untitled2.exe

-----
Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Тема: Розрахунок розмірного ланцюга шпонкового з'єднання

Виконав студент гр. 1ПМ-206
Громик С.С.

Керівник ст. викладач каф. ТАМ
Семічаснова Н.С.

Вінниця 2024р.

-----

Вх?дні дан? для розрахунк?в

Введіть висоту шпонки
8
Введіть діаметр вала
40
Введіть глибину паза вала
5
Введіть глибину паза втулки
3.3
Результати розрахунк?в

Розрахунок номінального розміру замикальної ланки
L1=8
L2=35
L3=43.3
L0=0.299999
Розрахунок граничних відхилень замикальної ланки
ES0=0.49
EI0=0
Розрахунок допуск?в складових та замикальної ланок
TL0=0.49
TL1=0.49
TL2=0.09
TL3=0.2

-----
Process exited after 33.16 seconds with return value 0
Для продовження натисніть будь-яку клавішу . . .

```

Рисунок 4.8 – Результати розрахунків складових та замикальної ланок

5 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ЗАГОТОВКИ ДЕТАЛІ "ВАЛ"

5.1 Аналіз конструкції та технологічності деталі

5.1.1 Якісний аналіз.

Деталь «Вал-шестерня» є деталлю редуктора та слугує ланкою для передачі крутного моменту. Базується деталь в редукторі по поверхнях $\varnothing 50js6$. Суміжні деталі базуються по поверхні $\varnothing 52js6$. Допоміжними поверхнями, якими деталь спрягається із суміжними деталями є зубчастий вінець з 25 зубців.

Деталь виготовляється з конструкційної сталі 40ХН ГОСТ 4543-71. За своєю формою, конструкції та технологічним ознакам деталь відноситься до класу «Валів».

5.1.2 Кількісний аналіз.

Для визначення технологічності конструкції деталі проведемо кількісного аналіз 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. 2,1),
 Q_e – загальна кількість елементів.

$$K_y = 20/32 = 0,625.$$

Оскільки виконується умова $K_y \geq 0,6$ ($0,625 \geq 0,6$) деталь відноситься до технологічних.

- коефіцієнт шорсткості

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{5,569} = 0,179.$$

Середній клас шорсткості складає:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{0,8 \cdot 2 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 26}{32} = 5,569$$

Таблиця 5.1 – Загальна кількість конструктивних елементів

Лінійний розмір	435	395	325	210	46 _{0,1}	44	40	40	16
Уніфікований розмір	-	-	-	+	-	-	+	+	+
Лінійний розмір	12	5	5	5	5	5	0,5		
Уніфікований розмір	+	+	+	+	+	+	+		
Діаметральний розмір	Ø81	Ø65	Ø52js6	Ø51	Ø50js6	Ø50js6	Ø49	Ø49	R8
Уніфікований розмір	-	-	-	-	+	+	-	-	+
Діаметральний розмір	R1,6	R1,6	R1,6	R1,25	R0,5	R0,5	R0,5		
Уніфікований розмір	+	+	+	-	+	+	+		
Кількість лінійних розмірів 16					Кількість уніфікованих розмірів 16				
Кількість діаметральних розмірів 11					Кількість уніфікованих розмірів 9				

Таблиця 5.2 – Шорсткість поверхонь деталі

Шорсткість	Кількість поверхонь	Розрахунок
0,8	2	0,8·2=1,6
3,2	4	3,2·4=12,8
6,3	26	6,3·26=163,8
Всього:	32	178,2

Деталь технологічна по коефіцієнту шорсткості, тому що виконується перевірка $0,179 < 0,32$ ($K_{ш} < 0,32$).

- коефіцієнт точності

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{12,97} = 0,923.$$

де T_{cp} – середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{6 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 13 \cdot 1 + 14 \cdot 26}{32} = 12,97.$$

Таблиця 5.3 – Квалітети точності поверхонь деталі

Квалітет	Кількість розмірів	Розрахунок
6	3	$6 \cdot 3 = 18$
10	2	$10 \cdot 2 = 20$
13	1	$13 \cdot 1 = 13$
14	26	$14 \cdot 26 = 364$
Всього	32	415

Деталь технологічна по коефіцієнту точності, тому що виконується умова $0,923 > 0,8$ ($K_T > 0,8$).

Оскільки виконуються всі умови, то деталь технологічна.

5.2. Розрахунок розмірів заготовки

Дана деталь – Вал-шестерня випускається в умовах дрібносерійного виробництва, оскільки маса деталі 11,069 кг, а програма випуску $N = 1200$ шт.

Матеріал деталі - сталь 40ХН: легована конструкційна сталь. Сталь 40ХН має досить гарну пластичність, тому виготовляємо заготовку методом пластичної деформації (штампуванням).

Проаналізувавши різні способи виготовлення заготовок можна зробити 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 M для сталі 40ХН – M2.

Визначаємо ступінь складності поковки. Визначаємо масу найменшої простої геометричної фігури, яка описує деталь. Всі габаритні розміри деталі збільшуємо на коефіцієнт $K=1,1$, відповідно $D = 81 \cdot 1,1 = 89,1$ мм, $L = 435 \cdot 1,1 = 478,5$ мм.

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

$$G_{\phi} = \frac{3,14}{4} \cdot (89,1 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 478,5 \cdot 10^{-3} \cdot 7820 = 23,529 \text{ (кг)},$$

$$G_{\Pi} = G_{\phi} \cdot K_p = 11,069 \cdot 1,4 = 15,497 \text{ (кг)},$$

де K_p – коефіцієнт, що залежить від конфігурації деталі [11].

$$C = \frac{G_n}{G_{\phi}} = \frac{15,497}{23,529} = 0,6186.$$

Враховуючи те, що значення коефіцієнта $0,63 > C > 0,32$, тому призначаємо степінь складності С2 [11].

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

Визначаємо вихідний індекс для маси поковки ($20 \text{ кг} > G_{\Pi} = 15,497 \text{ кг}$), марки сталі (сталь 40ХН), ступеня складності та класу точності поковки. Отже для штамповка на ГKM – 15.

Проведемо розрахунок розмірів заготовки

Для розміру $\varnothing 81$:

$$81 + 2,0 \cdot 2 + 0,4 + 0,8 = 86,2 \text{ (мм)};$$

Для розміру $\varnothing 65$:

$$65 + 2,0 \cdot 2 + 0,4 + 0,8 = 70,2 \text{ (мм)};$$

Для розміру $\varnothing 52$:

$$52 + 2,0 \cdot 2 + 0,4 + 0,8 = 57,2 \text{ (мм)};$$

Для розміру $\varnothing 50$:

$$50 + 2,2 \cdot 2 + 0,4 + 0,8 = 55,6 \text{ (мм)};$$

Для розміру 435:

$$435 + 3,0 \cdot 2 + 0,4 + 0,8 = 442,2 \text{ (мм)};$$

Таблиця 5.4 – Вихідні дані штампування на ГKM

Вхідні дані	штамповка на ГKM								
Клас точності	T4								
Марка матеріалу	M2								
Ступінь складності	C2								
Індекс	15								
Конфігурація поверхні роз'єму штампа	П								
	Розрахункові розміри, мм								
Припуски:	Ø81	Ø65	Ø52	Ø50	435	395	325	210	40
Основні	2,0	2,0	2,0	2,2	3,0	2,7	2,7	2,5	2,0
Додаткові: на зміщення по поверхні роз'єму штампа	0,4								
для врахування вигнутості і відхилення від площинності, прямолінійності	0,8								
	Розміри заготовок, мм								
	Ø86,2	Ø70,2	Ø57,2	Ø55,6	442,2	401,9	331,9	216,7	39,8
Допуски: розмірів	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$4,5^{+3,0}_{-1,5}$	$4,5^{+3,0}_{-1,5}$	$4,0^{+2,7}_{-1,3}$	$3,6^{+2,4}_{-1,2}$	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$
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 395:

$$395 + 3,0 + 2,7 + 0,4 + 0,8 = 401,9 \text{ (мм);}$$

Для розміру 325:

$$325 + 3,0 + 2,7 + 0,4 + 0,8 = 331,9 \text{ (мм);}$$

Для розміру 210:

$$210 + 3,0 + 2,5 + 0,4 + 0,8 = 216,7 \text{ (мм);}$$

Для розміру 40:

$$40 + 3,0 - 2,0 - 0,4 - 0,8 = 39,8 \text{ (мм).}$$

Технічні вимоги для штампування на ГKM:

1. Клас точності – T4, група сталі – M2, ступінь складності – C2.
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.

Прокат.

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

Габаритні розміри деталі: зовнішній діаметр Ø81 мм та довжина 435 мм.

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

Припуски на обробку поверхонь заготовки із прокату [12]:

- 1.Точити однократно Ø 81 припуск 1 мм;
- 2.Підрізати торці по розміру 435 припуск 1 мм.

$$81 + 1 \cdot 2 = 83 \text{ (мм)},$$

$$435 + 1 \cdot 2 = 437 \text{ (мм)}.$$

Підбираємо круглий прокат, який би мав такі параметри: зовнішній діаметр – від 83 мм і більше; довжина заготовки від 437 мм і більше.

Приймаємо сортовий прокат – Круг $\frac{\text{В-85 ГОСТ7417-75}}{40\text{ХН ГОСТ4543-2016}}$.

Вибираємо стандартний сортовий круглий прокат Ø85 мм та довжиною штучної заготовки 437 мм.

5.2.2 Оформлення ескізів двох варіантів заготовки

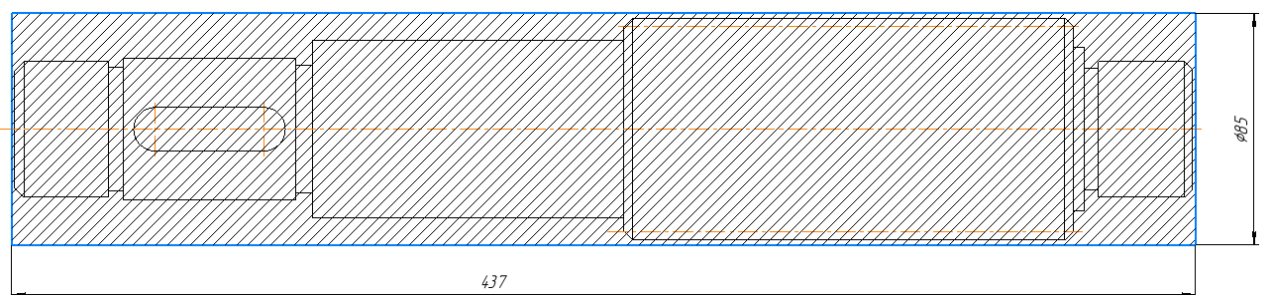


Рисунок 5.1 – Ескіз заготовки виготовленої з прокату

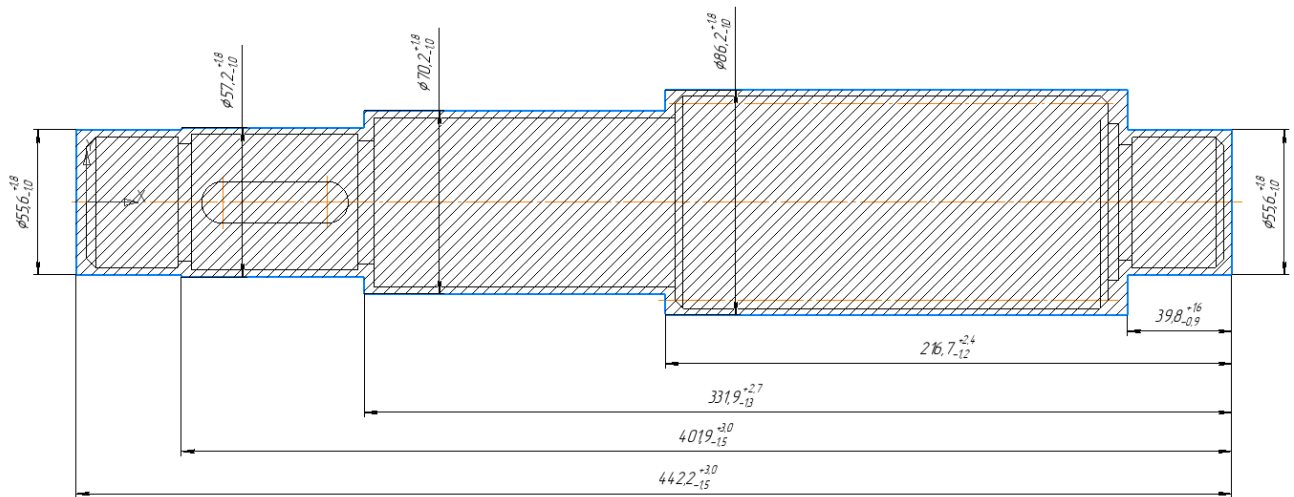


Рисунок 5.2 – Ескіз заготовки виготовленої на ГKM

5.2.3 Розрахунок маси і коефіцієнтів точності маси для двох варіантів заготовки

Проведемо розрахунок маси і коефіцієнта використання матеріалу заготовки.

Для штампування на ГKM:

Матеріал	Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71
Густина	$R_0 = 0.007820 \text{ г/мм}^3$
Маса	$M = 14487 \text{ г}$

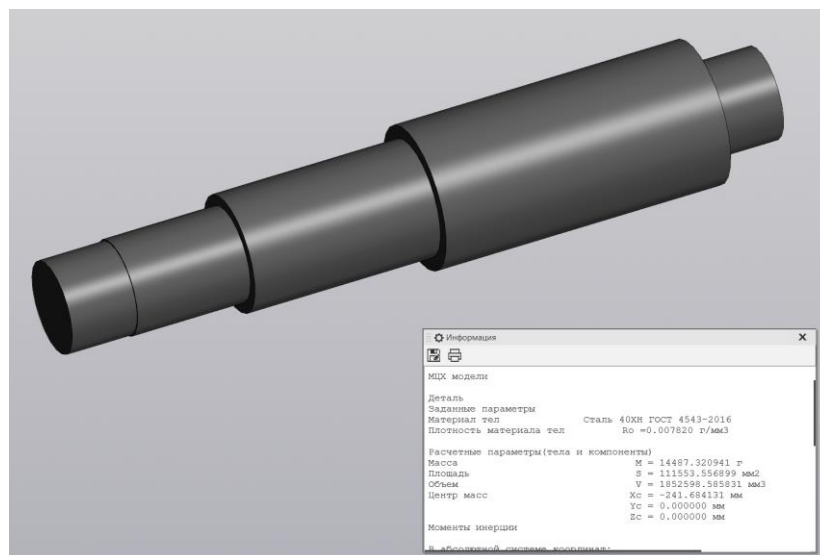


Рисунок 5.3 – 3D модель заготовки виготовленої на ГKM

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки виготовленої на ГKM:

$$M = M_{\text{дет}} / M_{\text{заг}} = 11,069 / 14,487 = 0,657.$$

Для заготовки виготовленої з прокату

Матеріал	Сталь 40ХН ГОСТ 4543-71
Густина	$\rho = 0.007820 \text{ г/мм}^3$
Маса	$M = 19391 \text{ г}$

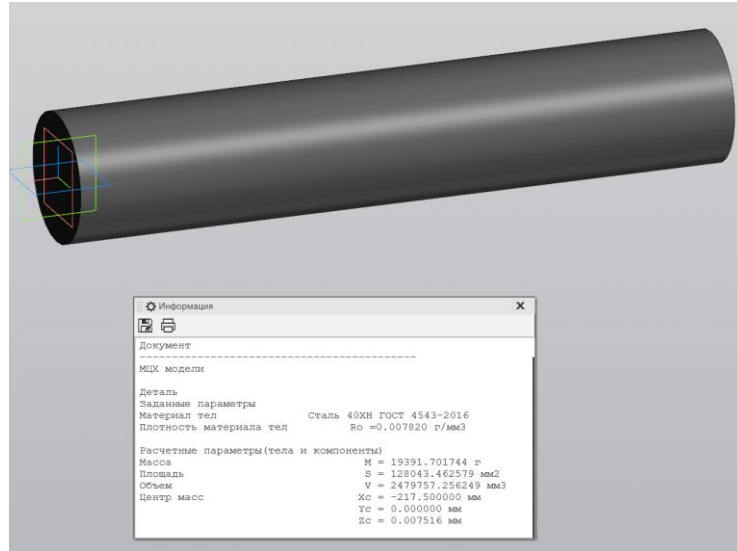


Рисунок 5.4 – 3D модель заготовки виготовленої з прокату

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки виготовленої з прокату:

$$M = M_{\text{дет}} / M_{\text{заг}} = 11,069 / 19,391 = 0,571.$$

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_{Π} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва;

$C_{\text{відх}}$ – вартість 1 т. стружки, для сталі $C_{\text{відх}} = 6000$.

Призначаємо коефіцієнти: $K_T = 1$, $K_M = 1$, $K_C = 1$, $K_B = 1,14$, $K_{\Pi} = 1,0$, $C_{\text{відх}}$ – вартість 1 т. стружки, для сталі $C_{\text{відх}} = 5600$ грн.

Для штампування на ГKM:

$$C_{\text{заг.шт}} = \left(\frac{14,487 \cdot 58000 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,14 \cdot 1}{1000} \right) - \left(\frac{14,487 - 11,069}{1000} \right) \cdot 5600 = 938,74 \text{ (грн.)}$$

Для заготовки з прокату вартість заготовки визначається за формулою:

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

де $C_M = 43000$ грн./т – вартість матеріалу заготовки;

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

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

де $C_{\text{пз}} = 23,48$ грн/год - приведені витрати на заготівельні операції [17];

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

Відрізання

$$T_0 = 0,37 \cdot D^2 \cdot 10^{-3} = 0,37 \cdot 85^2 \cdot 10^{-3} = 2,673 \text{ (хв.)},$$

$$\varphi_k = 1,72$$

$$T_{\text{шт-к}} = T_0 \cdot \varphi_k = 2,673 \cdot 1,72 = 4,597 \text{ (хв.)}.$$

Тоді

$$C_{\text{оз}} = \frac{23,48 \cdot 4,597}{60} = 1,79 \text{ (грн.)}.$$

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

$$C_{\text{пр}} = \frac{19,381}{1000} \cdot 43000 - \left(\frac{19,938 - 11,069}{1000} \right) \cdot 5600 = 783,71 \text{ (грн.)},$$

$$C_{\text{заг.пр}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{оз}} = 783,71 + 1,79 = 785,5 \text{ (грн.)}.$$

Отже, при виготовленні заготовки з допомогою штампування на ГKM собівартість заготовки вище ніж собівартість при виготовленні заготовки з прокату. Тому доцільнішим буде використовувати метод отримання 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 $\varnothing 50js6(\pm 00095)$ визначимо кількість ступенів механічної обробки циліндричної поверхні. Розраховуємо загальне уточнення: допуск заготовки складає 1600 мкм, допуск деталі – 16 мкм. Отже:

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

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

Знайдемо уточнення, яке має бути забезпечене на четвертому переході

$$\varepsilon_4 = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3} = \frac{100}{6 \cdot 4 \cdot 2,5} = 1,67.$$

Допуск технологічного розміру після кожного переходу складатиме:

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

$$T_2 = T_1 / \varepsilon_2 = 0,267 / 4 = 0,067 \text{ (мм)};$$

$$T_3 = T_2 / \varepsilon_3 = 0,067 / 2,5 = 0,027 \text{ (мм)};$$

$$T_4 = T_3 / \varepsilon_4 = 0,027 / 1,67 = 0,016 \text{ (мм)}.$$

Допуск після першого переходу відповідає 11 квалітету точності, після другого – 9 квалітету, після третього – 7 квалітету, після четвертого – 6 квалітету.

Оскільки обробляється зовнішня циліндрична поверхня, то доцільно прийняти способи механічної обробки: попереднє точіння, попереднє точіння, остаточне точіння та шліфування (табл. 5.5).

5.3.2 Вибір (з обґрунтуванням) чистових і чорнових технологічних баз

Чистовими технологічними базами на операції 010 є торці і центрові отвори (рис. 5.4). Згідно принципів технології обробки в першу чергу ми зобов'язані обробити ці базові поверхні на першій операції механічної обробки.

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
$\varnothing 50js6$	100	$\varepsilon = 6 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,67$	11 9 7 6	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне Шліфування
$\varnothing 52js6$	100	$\varepsilon = 6 \cdot 4 \cdot 2,5 \cdot 1,67$	11 9 7 6	Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння попереднє Точіння остаточне

Проаналізуємо наявність похибок базування на оброблювані розміри на 010 операції:

$\varepsilon_{6395}=0$, $\varepsilon_{6325}=0$, $\varepsilon_{6210}=0$, $\varepsilon_{640}=0$ – виконується принцип суміщення баз;

$\varepsilon_{65}=0$, $\varepsilon_{65}=0$, $\varepsilon_{65}=0$, $\varepsilon_{63 \times 45}=0$ – обробка поверхонь за один установ;

$\varepsilon_{650js6}=0$, $\varepsilon_{652js6}=0$, $\varepsilon_{665}=0$, $\varepsilon_{681}=0$, $\varepsilon_{649}=0$, $\varepsilon_{651}=0$ – діаметральний розмір;

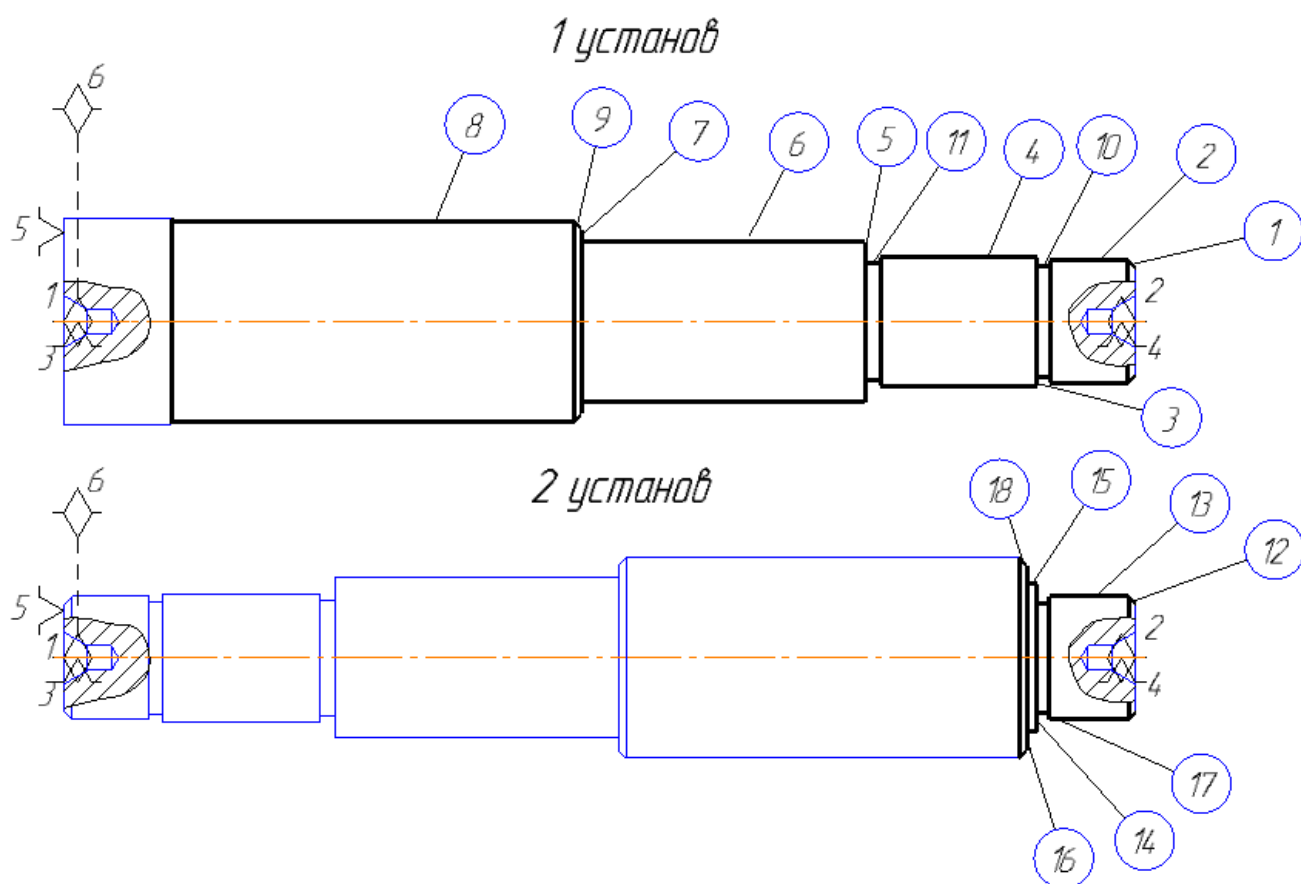


Рисунок 5.4 – Чистові технологічні бази (операція 010)

На 015 операції похибка базування на розміри, що обробляються - відсутня:

$\epsilon_{612}=0$ – виконується принцип суміщення баз;

$\epsilon_{640}=0$ – обробка поверхонь за один установ.

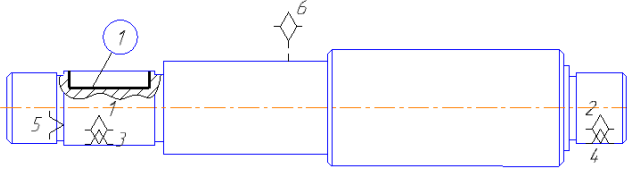
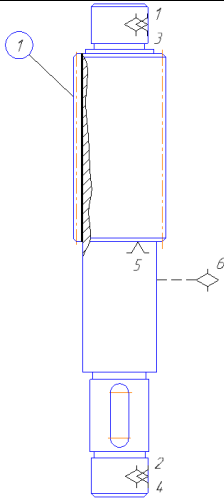
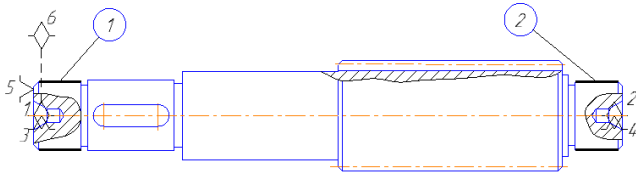
На 025 операції $\epsilon_{650js6}=0$ – діаметральний розмір.

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	2	3	4
005	<u>Фрезерно-центрувальна</u> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати торці 1 та 3 однократно. 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. 3, 5, 6, 7, 8 однократно. 3. Точити пов. 2, 4 попередньо. 4. Точити пов. 4 попередньо та фаски 1, 9 однократно. 5. Точити канавку 10 однократно. 6. Точити канавку 11 однократно. 7. Точити пов. 2 та 4 остаточно. Установ 2 6. Точити пов. 13 попередньо та пов. 14, 15 16 однократно. 7. Точити пов. 13 попередньо. 8. Точити фаски 12 та 18 однократно.		Токарно-гвинторізний з ЧПК 16К20Ф3

Продовження таблиці 5.6

1	2	3	4
	9. Точити канавку 17 однократно. 10. Точити пов. 13 остаточно. 11. Зняти заготовку.		
015	<u>Фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Фрезерувати шпонковий паз 1. 3. Зняти заготовку		Фрезерний верстат з ЧПК 6P13PФ3
020	<u>Зубофрезерна</u> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати зубці на поверхні 1 в розмір згідно ескізу. 3. Зняти заготовку		Зубо- фрезерний верстат 53A80
025	<u>Кругло-шліфувальна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку. 2. Шліфувати пов. 1 та 2 остаточно 3. Зняти заготовку		Кругло- шліфуваль- ний 3K151ВФ20

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 [13], для відповідного розміру за відповідним квалітетом, всі поверхні деталі, що розглядаються, мають 14 квалітет, а заготовка виконується 15 квалітету.

Відповідно:

$$\begin{aligned} T(З_1) &= 2,5 \text{ (мм)}; & T(B_1) &= 2,0 \text{ (мм)}; & T(B_2) &= 1,0 \text{ (мм)}; & T(B_3) &= 2,0 \text{ (мм)}; \\ T(B_4) &= 1,4 \text{ (мм)}; & T(B_5) &= 2,0 \text{ (мм)}; & T(B_6) &= 1,4 \text{ (мм)}; & T(B_7) &= 1,8 \text{ (мм)}; \\ T(B_8) &= 1,15 \text{ (мм)}; & T(B_9) &= 1,0 \text{ (мм)}; & T(B_{10}) &= 0,62 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} K_{1\max} &= 435 \text{ мм}, K_{1\min} = 434 \text{ (мм)}; & K_{2\max} &= 395 \text{ мм}, K_{2\min} = 393,6 \text{ (мм)}; \\ K_{3\max} &= 325 \text{ мм}, K_{3\min} = 323,6 \text{ (мм)}; & K_{4\max} &= 210 \text{ мм}, K_{4\min} = 208,85 \text{ (мм)}; \\ K_{5\max} &= 40,31 \text{ мм}, K_{5\min} = 39,69 \text{ (мм)}. \end{aligned}$$

5.3.4.3 Розмірна схема технологічного процесу

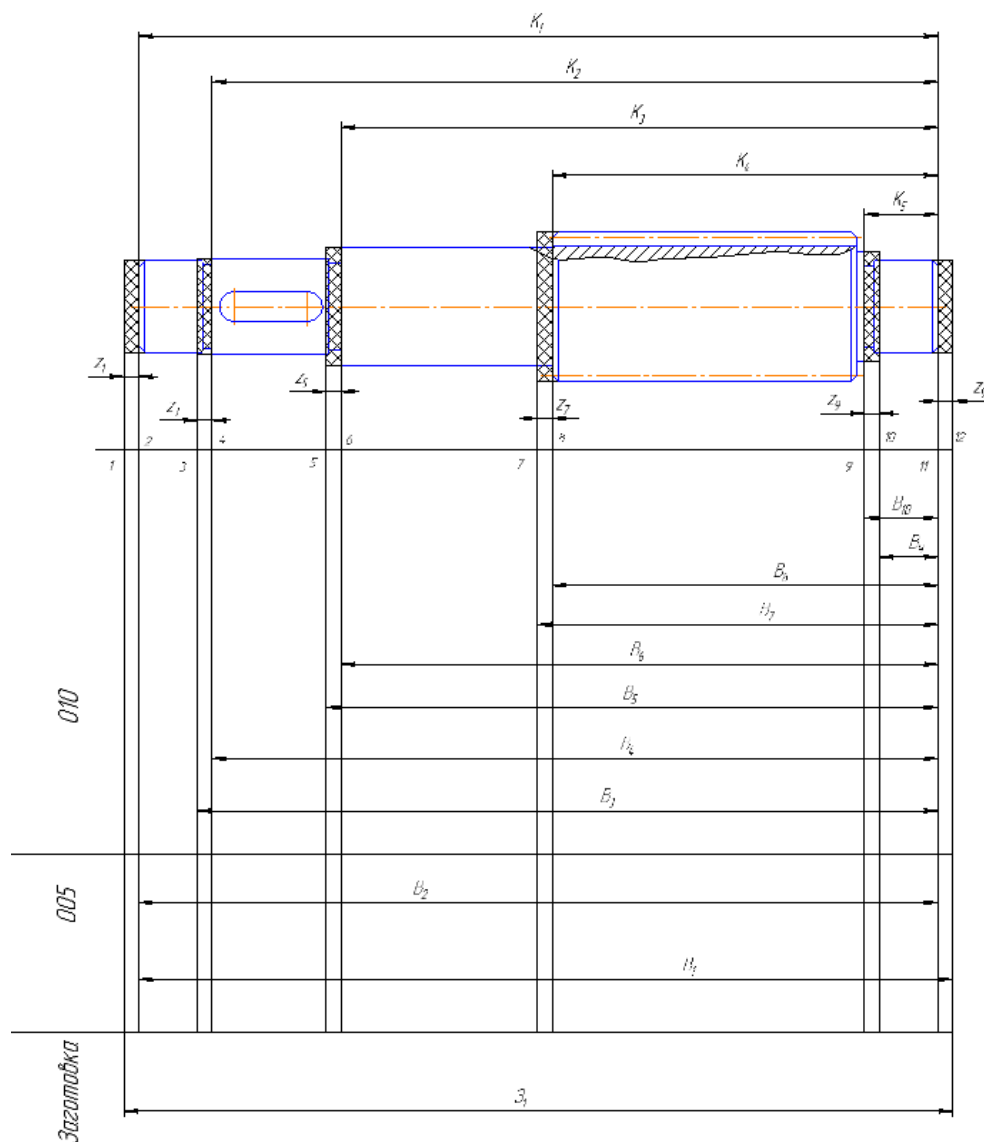


Рисунок 5.5 – Розмірна схема

5.3.4.1 Похідний, вихідний граф-дерева, суміщений граф

Граф, складений із конструкторських розмірів $K_1K_2\dots$ і припусків називається вихідним графом (деревом).

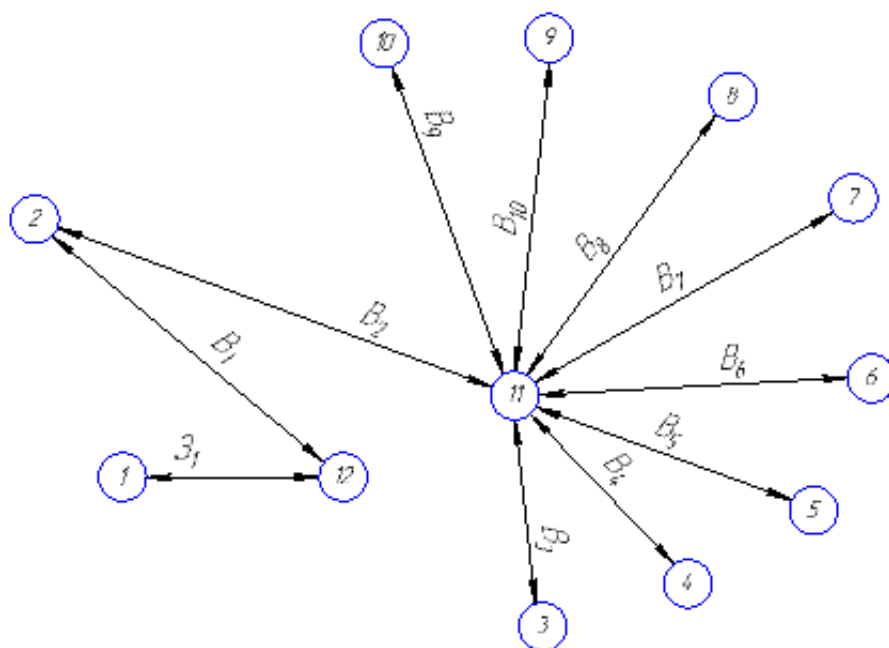


Рисунок 5.6 – Похідне граф-дерево

Граф, складений із технологічних розмірів $V_1V_2\dots$ і розмірів заготовки $Z_1Z_2\dots$ називається вихідним графом.

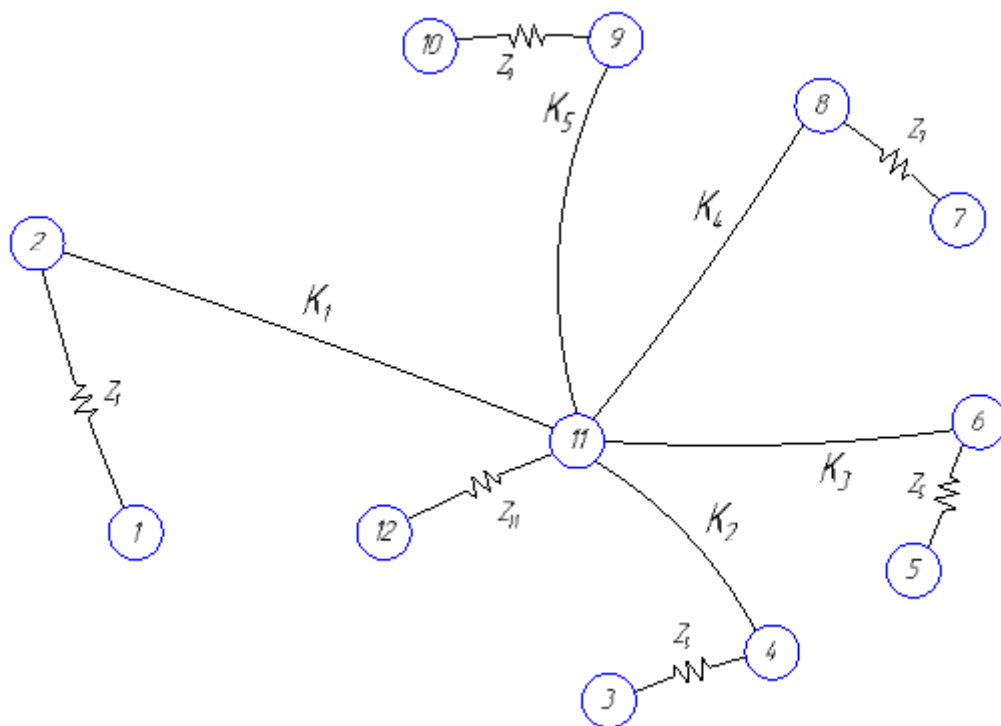


Рисунок 5.7 – Вихідне граф-дерево

Таблиця 5.7 – Рівнянь технологічних розмірних ланцюгів

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

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

$$B_{3\min} = B_{4\max} + Z_{3\min} = 395 + 1,2 = 396,2 \text{ (мм)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + IT(B_3) = 396,2 + 2,0 = 398,2 \text{ (мм)};$$

$$B_3 = 396,2^{+2,0} \text{ (мм)};$$

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

$$Z_{3\max} = 398,2 - 393,6 = 4,6 \text{ (мм)}.$$

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

$$B_{5\min} = B_{6\max} + Z_{5\min} = 325 + 1,0 = 326 \text{ (мм)};$$

$$B_{5\max} = B_{5\min} + IT(B_5) = 326 + 2,0 = 328 \text{ (мм)};$$

$$B_5 = 326^{+2,0} \text{ (мм)};$$

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

$$Z_{5\max} = 328 - 323,6 = 4,4 \text{ (мм)}.$$

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

$$B_{7\min} = B_{8\max} + Z_{7\min} = 210 + 0,8 = 210,8 \text{ (мм)};$$

$$B_{7\max} = B_{7\min} + IT(B_7) = 210,8 + 1,8 = 212,6 \text{ (мм)};$$

$$B_7 = 210,8^{+1,8} \text{ (мм)};$$

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

$$Z_{7\max} = 212,6 - 208,85 = 3,75(\text{мм}).$$

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

$$B_{9\min} = B_{10\max} + Z_{9\min} = 40,31 + 0,6 = 40,91 (\text{мм});$$

$$B_{9\max} = B_{9\min} + IT (B_9) = 40,91 + 1,0 = 41,91 (\text{мм});$$

$$B_9 = 41,41 \pm 0,5(\text{мм});$$

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

$$Z_{9\max} = 41,91 - 39,69 = 2,22 (\text{мм}).$$

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

$$B_{1\min} = B_{2\max} + Z_{11\min} = 435 + 1,2 = 436,2 (\text{мм});$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + IT (B_1) = 436,2 + 2,0 = 438,2 (\text{мм});$$

$$B_1 = 436,2^{+2,0}(\text{мм});$$

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

$$Z_{11\max} = 438,2 - 434 = 4,2(\text{мм}).$$

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

$$Z_{1\min} = B_{1\max} + Z_{1\min} = 438,2 + 1,2 = 439,4 (\text{мм});$$

$$Z_{1\max} = Z_{1\min} + IT (Z_1) = 439,4 + 2,5 = 441,9 (\text{мм});$$

$$Z_1 = 439,4^{+2,5}(\text{мм});$$

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

$$Z_{1\max} = 441,9 - 436,2 = 5,7(\text{мм}).$$

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 $\varnothing 50js6(\pm 0,008)$.

Приймаємо значення Rz і T згідно рекомендацій [15]:

- для заготовки Rz 160 та T = 250 мкм;
- попереднє точіння Rz=T=100 мкм;
- попереднє точіння Rz=T=50 мкм;
- остаточне точіння Rz=20 мкм та 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:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2} \text{ [мкм]}. \quad (5.7)$$

$$\varepsilon_1 = 120 \text{ (мкм)}.$$

Визначаємо похибку установки при повторному попередньому точінні:

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 120 \cdot 0,05 = 6 \text{ (мкм)}.$$

Мінімальний припуск під точіння:

Під попереднє точіння:

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (160 + 250 + 120) = 2 \cdot 530 \text{ (мкм)};$$

Під напівчистове точіння:

$$2Z_{\min 2} = 2(100 + 100 + 6) = 2 \cdot 206 \text{ (мкм)};$$

Під чистове точіння:

$$2Z_{\min 3} = 2(50 + 50) = 2 \cdot 100 \text{ (мкм)};$$

Під шліфування:

$$2Z_{\min 4} = 2(20 + 30) = 2 \cdot 50 \text{ (мкм)}.$$

Після тонкого точіння отримаємо розмір, що вказаний на кресленні:

$$d = 49,992 \text{ (мм)}.$$

Розраховуємо інші розміри по технологічним переходам:

для остаточного точіння:

$$d_3 = 49,992 + 2 \cdot 0,05 = 50,092 \text{ (мм)};$$

для попереднього точіння:

$$d_2 = 50,092 + 2 \cdot 0,1 = 50,292 \text{ (мм)};$$

для попереднього точіння:

$$d_1 = 50,292 + 2 \cdot 0,206 = 50,704 \text{ (мм)};$$

для заготовки:

$$d_{\text{заг}} = 50,704 + 2 \cdot 0,53 = 51,764 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо значення допусків кожного технологічного переходу:

- тонкого точіння (6 квалітет), допуск складає 16 мкм,
- остаточне точіння (7 квалітет), допуск складає 25 мкм,
- попереднє точіння (9 квалітет) допуск складає 62 мкм,
- попереднє точіння (12 квалітет) допуск складає – 250 мкм,
- заготовка (16 квалітет), допуск складає 1600 мкм.

Максимальні граничні розміри:

$$d_{\text{max4}} = 49,992 + 0,016 = 50,008 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max3}} = 50,092 + 0,025 = 50,117 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max2}} = 50,292 + 0,062 = 50,354 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max1}} = 50,7 + 0,25 = 50,95 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max заг}} = 51,7 + 1,6 = 53,3 \text{ (мм)}.$$

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

для шліфування:

$$2Z_{\text{min4}} = 50,092 - 49,992 = 0,1 \text{ мм} = 100 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{max4}} = 50,117 - 50,008 = 0,109 \text{ мм} = 109 \text{ (мкм)};$$

для остаточного точіння:

$$2Z_{\text{min3}} = 50,292 - 50,092 = 0,2 \text{ мм} = 200 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\text{max3}} = 50,354 - 50,117 = 0,237 \text{ мм} = 237 \text{ (мкм)};$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 2} = 50,7 - 50,292 = 0,408 \text{ мм} = 408 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 2} = 50,95 - 50,354 = 0,596 \text{ мм} = 596 \text{ (мкм)};$$

для попереднього точіння:

$$2Z_{\min 1} = 51,7 - 50,7 = 0,8 \text{ мм} = 800 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{\max 1} = 53,3 - 50,95 = 2,35 \text{ мм} = 2350 \text{ (мкм)}.$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 5.8

Виконуємо перевірку правильності виконуваних розрахунків:

$$Z_{\max 2}^{zp} - Z_{\min 2}^{zp} = 0,596 - 0,408 = 0,188 \text{ (мм)}; \delta_1 - \delta_2 = 0,25 - 0,062 = 0,188 \text{ (мм)};$$

$$Z_{\max 3}^{zp} - Z_{\min 3}^{zp} = 0,237 - 0,2 = 0,037 \text{ (мм)}; \delta_2 - \delta_3 = 0,062 - 0,025 = 0,037 \text{ (мм)};$$

$$Z_{\max 4}^{zp} - Z_{\min 4}^{zp} = 0,109 - 0,1 = 0,009 \text{ (мм)}; \delta_3 - \delta_4 = 0,025 - 0,016 = 0,009 \text{ (мм)}.$$

Таблиця 5.8 – Розрахункові значення припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 50js6(\pm 0,008)$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 50js6$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм $2Z_{\min}$	Розрахунковий 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	-	120		51,764	1,6	51,7	53,3		
Точіння попереднє	120	120	-	6	$2 \cdot 530$	50,704	0,25	50,70	50,95	0,8	2,35
Точіння попереднє	50	50	-	-	$2 \cdot 206$	50,292	0,062	50,292	50,354	0,408	0,596
Точіння остаточне	20	30	-	-	$2 \cdot 100$	50,092	0,025	50,092	50,117	0,24	0,237
Шліфування	5	10	-	-	$2 \cdot 50$	49,992	0,016	49,992	50,008	0,1	0,109
Ітого										1,548	3,292

5.3.5.2 Визначення за нормативами проміжних мінімальних припусків і технологічних розмірів на механічну обробку решти циліндричної поверхонь

Використовуючи довідникові дані [15], 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 $\varnothing 52js6(\pm 0,0095)$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 52js6(\pm 0,0095)$	Розрахунковий припуск $2Z_{min}$	Розрах. розмір, мм d_p	Допуск, мм δ	Граничний розмір		Граничні значення	
				dmin	dmax	$2Z_{min}^{np}$	$2Z_{max}^{np}$
Заготовка		55,5105	1,9	55,5	57,4		
Точіння попереднє	$2 \cdot 1200$	53,1105	0,3	53,11	53,41	2,4	3,99
Точіння попереднє	$2 \cdot 300$	52,5105	0,072	52,511	52,583	0,599	0,827
Точіння попереднє	$2 \cdot 160$	52,1905	0,03	52,191	52,221	0,32	0,362
Точіння остаточне	$2 \cdot 100$	51,9905	0,019	51,9905	52,0095	0,2005	0,2115
Сума						4,24	4,844

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 – 16K20Ф3

Ескіз механічної обробки див. табл. 5.6. Вибираємо перехід №3 Точити поверхні 2 та 4 попередньо.

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

Визначаємо глибину різання:

$$t=(D-d)/2=(50,7 - 50,292)/2=0,204 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо подачу: для різців T15K6 з заданими параметрами рекомендується подача $S=0,25-0,4$ мм/об. [18]. 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
 $V_{\text{табл}} = 94^{\text{м/хв.}}$ [18]. 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:

$$n = 1000 \cdot V / \Pi \cdot D = 1000 \cdot 79,9 / 3,14 \cdot 50,292 = 505,96^{\text{об/хв.}}.$$

Враховуючи те, що верстат 16К20Ф3 має безступінчасте керування частотою обертання шпинделя, тому приймаємо $n = 506^{\text{об/хв.}}$.

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. 5.6. Вибираємо перехід №2 Фрезерувати паз 1 однократно.

Обираємо інструмент - кінцева фреза з конічним хвостовиком [16], з твердого сплаву Р6М5, діаметром $D = 16$ мм, загальною довжиною 70 мм, довжиною ріжучої частини 12 мм; числом зубців $Z = 12$.

Визначення припуску на обробку:

$$t = D/2 = 16/2 = 8 \text{ (мм)}.$$

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, $B = 16$ 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:

$$V = \frac{12 \cdot 6^{0,3}}{30^{0,26} \cdot 8^{0,3} \cdot 0,02^{0,25} \cdot 16^0 \cdot 12^0} \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 31,7 \text{ (м/хв)};$$

- визначаємо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 31,7}{3,14 \cdot 16} = 630,97 \text{ (хв}^{-1}\text{)}$$

За паспортними даними верстата 6Р13Ф3 найближчою $n_{пр} = 650$ об/хв.

Уточнюємо швидкість різання:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 650}{1000} = 32,656 \text{ (м/хв.)}$$

- 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:

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 8^{0,85} \cdot 0,02^{0,75} \cdot 16^{1,0} \cdot 12}{16^{0,73} \cdot 650^{-0,13}} \cdot 0,75 = 2209 \text{ (Н)}.$$

- знаходимо величини інших складових сили різання:

$$P_h = 0,3 \cdot P_z = 0,3 \cdot 2209 = 662,7 \text{ (Н)};$$

$$P_y = 0,35 \cdot P_z = 0,35 \cdot 2209 = 773,2 \text{ (Н)};$$

$$P_x = 0,55 \cdot P_z = 0,55 \cdot 2209 = 1215 \text{ (Н)}.$$

- складова, по якій розраховують оправку на згин:

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2} = \sqrt{773,2^2 + 2209^2} = 2340 \text{ (Н)}.$$

- знаходимо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{2209 \cdot 16}{2 \cdot 1000} = 17,672 \text{ (Нм)}.$$

- знаходимо потужність різання:

$$N_v = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{2209 \cdot 32,656}{1020 \cdot 60} = 1,179 \text{ (кВт)}.$$

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	0,8	0,35	630	39,27
3	Центрувати отвір 2 та 4.	1,5	0,09	350	28,27
Операція 010					
2	Точити пов. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 попередньо	0,2	0,3	506	79,9
3	Точити пов. 2, 4 попередньо	0,12	0,25	800	125,6
4	Точити пов. 4 попередньо та фаски 1, 9	0,1	0,25	1000	163,28
5	Точити канавку 10 однократно	0,5	0,2	800	123,09
6	Точити канавку 11 однократно	0,5	0,2	800	128,11
7	Точити пов. 2 та 4 остаточно	0,05	0,2	1200	188,4
8	Точити пов. 13 попер. та 14, 15, 16 остат.	0,2	0,3	506	79,9

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4	5	6
9	Точити пов. 13 попередньо	0,12	0,25	800	125,6
10	Точити фаски 12 та 18 однократно	1,5	0,2	630	98,91
11	Точити канавку 17 однократно	0,5	0,2	800	123,09
12	Точити пов. 13 остаточно	0,05	0,2	1200	188,4
Операція 015					
2	Фрезерувати шпоночний паз 1	8	0,1	800	36,41
Операція 020					
2	Фрезерувати зубці на пов. 1	1,5	1,5	163	43
Операція 025					
2	Шліфувати пов. 1 та 2 однократно	0,025	0,1	1200	188,4

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 підрізання торця визначається за формулою:

$$t_o = T_o = 0,037 (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3}, [\text{хв}] \quad (5.8)$$

Так, наприклад, при виконанні першого переходу маршруту механічної обробки на операції 010, де обробляється торець циліндричної поверхні деталі Ø65:

$$T_{\text{осн. 1}} = 0,037 (D^2 - d^2) \cdot 10^{-3} = 0,037 (65^2 - 52^2) \cdot 10^{-3} = 0,056 (\text{хв}).$$

Аналогічно нормуються всі переходи, дані занесено до таблиці 2.11

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_o \cdot \varphi_k, [\text{хв}] \quad (5.9)$$

де φ_k – коефіцієнт, що визначається типом обладнання. Відповідно штучно-калькуляційний час для операції 010 маршруту механічної обробки складатиме:

$$t_{\text{шт}} = 0,056 \cdot 1,98 = 0,111 (\text{хв}).$$

Аналогічно визначається штучно – калькуляційний час для усіх інших операцій, дані заносимо до таблиці 2.11.

Таблиця 5.11 – Норми основного часу

Операції та переходи	Формула	Розрахункові параметри			T _o , хв.
		D	d	l	
1	2	3	4	5	6
005 – Фрезерно-центрувальна					
Фрезерувати торець 1 однократно	$0,037(D^2 - d^2)$	85	0		0,267
Центрувати отв. 2	0,52 dl	0	10	15	0,083
Всього					0,35
010 – Токарна з ЧПК					
Точити пов. 2 попередньо	0,17 dl		50	40	0,34
Точити пов. 3 однократно	$0,037(D^2 - d^2)$	52	50		0,008
Точити пов. 4 попередньо	0,17 dl		52	70	0,618
Точити пов. 5 однократно	$0,037(D^2 - d^2)$	65	52		0,056
Точити пов. 6 однократно	0,17 dl		65	115	1,271
Точити пов. 7 однократно	$0,037(D^2 - d^2)$	81	65		0,086
Точити пов. 8 однократно	0,17 dl		81	166	2,285
Точити пов. 2 попередньо	0,18 dl		50	40	0,36
Точити пов. 4 попередньо	0,18 dl		52	70	0,655
Точити пов. 4 попередньо	0,18 dl		52	70	0,655
Точити фаску 1 однократно	0,18 dl		50	3	0,027
Точити фаску 9 однократно	0,18 dl		81	3	0,043
Точити канавку 10 однократно	$0,037(D^2 - d^2)$	50	49		0,003
Точити канавку 11 однократно	$0,037(D^2 - d^2)$	52	51		0,004
Точити пов. 2 остаточно	0,2 dl		50	40	0,4
Точити пов. 4 остаточно	0,2 dl		52	70	0,728
Точити пов. 13 попередньо	0,17 dl		50	40	0,34
Точити пов. 14 однократно	$0,037(D^2 - d^2)$	81	60		0,109
Точити пов. 15 однократно	0,17 dl		60	4	0,41
Точити пов. 16 однократно	$0,037(D^2 - d^2)$	60	50		0,041

Продовження табл. 5.11

1	2	3	4	5	6
Точити пов. 13 попередньо	0,18 dl		50	40	0,36
Точити фаску 12 однократно	0,18 dl		50	3	0,027
Точити фаску 18 однократно	0,18 dl		81	3	0,043
Точити канавку 17 однократно	$0,037(D^2 - d^2)$	50	49		0,003
Точити пов. 2 остаточно	0,2 dl		50	40	0,4
Всього					9,272

Таблиця 5.12 – Норми штучно-калькуляційного часу

№ операцій	Основний час t_o , хв.	Коефіцієнт φ_k	Штучно- калькуляційний час $t_{шт}$, хв.
005	0,35	1,84	0,644
010	9,272	1,98	18,358
015	0,42	1,84	0,773
020	7,51	1,66	12,467
025	2,371	2,1	4,979
Всього			$\Sigma t_{шт} = 37,221$

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Аналіз умов праці

В даному проекті, розглядається приміщення де виконувалась робота по розробці програмних застосунків для розрахунку точності елементів та з'єднань вузла редуктора – програмний відділ.

У приміщенні будуть виникати небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що згідно [23] відносять до фізичної і психологічної груп.

До групи фізичних небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносяться:

- підвищений рівень шуму;
- підвищене значення напруги в електричній мережі, замикання якої може відбуватись через тіло людини;
- відсутнє або недостатнє природне освітлення;
- недостатнє освітлення.

Психологічну групу шкідливих і небезпечних виробничих факторів складають:

- фізичні перевантаження(статичні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

Всі вимоги до обладнання, приміщення зводяться до створення умов, які були б безпечними для працюючих, знижували небезпеку контакту людини з небезпечною зоною. Тому обладнання, що використовуватиметься (комп'ютери) повинно бути оснащено запобіжниками і сигналізуючими пристроями.

Особливу увагу слід приділити до вимог безпеки приміщень, які повинні забезпечувати сприятливу виробничу обстановку і ліквідувати пожежну небезпеку. Об'єм приміщення повинен бути таким, щоб на одного працюючого припадало не менше 15 м³, а площа приміщення - не менше 6 м².

Зовнішні стіни приміщення повинні мати таку товщину, при якій виключалась би можливість конденсації вологи на внутрішній поверхні.

До роботи повинний допускатися обслуговуючий персонал, що добре знає пристрій і роботу установки, що комплектує устаткування, електроживлення, вакуумних вимірів, а також технологічний процес, для якого стенд призначений.

Вентиляція повинна бути постачена пиловловлюючим фільтром. Необхідно стежити за своєчасним очищенням пиловловлюючого фільтра.

Профілактичне очищення стінок камери робити пилососом і металевою щіткою.

Паління в таких приміщеннях забороняється.

У приміщеннях, де виробляються роботи, необхідно мати засоби для гасіння пожежі - вогнегасники ОУ - 5 (не менш 2-х шт.).

Для забезпечення умов безпеки роботи і для запобігання неправильних дій обслуговуючого персоналу, що можуть привести до аварії і виходу з ладу устаткування, передбачені блокування.

Додаткові заходи безпеки при роботі з конкретними матеріалами повинні бути зазначені у відповідних технологічних інструкціях з нанесення визначених видів покриття та пайки.

Кожен споживач зобов'язаний (у залежності від конкретних умов) розробити свою інструкцію з техніки безпеки.

Електробезпека

Для живлення обладнання електричним струмом використовують трифазну чотири провідну мережу напругою до 1000В з заземленою нейтраллю, напругою $U = 380/220\text{В}$. Оскільки мають місце такі небезпечні умови, як наявність струмопровідної підлоги (лінолеум), а також є можливість одночасного дотику людини до металевих частин конструкції, то приміщення відносять до приміщень з особливою небезпекою, тому для захисту працюючих від можливого ураження електричним струмом слід передбачити такі заходи:

1. Забезпечити недоступність струмопровідних елементів, що знаходяться під напругою для випадкового дотику. Застосування подвійної ізоляції.
2. Застосовувати занулення обладнання, що може опинитись під напругою.
3. використання систем захисного відключення.

4. Використання малих напруг в лампах місцевого освітлення.

6.2. Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат нормується в залежності від категорії робіт та періоду року, від того постійне чи непостійне робоче місце. Параметри мікроклімату та гігієнічні нормативи в робочій зоні нормуються згідно [18]. Цей стандарт встановлює санітарно-гігієнічні заходи до показників мікроклімату. Мікроклімат характеризується наступними показниками: T - температура повітря, $^{\circ}\text{C}$; I - відносна вологість повітря, %; V - інтенсивність теплового опромінення, $\text{Вт}/\text{м}^2$; - швидкість руху повітря, $\text{м}/\text{с}$. Параметри мікроклімату наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Параметри мікроклімату

Період року	Категорія	Температура t, °C					Відносна вологість,%		Швидкість повітря, м/с	
		Оптимальна	На робочих місцях				Оптимальна	Допустима на	Оптим	Допустима на робочо
			Верхня межа		Нижня межа					
			пост	Не пост	пост	Не пост				
Хол.	Іб	17-19	21	23	15	13	40..60	75	0,2	>0,4
Теп.		20-22	27	29	16	15	40..60	70	0,3	0,2...0,5

Категорія робіт Іб – енерговитрати 200-250 ккал/год (233-290Вт). Норми інтенсивності теплового опромінення беремо з [18] (таблиця 4.2)

Таблиця 6.2 - Норми інтенсивності теплового опромінення

Відсоток опромінення поверх тіла людини	Більше 50	25-50	Менше 25
Допустима інтенсивність теплового опромінення, $\text{Вт}/\text{м}^2$	35	70	100

Концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони не повинна перевищувати встановлених норм.

Для вилучення шкідливих викидів від місць їх виникнення необхідно встановити місцеві відсмоктувачі. Аварійна вентиляція повинна забезпечувати кратність повітрообміну не нижче загальнообмінної. Забороняється працювати у виробничих приміщеннях де виділяються шкідливі речовини при несправній або відключеній вентиляції.

Викиди в атмосферу із системи вентиляції слід розташовувати на відстані від приймальних пристроїв не менше 10 м по горизонталі, або 6 м по вертикалі при цьому горизонтальній відстані менше 10м. Викиди із систем місцевих відсмоктувачів слід розміщувати на висоті не менше 2 м над найвищою точкою кривлі, а викиди аварійної вентиляції - не менше 3 м від рівня землі.

Кількість повітря, необхідного для розчинення шкідливих аерозолів до ГДК при повинна бути не менше $38700 \text{ м}^3/\text{кг}$ при швидкості руху створюваного місцевими витягами $\geq 1,3 \text{ м/с}$. У приміщенні використовується приточно-витяжні системи вентиляції й місцеві витяги. Повітроводи повинні систематично очищатися від пилу, щоб кількість зваженого в повітрі й осілого пилу не могли створити вибухонебезпечні повітряні суміші в об'ємі більш 1% від об'єму приміщення.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані опаленням та загальнообмінною вентиляцією відповідно до вимог [24]; забезпечувати стан повітря згідно з [19].

Для обігріву і створення у приміщеннях показників мікроклімату повинно застосовуватись опалення. Передбачається парова система опалення, яка повинна забезпечувати рівномірне прогрівання повітря в приміщеннях, можливість місцевого регулювання або вимикання, зручність у експлуатації і доступ до ремонту.

6.2.2 Освітлення

Для освітлення приміщення буде використовуватись суміщене освітлення. Природне освітлення буде здійснюватись боковим світлом – через вікна в зовнішніх стінах. Штучне освітлення буде комбінованим. Джерелами загального штучного освітлення будуть газорозрядні лампи, а місцевого – лампи розжарення.

Норми штучного і природного освітлення подано в табл.6.4, а також коефіцієнт природного освітлення для 2-го поясу світлового клімату в залежності від робіт, що виконуються за [20].

Таблиця 6.4 – Показники освітлення

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розрізнення з фоном	Характер фону	Штучне, лм	Природне, %
						Комбін.	Комбін.
Високоточн.	Більше 0,15 до 0,3	2	<i>B</i>	Середн.	Середн.	750	2,5

6.2.3 Шум

Шум нормується за [21]. Основними джерелами шуму є: робота вакуумного насоса, робота електродвигуна і компресора вентиляційної системи, робота силових трансформаторів.

У якості акустичних засобів захисту від шуму застосовуються: засоби звукоізоляції (звукоізоляції огороження, звукоізолюючі кожухи і кабіни, акустичні екрани і перегородки); засоби демпфування (лінійні і нелінійні); глушники шуму (адсорбційні, реактивні, комбіновані); засоби звукопоглинання (звукопоглинаючі облицювання, об'ємні поглинальники звуку), засоби віброізоляції (опори, що віброізолюють, пружні прокладки, конструктивні розриви).

До організаційно-технічних засобів і методів колективного захисту відноситься: застосування мал шумного технологічного процесу; оснащення шумних агрегатів засобами дистанційного керування й автоматичного контролю; застосування мал шумних агрегатів; удосконалювання технології ремонту й обслуговування стенду; використання раціональних режимів праці і відпочинку робітників.

Нормування за [21] рівнів звукового тиску та еквівалентних рівнів звуку на робочих місцях

Рівні звукового тиску наведені таблиці 6.5.

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 еквівалент ні 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

6.2.4 Вібрації

Норми вібрації вибираються за [22].

При роботі працюючий може піддаватися дії вібрації. Загальна вібрація викликає струс всього організму, місцева - окремі частини тіла. Локальної вібрації піддаються працюючі з ручним електричним. Працюючий може піддаватися одночасно впливу загальної і локальної вібрації (“комбінована вібрація”)

Існують наступні види захисту: боротьба в джерелі виникнення боротьба на шляху розповсюдження; засоби індивідуального захисту використовуються додатково (вкладиші в рукавиці, взуття на спеціальних віброзахисних підборах).

Категорія вібрацій наведена в таблиці 6.6. Характеристики вібрацій наведені в таблиці 6.7.

Таблиця 6.6 - Категорія вібрацій

Категорія вібрації по санітарним нормам критерій оцінки	Характеристика умов праці	Приклад джерел вібрацій
Тип «а» Границя зниження рівня виробничої праці	Технологічна вібрація діє на операторів стаціонарних машин і обладнання або на робочі місця від інших джерел вібрації	Верстати, електричні машини, насосні агрегати, вентилятори

Таблиця 6.7 - 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	—	Хл, Ул, Зл	2,0	126	2,0	112
Загальна	3 тип “а”	З ₀ .У ₀ .Х ₀	0,1	100	0,2	92

6.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Роботи повинні проводитися у відповідності зі [23-25], з типовими правилами пожежної безпеки для промислових підприємств.

Категорії виробництв по пожежній небезпеці варто приймати по спеціальних відомчих переліках, затверджених міністерствами у встановленому порядку.

Офісні приміщення відносяться до категорії В виробництв по пожежній і вибуховій небезпеці. Кількість вогнегасників і інших первинних засобів пожежогасіння для таких приміщень повинне вибиратися відповідно до зазначених вище Типовими правилами.

Приміщення повинні бути побудовані з елементів конструкцій по IV категорії протипожежної безпеки (протипожежна стійкість не менш 2 год.).

Характеристики будівлі по вогнестійкості наведено в табл. 6.8 та 6.9

Таблиця 6.8 - Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у год.) і максимальні межі розповсюдження полум'я по них (у см.) для даного ступеня вогнестійкості будівель

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Сходчасті площадки і клітки, косоури	Плити, настили інші несучі конструкції перекритть	Елементи покриття	
	Несучі	Самонесічі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
Па	1/0	0,5/0	0,25/40	0,25/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

Примітка. У чисельнику — межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику - межі розповсюдження полум'я по них.

Таблиця 6.9 - Ступінь вогнестійкості, допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі

	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного		
			Одноповерхових	Багатоповерхових	
				2 поверхи	3 і більше
Г	6	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.	Не обмеж.

Найбільш прийнятним способом пожежогасіння для даного приміщення є спосіб розбавлення. Він полягає у тому, що при концентрації кисню у повітрі до 14-18% горіння припиняється. Досягається це за рахунок введення в повітря інертних газів, головним чином вуглекислого. Вуглекислим газом можна гасити все, включаючи електроустановки, що знаходяться під напругою. Для пожежогасіння використовують рідку вуглекислоту. За рекомендаціями технічних вимог з експлуатації в приміщеннях, де відбуваються роботи, необхідно мати вогнегасники ОУ-5 в кількості не менше 4 шт.

Відстань до евакуаційних виходів для категорії приміщень В та III ступеня вогнестійкості не обмежується густиною людського потоку в загальному проході.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській дипломній роботі «Розробка програмних застосунків для розрахунку точності елементів та з'єднань вузла редуктора» виконаний аналіз застосування стандартних посадок для з'єднань вузла редуктора. Призначено посадки на відповідальні з'єднання вузла редуктора.

Виконані розрахунки основних характеристик перехідних посадок для елементів вузла. Призначені посадки для шпонкових з'єднань вал-шпонка та корпус-шпонка. Виконаний перевірочний розрахунок розмірного ланцюга шпонкового з'єднання.

Розроблені програми в інтегрованому середовищі DeV–C++ для автоматизації розрахунків основних характеристик перехідних з'єднань вузла та розрахунків основних характеристик шпонкового з'єднання. Результати роботи програми підтвердили аналітичні розрахунки, які виконані в програмі.

В технологічній частині виконаний аналіз конструкції і технологічності деталі. Програма випуску деталей 1200шт., виробництво дрібносерійне; спосіб виготовлення заготовки – прокат.

Був розроблений маршрут механічної обробки деталі з використанням 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.

За результатами розрахунків виконані креслення деталі «Вал-шестерня», та креслення заготовки, графічне зображення маршруту механічної обробки деталі та карта налагодження, складальне креслення редуктора, плакат який демонструє запропонований алгоритми розрахунку розмірного ланцюга та самого шпонкового з'єднання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина І: навч. посібн./ Ю.І. Адаменко, та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 164 с.
2. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина ІІ: навч. посібн./ Ю.І. Адаменко, та ін. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 164 с.
3. Допуски і посадки. Частина І: довідник. / Якимчук Г.К та ін. Київ: Основа, 2011. 96 с.
4. Допуски і посадки. Частина ІІ: 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., ТкаченкоА.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.

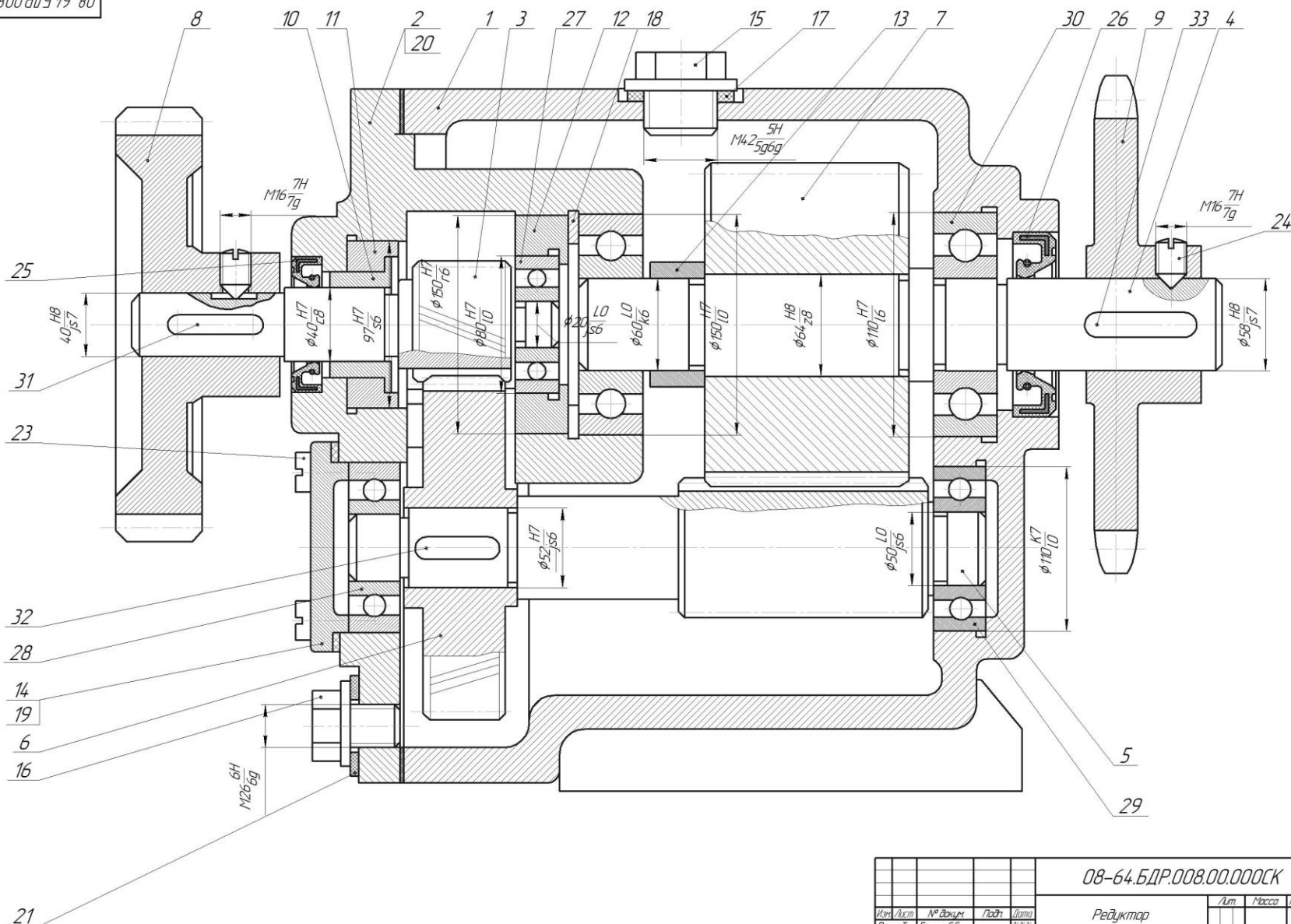
25.ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

Додаток А
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТОЧНОСТІ
ЕЛЕМЕНТІВ ТА З'ЄДНАНЬ ВУЗЛА РЕДУКТОРА

Перв. примеч.		Формат	Знач.	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №						Документація				
					08-64.БДР.008.00.000.СК	Складальне креслення				
						Деталі				
			1	08-64.БДР.008.00.001	Корпус	1				
			2	08-64.БДР.008.00.002	Корпус	1				
			3	08-64.БДР.008.00.003	Вал-шестерня	1				
			4	08-64.БДР.008.00.004	Вал	1				
			5	08-64.БДР.008.00.005	Вал-шестерня	1				
			6	08-64.БДР.008.00.006	Зубчасте колесо	1				
			7	08-64.БДР.008.00.007	Шестерня	1				
			8	08-64.БДР.008.00.008	Зубчасте колесо	1				
			9	08-64.БДР.008.00.009	Зірочка	1				
		Підп. і дата					10	08-64.БДР.008.00.010	Підшипник ковзання	1
					11	08-64.БДР.008.00.011	Втулка	1		
					12	08-64.БДР.008.00.012	Стакан	1		
					13	08-64.БДР.008.00.013	Стакан	1		
					14	08-64.БДР.008.00.014	Криша	1		
					15	08-64.БДР.008.00.015	Пробка	1		
						Стандартні вироби				
	16				Гвинт М5х45 ГОСТ 1491-80	1				
	17				Підшипник 314 ГОСТ 8338-75	1				
	18				Підшипник 319 ГОСТ 8338-75	1				
Підп. і дата				08-64.БДР.008.00.000СК						
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
		Разработ.	Громик С.С.			06.06.24				
		Пров.	Семічаснова Н.С.			06.06.24				
		Н.контр.	Лозінський Д.О.			07.06.24				
		Утв.	Козлов Л.Г.			07.06.24				
		Редуктор (складальне креслення)					Лист	Лист	Листов	
									1	
							ВНТУ, гр. 1ПМ-208			
		Копіював					Формат А4			



					08-64.БДР.008.00.000СК			
Изм/Лист	№ докум	Подп	Дата	Редуктор		Лист	Масса	Насосов
Резерв	Горюха СС		08.08					12
Лист	Семанюков Н С		08.08	Складные крепления				
Технотр.						Лист	Листов	7
Исполн	Левченко М В		08.08	Колеса		ВНТУ, пр 11М-206		
Умб	Козлов АГ		08.08					
				Колеса		Фланец А2		

Додаток Б
(обов'язковий)

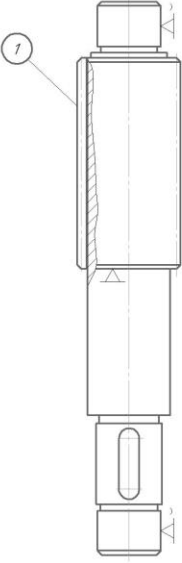
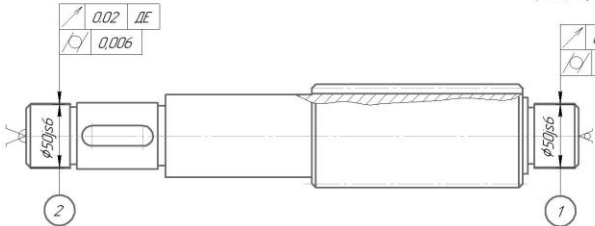
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТОЧНОСТІ
ЕЛЕМЕНТІВ ТА З'ЄДНАНЬ ВУЗЛА РЕДУКТОРА

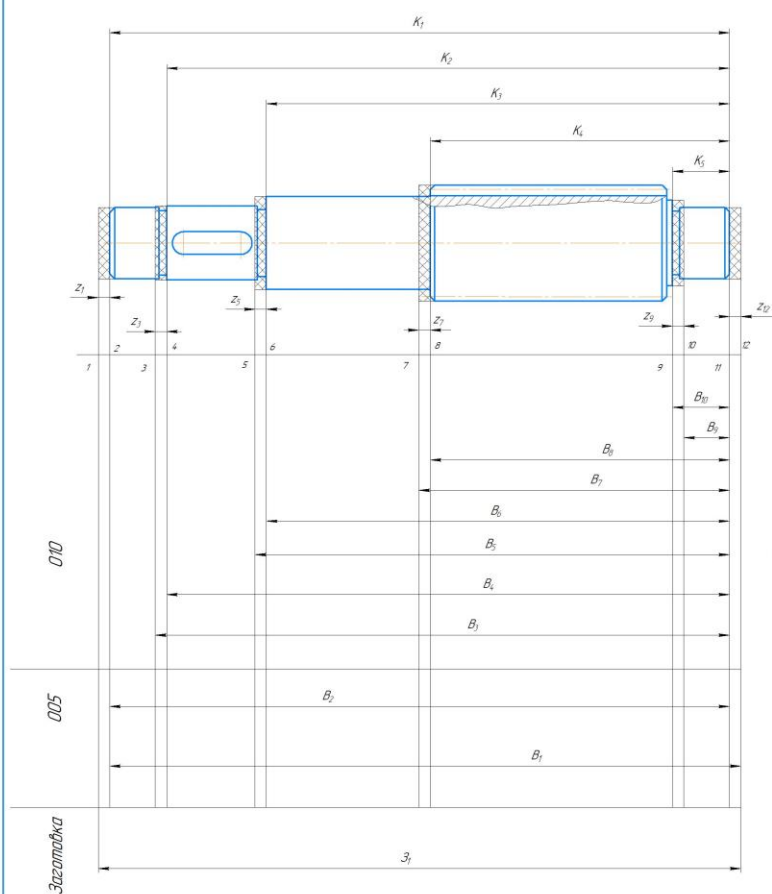
Маршрут механічної обробки (Лист 1)

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схеми установки	Тип обладнання
	<u>Фрезерно-центрувальна</u> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати торці 1 та 3 однократно. 3. Центрувати отв. 2 та 4 4. Зняти заготовку	$\sqrt{Ra\ 6.3}\ (\checkmark)$ H14, h14, $\pm \frac{17}{14}$ / 2	Фрезерно-центрувальний верстат МР-71
010	<u>Токарна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку, закріпити Установ 1 2. Точити пов. 2 в розмір $\phi 50.95_{-0.25}^{+0.025}$, 4 в розмір $\phi 53.41_{-0.3}^{+0.3}$ та пов. 3, 5, 6, 7, 8 однократно. 3. Точити пов. 2 в розмір $\phi 50.354_{-0.062}^{+0.062}$, 4 в розмір $\phi 52.583_{-0.072}^{+0.072}$. 4. Точити пов. 4 розмір $\phi 52.221_{-0.3}^{+0.3}$ та фаски 1, 9 однократно. 5. Точити канавку 10 однократно. 6. Точити канавку 11 однократно. 7. Точити пов. 2 та 4 остаточно. Установ 2 6. Точити пов. 13 в розмір $\phi 50.95_{-0.25}^{+0.025}$ та пов. 14, 15, 16 однократно. 7. Точити пов. 13 в розмір $\phi 50.354_{-0.062}^{+0.062}$. 8. Точити фаски 12 та 18 однократно. 9. Точити канавку 17 однократно. 10. Точити пов. 13 остаточно. 11. Зняти заготовку.	$\sqrt{Ra\ 6.3}\ (\checkmark)$ H14, h14, $\pm \frac{17}{14}$ / 2	Токарно-гвинтаризний верстат з ЧПК 16K20Ф3
015	<u>Фрезерна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку, закріпити 2. Фрезерувати шпонковий паз 1. 3. Зняти заготовку	$\sqrt{Ra\ 3.2}\ (\checkmark)$	Фрезерний верстат з ЧПК 6P13PФ3

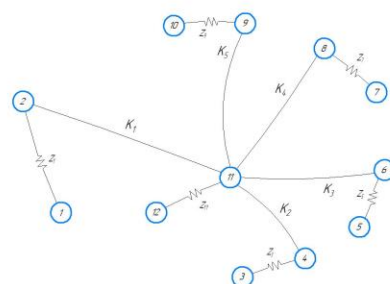
Маршрут механічної обробки (Лист 2)

№ Операції	Операції і переходи	Ескіз та схеми установки	Тип обладнання
020	<u>Зубофрезерна</u> 1. Встановити і закріпити заготовку 2. Фрезерувати зубці на поверхні 1 в розмір згідно ескізу. 3. Зняти заготовку	$\sqrt{Ra\ 3,2}$ (✓)  $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$	Зубофрезерний верстат 53480
025	<u>Кругло-шліфувальна з ЧПК</u> 1. Встановити заготовку. 2. Шліфувати пов. 1 та 2 остаточно 3. Зняти заготовку	$\sqrt{Ra\ 0,8}$ (✓)  $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$	Кругло-шліфувальний ЗК1518Ф20

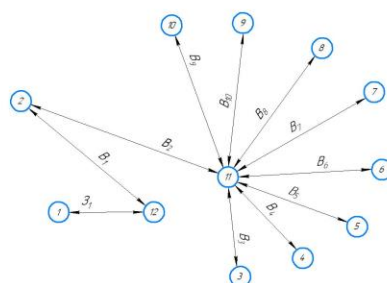
Розмірний аналіз



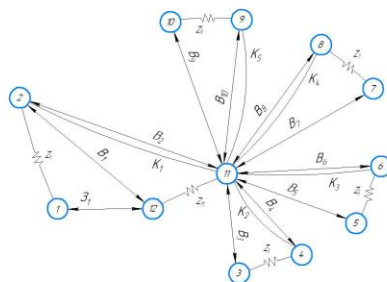
Вихідний граф



Похідний 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	438,2	435	398,2	395	328	325	212,6	210	4191	4031	4419
min	436,2	434	396,2	393,6	326	323,6	210,8	208,85	4091	3969	4394

Таблиця мінімальних і максимальних припусків

	Z_1	Z_3	Z_5	Z_7	Z_9	Z_{11}
$Z_{\max}$, мм	5,7	4,6	4,4	3,75	2,22	4,2
$Z_{\min}$, мм	1,2	1,2	1,0	0,8	0,6	1,2

АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ШПОНКОВИХ З'ЄДНАНЬ

Книга1 - Excel

Файл | Основне | Вставка | Розмітка сторінки | Формули | Дані | Розширення | Подання | Сховати, що потрібно зробити...

Параметри

Параметри	вал Ø40	вал Ø52	вал Ø58	ES,es	EI,ei
Ширина шпонки	12	14	16	0	-43
Ширина паза вала	12	14	16	0	-43
Ширина паза втулки	12	14	16	21,5	-21,5
Висота шпонки	8	9	10	0	+90
Глибина паза вала	5	5	6	0,2	0
Глибина паза втулки	3,3	3,3	4,3	0,2	0

Артикул

Параметри: Ширина шпонки

вал Ø40: 12
вал Ø52: 14
вал Ø58: 16
ES,es: 0
EI,ei: -43

Книга1 - Excel

Файл | Основне | Вставка | Розмітка сторінки | Формули | Дані | Розширення | Подання | Сховати, що потрібно зробити...

Параметри

Параметри	вал Ø40	вал Ø52	вал Ø58	ES,es	EI,ei	TD
Ширина шпонки	12	14	16	0	-43	43
Ширина паза вала	12	14	16	0	-43	43
Ширина паза втулки	12	14	16	21,5	-21,5	0
Висота шпонки	8	9	10	0	-90	90
Глибина паза вала	5	5	6	0,2	0	
Глибина паза втулки	3,3	3,3	4,3	0,2	0	

Розрахунок характеристик посадок

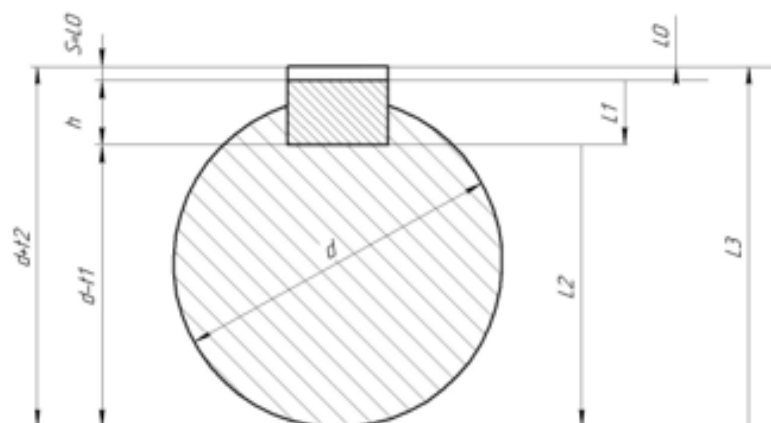
З'єднання шпонка-паз на втулці

З'єднання шпонка-паз на валу

Ø40H7/k6	Ø52H7/js6	Ø58K8/h7

Активация
Перейдите до
активувати Wi

АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ РОЗМІРНОГО ЛАНЦЮГА



Розміри складових та замикальної ланок

$$L_1 = h$$

$$L_2 = d - t_1$$

$$L_3 = d + t_2$$

$$L_0 = L_3 - (L_1 + L_2)$$

Граничні відхилення замикальної ланки

$$ES_0 = ES_3 - (EI_1 + EI_2)$$

$$EI_0 = EI_3 - (ES_1 + ES_2)$$

Перевірочний розрахунок

$$TL_0 = ES_0 - EI_0$$

$$TL_0 = TL_1 + TL_2 + TL_3$$

$$TL_0 = ((ES_1 - EI_1) + (ES_2 - EI_2) + (ES_3 - EI_3))$$

Найменування	Позначення	№ формули	Ø40	Ø52	Ø58
Висота шпонки	L ₁	ф.3.1	8 ^{+0.09}	9 ^{+0.09}	10 ^{+0.09}
Розмір вала без урахуванням глибини паза	L ₂	ф.3.2	35 ^{+0.2}	46 ^{+0.2}	52 ^{+0.2}
Розмір корпусу з урахуванням глибини паза	L ₃	ф.3.3	43,3 ^{+0.2}	56,3 ^{+0.2}	62,3 ^{+0.2}
Розмір замикаючої ланки	L ₀	ф.3.4	0,3	0,3	0,3
Верхнє граничне відхилення замикаючої ланки	ESL ₀	ф.3.5	0,49	0,49	0,49
Нижнє граничне відхилення замикаючої ланки	EIL ₀	ф.3.6	0	0	0
Допуск замикаючої ланки	TL ₀	ф.3.7	0,49	0,49	0,49

```

Вх?дні дані для розрахунку
Введіть висоту шпонки
8
Введіть діаметр вала
40
Введіть глибину паза вала
5
Введіть глибину паза втулки
3.3
Результати розрахунку
Розрахунок номінального розміру замикальної ланки
L1=8
L2=35
L3=43.3
L0=0.299999
Розрахунок граничних відхилень замикальної ланки
ES0=0.49
EI0=0
Розрахунок допуску складових та замикальної ланок
TL0=0.49
TL1=0.09
TL2=0.2
TL3=0.2

```

Акти
Перей
активу

Додаток В
(довідниковий)

Лістинг програми для розрахунку основних характеристик
перехідних посадок

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;

float
D,d,ES,EI,es,ei,Dmax,Dmin,dmax,dmin,Smax,Smin,Sc,TD,Td,Ts,Tsp,Spmax,Spmin,zk,PN,PS,Pn,
Ps,gs,Fzk ;

int main()
{
    setlocale(0, "");
    cout << "-----" << endl << endl;
    cout << "    Вінницький національний технічний університет" << endl;
    cout << "    Факультет машинобудування та транспорту  " << endl;
    cout << "    Кафедра технологій та автоматизації машинобудування" << endl << endl;
    cout << "    Тема: Розрахунок перехідних посадок" << endl << endl;
    cout << "    Виконав студент гр. 1ПМ-206" << endl;
    cout << "    Громик С.С." << endl << endl;
    cout << "    Керівник ст. викладач каф. ТАМ" << endl;
    cout << "    Семічаснова Н.С." << endl << endl;
    cout << "    Вінниця 2024р." << endl << endl;

    cout << "-----" << endl << endl;

    // Вхідні дані для розрахунку
    cout << "Введіть діаметр отвору" << endl;
    cin >> D;
    cout << "Введіть діаметр вала" << endl;
    cin >> d;
    cout << "Введіть верхнє граничне відхилення отвору" << endl;
    cin >> ES;
    cout << "Введіть нижнє граничне відхилення отвору" << endl;
    cin >> EI;
    cout << "Введіть верхнє граничне відхилення вала" << endl;
    cin >> es;
    cout << "Введіть нижнє граничне відхилення вала" << endl;
    cin >> ei;

    // Розрахунок основних характеристик з'єднання
```

```

Dmax=D+ES;
Dmin=D+EI;
dmax=d+es;
dmin=d+ei;
Smax=ES-ei;
Smin=EI-es;
Sc= (Smax+Smin)/2;
TD=Dmax-Dmin;
Td=dmax-dmin;
Ts=TD+Td;

```

//Розрахунок ймовірнісний допуск посадки та ймовірнісні найбільший та найменший зазори

```

Tsp=sqrt(pow(D,2)+pow(d,2));
Spmax=Sc+1/2*Tsp;
Spmin=Sc-1/2*Tsp;

```

// Розрахунок середнього квадратичного відхилення зазору

```

gs=(sqrt(pow(D,2)+pow(d,2)))/6;

```

// Розрахунок верхньої границі інтегрування

```

zk=Sc/gs;

```

// Розрахунок ймовірності отримання натягів та зазорів у з'єднанні

```

cout << "Введіть функцію від zk" << endl;
cin >> Fzk;

```

```

PN=0.5+Fzk;
PS=0.5-Fzk;
Pn=100*PN;
Ps=100*PS;

```

// Результати основних характеристик посадки

```

cout << "Результати основних характеристик посадки" << endl;
cout << "Dmax=" << Dmax << endl;
cout << "Dmin=" << Dmin << endl;
cout << "dmax=" << dmax << endl;
cout << "dmin=" << dmin << endl;
cout << "Smax=" << Smax << endl;
cout << "Smin=" << Smin << endl;
cout << "Sc=" << Sc << endl;
cout << "TD=" << TD << endl;
cout << "Td=" << Td << endl;
cout << "Ts=" << Ts << endl;

```

// Результати розрахунку ймовірності отримання натягів та зазорів у з'єднанні

```
cout << "Результати розрахунку ймовірності отримання натягів та зазорів" << endl;
cout << "Tsp=" << Tsp << endl;
cout << "Spmax=" << Spmax << endl;
cout << "Spmin=" << Spmin << endl;
cout << "PN=" << PN << endl;
cout << "PS=" << PS << endl;
out << "Pn=" << Pn << endl;
cout << "Ps=" << Ps << endl;

return 0;

}
```

Додаток Г (довідниковий)

Лістинг програми для розрахунку розмірного ланцюга шпонкового з'єднання

```
#include <iostream>
#include <cmath>
using namespace std;

const float EI1=-0.09, EI2=-0.2, ES3=0.2;
float d,h,t1,t2,L1,L2,L3,L0,ES0,EI0,TL0,TL1,TL2,TL3,Tl0, ES1,ES2, EI3 ;

int main()
{
    setlocale(0, "");
    cout << "-----" << endl << endl;
    cout << "    Вінницький національний технічний університет" << endl;
    cout << "    Факультет машинобудування та транспорту  " << endl;
    cout << "    Кафедра технологій та автоматизації машинобудування" << endl << endl;
    cout << "    Тема: Розрахунок розмірного ланцюга шпонкового з'єднання" << endl <<
endl;
    cout << "    Виконав студент гр. ІПМ-206" << endl;
    cout << "    Громик С.С." << endl << endl;
    cout << "    Керівник ст. викладач каф. ТАМ" << endl;
    cout << "    Семічаснова Н.С." << endl << endl;
    cout << "    Вінниця 2024р." << endl << endl;

    cout << "-----" << endl << endl;

    // Вхідні дані для розрахунків

    cout << "Вхідні дані для розрахунків" << endl << endl;
    cout << "Введіть висоту шпонки" << endl;
    cin >> h;
    cout << "Введіть діаметр вала" << endl;
    cin >> d;
    cout << "Введіть глибину паза вала" << endl;
    cin >> t1;
    cout << "Введіть глибину паза втулки" << endl;
    cin >> t2;

    //    Розрахунок номінального розміру замикальної ланки

    L1=h;
    L2=d-t1;
```

```

L3=d+t2;
L0=L3-(L1+L2);

```

```
// Розрахунок граничних відхилень замикальної ланки L0
```

```

ES1=0;
ES2=0;
EI3=0;
ES0=ES3-(EI1+EI2);
EI0=EI3-(ES1+ES2);

```

```
// Розрахунок допуску замикальної ланки
```

```
TL0= ES0-EI0;
```

```
// Розрахунок допусків складових ланок
```

```

TL1=ES1-EI1;
TL2=ES2-EI2;
TL3=ES3-EI3;

```

```
// Перевірочний розрахунок
```

```
Tl0=(ES1-EI1)+(ES2-EI2)+(ES3-EI3);
```

```
// Результати роботи програми
```

```
cout << "Результати розрахунків " << endl<< endl;
```

```

cout << "Розрахунок номінального розміру замикальної ланки " << endl<< endl;
cout << "L1=" << L1 << endl;
cout << "L2=" << L2 << endl;
cout << "L3=" << L3 << endl;
cout << "L0=" << L0 << endl;

```

```

cout << "Розрахунок граничних відхилень замикальної ланки " << endl<< endl;
cout << "ES0=" << ES0 << endl;
cout << "EI0=" << EI0<< endl;

```

```

cout << "Розрахунок допусків складових та замикальної ланок " << endl<< endl;
cout << "TL0=" << TL0 << endl;
cout << "Tl0=" << Tl0 << endl;
cout << "TL1=" << TL1 << endl;
cout << "TL2=" << TL2 << endl;
cout << "TL3=" << TL3 << endl;

```

```
return 0;
```

```
}
```

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.

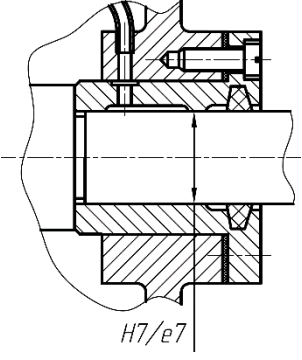
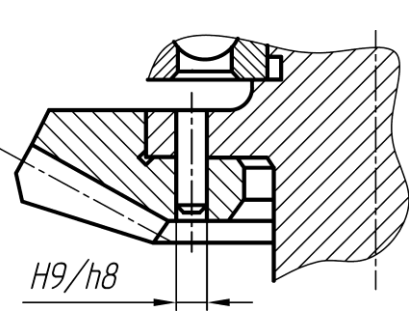
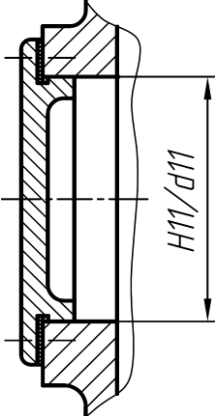
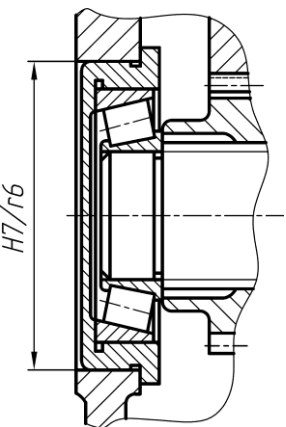
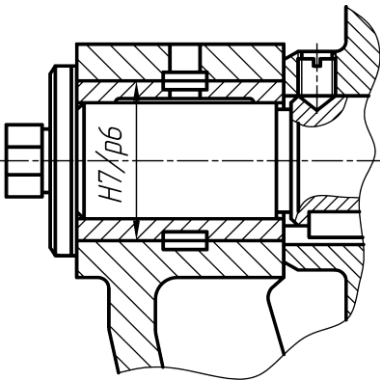
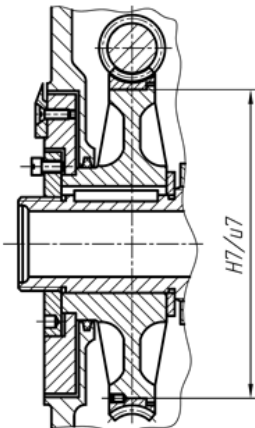
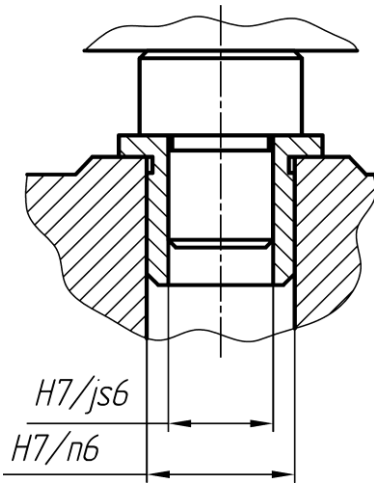
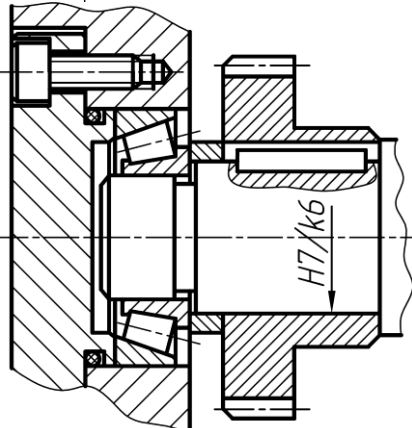
Посадки (H/k , K/h) – найбільш поширеними з перехідних посадок. Ймовірність отримання зазорів та натягів в цих посадках є приблизно однаковою. Такі посадки забезпечують високу точність центрування, і одночасно з'єднання досить легко розбирається під час ремонтів.

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

 $H7/e7$	 $H9/h8$	 $H11/d11$
 $H7/g6$	 $H7/p6$	 $H7/u7$
 $H7/js6$ $H7/n6$	 $H7/k6$	

ДОДАТОК Ж
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Розробка програмних застосунків для розрахунку точності елементів та з'єднань вузла редуктора»

Тип роботи: БДР
(БДР, МКР)

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

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 88,5

Схожість 11,5%

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 _____
(підпис)

Лозінський Д.О.
(прізвище, ініціали)

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

Автор роботи _____
(підпис)

Громик С.С.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Семічаснова Н.С.
(прізвище, ініціали)

