

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Навчально-науковий центр перепідготовки та заочного навчання
Кафедра Технології машинобудування та деревообробки

Допущено до захисту
Завідувач кафедри
Єрошенко А.М. _____
(прізвище, ім'я, по батькові)
" ____ " _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Розробка технологічного процесу складання редуктора кутового та маршруту механічної обробки вала _____
(назва роботи)

Спеціальність 131 – Прикладна механіка _____
освітня-професійна програма «Технології машинобудування» _____
(шифр і назва спеціальності, освітньої програми)

(галузь знань)

Виконавець:
студент гр. _ЗТМ-191 _____
Титенко Дмитро Миколайович _____
(прізвище, ім'я, по батькові,) (підпис)

Керівник:
К.т.н., доцент _____
(посада) (науковий ступінь, вчене звання)
Ігнатенко Павло Леонідович _____
(прізвище, ім'я, по батькові,) (підпис)

Чернігів 2024

Я, Титенко Дмитро Миколайович, підтверджую, що дана робота є моєю власною письмовою роботою, оформленою з дотриманням цінностей та принципів етики і академічної доброчесності відповідно до Кодексу академічної доброчесності Національного університету «Чернігівська політехніка». Я не використовував/ла жодних джерел, крім процитованих, на які надано посилання в роботі.

Дата

Підпис

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «Чернігівська політехніка»

Інститут Навчально-науковий центр перепідготовки та заочного навчання
Кафедра _____ Технології машинобудування та деревообробки _____
Освітній ступінь _____ бакалавр _____
Спеціальність 131 – Прикладна механіка
освітня-професійна програма «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
Єрошенко А.М. _____
“ _____ ” _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Титенко Дмитро Миколайович _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технологічного процесу складання редуктора кутового та маршруту механічної обробки вала

керівник роботи _____ к.т.н., доцент Ігнатенко Павло Леонідович _____,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “18” 03 2024 року № 192-с/ВС

2. Строк подання ЗВО роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____ матеріали переддипломної практики _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____ Згідно методичних вказівок _____

6. Дата видачі завдання _____ 2024 _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів КР	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення із вихідними даними	03.02.2024	
2	Опис роботи та конструкції редуктора кутового, стаціонарного конвеєра та валу	21.02.2024	
3	Функціональний аналіз	02.03.2024	
4	Силовий аналіз вала	15.03.2024	
5	Визначення норм точності редуктора кутового	04.04.2024	
6	Розмірний аналіз редуктора кутового	18.04.2024	
7	Технологічний процес складання	23.04.2024	
8	Розробка кресленика вала	27.04.2024	
9	Визначення технологічних задач та вибір варіантів базування	29.05.2024	
10	Технологічний процес механічної обробки вала	17.05.2024	
11	Опис технологічного обладнання	25.05.2024	
12	Оформлення записки	30.05.2024	
13	Оформлення технологічної графічної частини	02.06.2024	
14	Підготовка до захисту	15.06.2024	

Здобувач вищої освіти

_____ Титенко Д.М. _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Ігнатенко П.Л. _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Навчально-науковий центр перепідготовки та заочного навчання

(повне найменування інституту)

Технологій машинобудування та деревообробки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до випускної кваліфікаційної роботи

бакалавр

(освітній ступінь)

на тему: Розробка технологічного процесу складання редуктора кутового та маршруту механічної обробки вала

Виконав:

здобувач вищої освіти 5 курсу, групи ЗТМ-191
спеціальності 131-Прикладна механіка
(код і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Виконавець Титенко Д.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник Ігнатенко П.Л.
(прізвище та ініціали)

Зав. кафедрою ТМД Єрошенко А.М.

2024 рік

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
				<i>Документація</i>		
A4			<i>КР ЗТМ 191.008.000</i>	<i>Завдання</i>	1	
A4	1		<i>КР ЗТМ 191.008.001</i>	<i>Відомість роботи</i>	1	
A4	2		<i>КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ</i>	<i>Пояснювальна записка</i>	1	
A2	3		<i>КР ЗТМ 191.008.003 СК</i>	<i>Редуктор кутовий</i>	1	
A3	4		<i>КР ЗТМ 191.008.004</i>	<i>Вал</i>	1	
A1	5		<i>КР ЗТМ 191.008.005</i>	<i>Функціональний аналіз</i>	1	
A1	6		<i>КР ЗТМ 191.008.006</i>	<i>Силовий аналіз</i>	1	
A1	7		<i>КР ЗТМ 191.008.007</i>	<i>Розмірний аналіз</i>	1	
A1	8		<i>КР ЗТМ 191.008.008</i>	<i>Схема складання</i>	1	
A1	9		<i>КР ЗТМ 191.008.009</i>	<i>Обґрунтування вибору ТБ</i>	1	
A1	10		<i>КР ЗТМ 191.008.010</i>	<i>Операційні ескізи</i>	2	
A4	11		<i>КР ЗТМ 191.008.011</i>	<i>Комплект технологічної документації</i>	1	

					<i>КР ЗТМ 191.008.001</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розрад.</i>		<i>Титенко Д.М.</i>			<i>Відомість</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркцш</i>	<i>Аркцшів</i>
<i>Перев.</i>		<i>Ізнатенко П.Л.</i>					3	1
<i>Н.контр.</i>		<i>Ізнатенко О.А.</i>			<i>НУЧП</i>			
<i>Затв.</i>		<i>Ерошенко А.М.</i>						

Анотація

Титенко Дмитро Миколайович. Розробка технологічного процесу складання редуктора кутового та маршруту механічної обробки вала. Кваліфікаційна робота бакалавра. Чернігів: НУЧП, 2024 – 73 с., 46 ілюстрацій, 10 таблиць. Графічна частина: 8 аркушів формату А1, 1 аркуш формату А2, 1 аркуш формату А3 .

Досліджено редуктор кутовий, який використовується в конвеєрі, розглянуто його конструкцію, службове призначення та деталь – вал.

Виявлено навантаження, які діють на вал на виконано розрахунки по визначенню небезпечних перерізів та міцності валу під час експлуатацію.

В третьому розділі зроблений розмірний аналіз кутового редуктора.

В четвертому розділі розроблений маршрут складання кутового редуктора.

В п'ятому розділі розроблений маршрут механічної обробки вала.

В шостому розділі наведено інструмент та обладнання, яке використовується при складанні кутового редуктора та при обробці вала кутового редуктора.

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Анотація	<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Титенко Д.М.						4	2
<i>Перевір.</i>	Ігнатенко П.Л.							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	Ігнатенко О.А.							
<i>Затв.</i>	Єрошенко А.М.					НУЧП		

Annotation

Titenko Дмитро Mykolayovich. Development of the technological process of assembling the angular reducer and the route of mechanical processing of the shaft. Bachelor's qualifying work. Chernihiv: IRChNUT, 2024 – 73 pp., 46 illustrations, 10 tables. Graphic part: 8 sheets of A1 format, 1 sheet of A2 format, 1 sheet of A3 format.

The angle reducer used in the conveyor was studied, its design, service purpose and detail - the shaft - were considered.

The loads acting on the shaft have been identified and calculations have been made to determine dangerous sections and the strength of the shaft during operation.

In the third section, a dimensional analysis of the angle reducer is made.

In the fourth chapter, the assembly route of the angle reducer is developed.

In the fifth chapter, the route of mechanical processing of the shaft is developed.

The sixth section lists the tools and equipment used in the assembly of the bevel gear and the machining of the bevel gear shaft.

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		5

Зміст

1. Загальний розділ	8
1.1 Функціональне призначення редуктора кутового та валу	8
1.1.1 Опис конструкції та роботи стаціонарного конвеєра	8
1.1.2 Функціональне призначення стаціонарного конвеєра	10
1.1.3 Опис конструкції та роботи редуктора кутового	11
1.1.4 Функціональне призначення редуктора кутового	14
1.1.5 Функціональне призначення вала	15
1.1.6 Функції поверхонь деталі	16
1.2 Тип виробництва і його організаційна форма	17
1.3 Аналіз технологічності конструкції	18
1.3.1 Технологічний аналіз редуктора кутового	18
1.3.2 Технологічний аналіз кресленика вала	19
2. САЕ-аналіз	22
2.1 Силовий аналіз вала	22
2.2 Оптимізація конструкції вала	25
3. Розмірний аналіз конструкції	26
3.1 Визначення параметрів якості та норм точності редуктора кутового	26
3.2 Вплив недотримання норм точності на функції редуктора кутового	29
3.3 Виявлення складальних розмірних ланцюгів	32
3.4 Розрахунок складальних розмірних ланцюгів	39

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ					
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Зміст			<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Тигенко Д.М							6	2	
<i>Перевір.</i>	Ігнатенко П.Л.									
<i>Реценз.</i>								<i>НУЧП</i>		
<i>Н. Контр.</i>	Ігнатенко О.А.									
<i>Затв.</i>	Єрошенко А.М.									

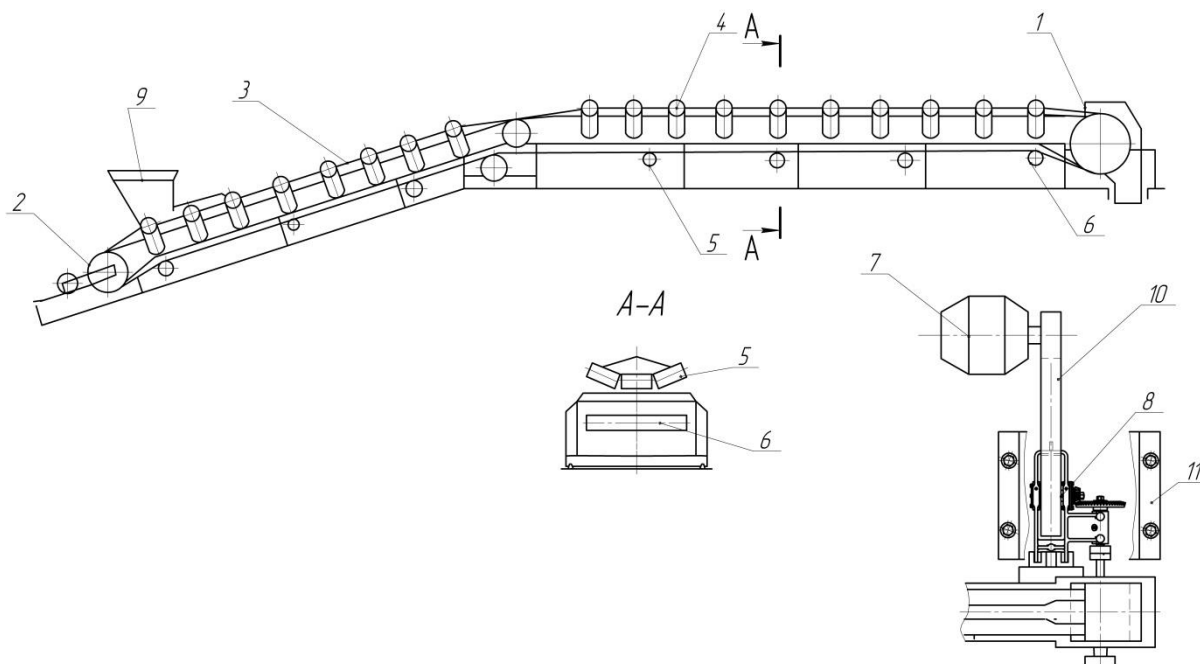
4. Технологічний процес складання вузла	46
4.1 Розробка технологічної схеми складання	46
4.2 Розробка структури технологічного процесу складання	46
4.3 Нормування технологічного процесу складання	
4.4 Визначення організаційних показників	53
5. Технологічний процес механічної обробки деталі	54
5.1 Вибір і проектування вихідної заготовки	54
5.2 Розробка технологічного маршруту механічної обробки деталі	56
5.2.1 Виявлення основних розмірних зв'язків поверхонь деталі	56
5.2.2 Аналіз норм точності плити	56
5.2.3 Основні технологічні задачі	59
5.2.4 Вибір методів і кількості переходів обробки поверхонь	60
5.2.5 Вибір технологічних баз	61
5.2.6 Вибір послідовності обробки поверхонь	68
5.2.7 Розробка структури маршруту обробки	68
6. Технологічне оснащення процесів	76
6.1 Технологічне оснащення операцій механічної обробки плити	76
6.2 Технологічне оснащення для складання	79
Висновки	82
Перелік посилань	83

1. Загальний розділ

1.1 Функціональне призначення редуктора кутового

1.1.1 Опис конструкції та роботи стаціонарного конвеєра

Кутовий редуктор є складовою частиною привода стаціонарного конвеєра (рисунок 1.1).



1 – кінцевий барабан; 2 – кінцевий барабан; 3 – стрічка; 4 – ролик верхній; 5 – ролик нижній; 6 – відклоняючий барабан; 7 – електродвигун; 8 – кутовий редуктор; 9 – воронка; 10 – пас; 11 – кожух.

Рисунок 1.1 – Схема стрічкового конвеєру

Стрічковий конвеєр (рисунок 1.1) складається з двох кінцевих барабанів 1 і 2, які огинає замкнута стрічка 3. Один із приводів являється приводним, а другий – натяжний. Робочий орган даного конвеєра - стрічка.

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Титенко Д.М			Загальний розділ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ігнатенко П.Л.					8	10
Реценз.						НУЧП		
Н. Контр.		Ігнатенко О.А.						
Затв.		Єрошенко А.М.						

Обидві гілки транспортуючої стрічки – верхня, яка транспортує вантаж і нижня, яка вільна – підтримуються від провисання роликками 4 і 5. Для збільшення величини обхвату стрічки у приводного барабану встановлюють огинаючий барабан 6.

Привідний барабан обертається від електродвигуна 7 через пасову передачу 10 і кутовий редуктор 8, який закритий кожухом 11. Для завантаження насипного вантажу на конвеєр встановлюють воронку 9. Матеріал, який був завантажений поступає в приймальну воронку.

Таблиці 1.1 – Технічні характеристики конвеєра [1]

Тип вантажу	Насипний
Тип конвеєра	Стационарний
Робочий орган	Стрічка
Тип стрічки	Жолобчаста
Кут підйому	20°
Номинальна швидкість переміщення стрічки	3,15 м/сек
Частота обертання приводного барабану	95 хв ⁻¹
Ширина стрічки	800 мм
Довжина конвеєра	3000 мм

1.1.2 Функціональне призначення стаціонарного конвеєра

Основна функція:

Ф₀₁ – переміщення насипного вантажу на відстань 3 м

Допоміжні функції:

Ф_{д1} – забезпечення підйому вантажу на кут 20°

Ф_{д2} – забезпечення переміщення насипного вантажу зі швидкістю 3.15 м/сек

Ф_{д3} – забезпечення довговічності

Ф_{д4} – забезпечення надійності

Ф_{д5} – забезпечення вимог ергономічності

Стационарний конвеєр призначений для переміщення насипних вантажів під кутом 20° на певній ділянці на відстань 3 м, в нашому випадку конвеєр використовується в харчовій промисловості, а саме на виробництві кондитерських виробів для переміщення цукерок.

Допустимий максимально проєктний кут нахилу конвеєру з гладкою прорезиненою стрічкою складає 20° .

Швидкість переміщення стрічки складає 3,15 м/сек, частота обертання барабана 95 хв^{-1} . Ширина стрічки 800 мм, відстань на якій транспортується вантаж – 3 м. Нахилена частина конвеєра складає – $1/3$ від загальної довжини конвеєра (1 м).

Режим роботи – постійний, середовище – неагресивне. Температура в цеху - $25^\circ \pm 5^\circ \text{C}$, вологість $70 \pm 5\%$.

Строк служби стрічки – 2,5 роки. Строк служби конвеєра – 8 років. Огляд проводити кожні – 300 години роботи обладнання. Експлуатації конвеєра в дві зміни.

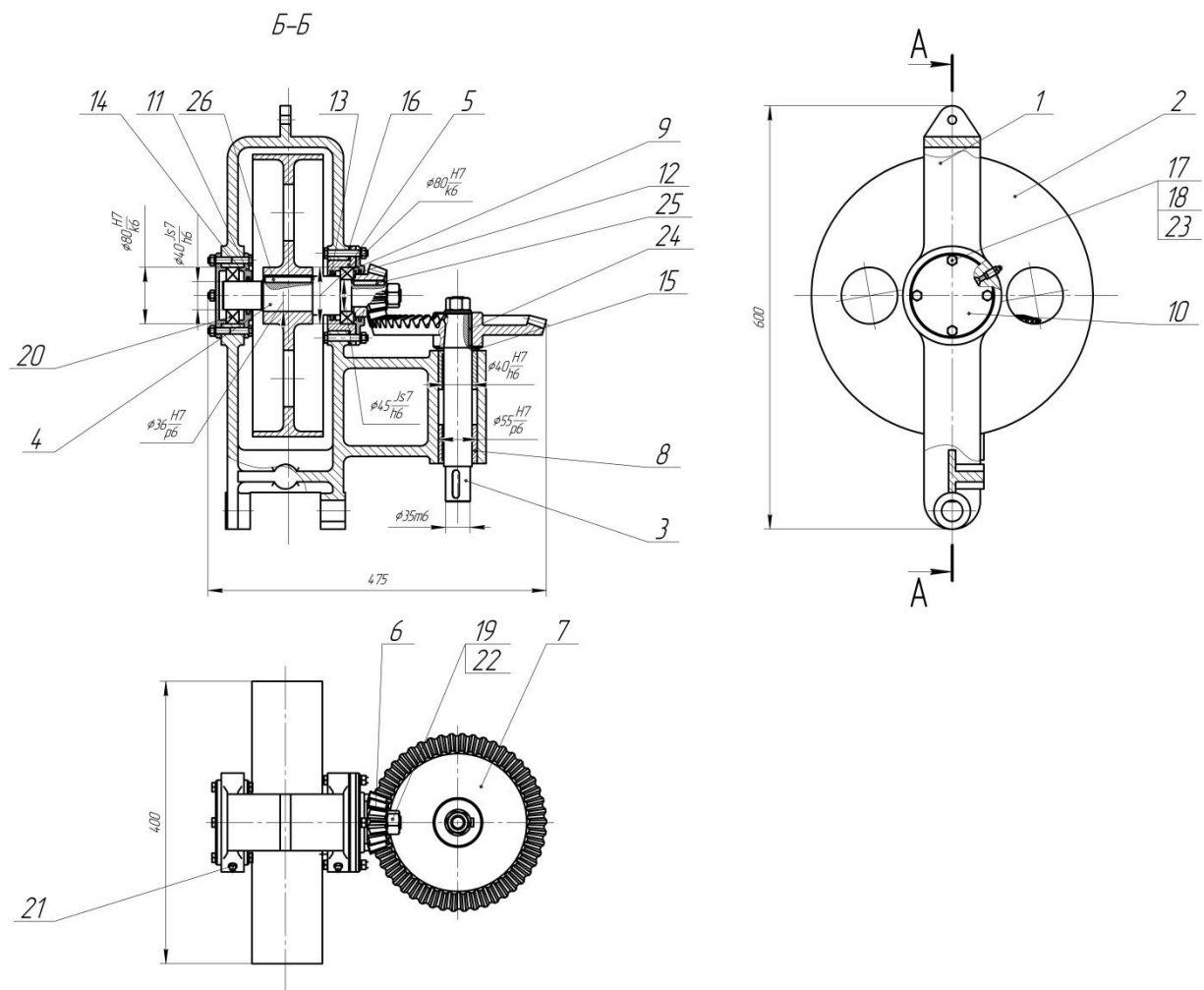
1.1.3 Опис конструкції та роботи редуктора кутового

Даний кутовий редуктор – механізм для зменшення кутової швидкості при передачі обертання від електродвигуна (через пасову передачу) до валу приводного барабану (рисунок 1.2).

В корпус редуктора 1 із внутрішньої сторони в отвір $\text{Ø}80\text{H}7$ мм і із зовнішньої сторони в отвір $\text{Ø}100\text{H}7$ мм встановлені відповідно кришка 11 і корпус підшипника 5. Між приливом на корпусі 1 і фланцем деталі 5 передбачена прокладка 16.

Вал 4 разом із шківом 2, який посаджений на шпонці 26 до упору в торець вала, обертається в підшипниках 20. Лівий підшипник встановлений до упору в кришку 11, а правий до упору в корпус підшипника 5. Із зовнішньої сторони підшипники підпираються кришками 9 і 10. Кришки 11, 10 і 9 кріпляться до корпусу болтами 17 з гайками 18 і шайбами 23. В деталях 5, 11 і 9 передбачено канавки для ущільнюючих кілець 12, 13 і 14

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		10



1 – корпус ; 2 – шків; 3 – вал тихохідний; 4 – вал швидкохідний; 5 – кришка підшипника; 6 – шестерня; 7 – зубчасте колесо; 8 - втулка ; 9 – кришка; 10 – кришка; 11 – кришка; 12 – Сальникове кільце; 13 – сальникове кільце; 14 – сальникове кільце; 15 – кільце; 16 – прокладка; 17 – болт; 18 – гайка М8; 19 – гайка М20; 20 – кульковий підшипник; 21 – маслянка; 22 – шайба; 23 – шайба пружинна; 24 – шпонка; 25 – шпонка; 26 – шпонка

Рисунок 1.2 –Редуктор кутовий

На виступаючий із корпусу кінець валу 4 зі шпонкою 25 насаджена шестерня 6 до упору у підшипник 20 і закріплена гайкою 19 і шайбою 22. В зчепленні з шестернею 6 знаходиться зубчасте колесо 7, яке насажене на вал 3 із шпонкою 24. Колесо 7 закріплене на валу 3 гайкою 19 із шайбою 22. Вал 3 обертається у втулках 8, які запресовані з обох боків в отвір $\text{Ø}55\text{H}7$ мм в

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.
-----	------	----------	--------	------

корпус 1, так щоб змащувальні канавки в них виходять в отвір Труб $\frac{1}{4}$ в корпусі 1. Між ступецею колеса 7 і корпусом 1 встановлено компенсуючі кільця 15, які забезпечують надійність зчеплення.

В корпусі 1 в наявності три отвори Труб $\frac{1}{4}$ для маслянок 21. Провушини з отворами $\varnothing 30$ мм передбачені для кріплення редуктора до станини машини. Обертання від двигуна передається через фрикційний шків 2 на вал 4 редуктора, а вал 3 приводить в рух виконавчий механізм.

Таблиці 1.2 – Технічні характеристики кутового редуктора

Частота обертання тихохідного валу	95 хв ⁻¹
Частота обертання швидкохідного валу	314 хв ⁻¹
Крутний момент на швидкохідному валу	45Нм
Крутний момент на тихохідному валу	160Нм
Передаточне відношення	3,33
ККД	0,9

1.1.4 Функціональне призначення редуктора кутового

Ф₀₁ – забезпечення збільшення крутного моменту та зменшення частоти обертання, яка передається із пасової передачі на барабан конвеєра.

Допоміжні функції:

Ф_{д1} – забезпечення передачі частоти обертання на кут $90^\circ \pm 1^\circ$.

Ф_{д2} – забезпечення частоти обертання тихохідного валу 95 хв⁻¹

Ф_{д3} – забезпечення крутного моменту на тихохідному валу 160 Нм

Ф_{д4} – забезпечення передаточного відношення 3.33

Ф_{д5} – забезпечення довговічності

Ф_{д6} – забезпечення надійності

Ф_{д7} – забезпечення вимог ергономічності

Редуктор кутовий призначений для зменшення швидкості обертання та підвищення крутного моменту на вихідному валу. Вісі шестерні і зубчастого колеса повинні бути під кутом $90^\circ \pm 1^\circ$.

Крутний момент на тихохідному валу $T_H=160$ Н·м, частота обертання тихохідного валу $n_{ш}=95$ хв⁻¹, ККД редуктора $\eta=0,9$, передавальне відношення $u=3,33$.

Режим роботи – постійний, середовище – неагресивне. Температура в цеху - $25^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$, вологість $70\pm 5\%$.

Огляд проводити кожні – 300 години роботи обладнання. Експлуатації редуктора в дві зміни.

Змащування зубчастої передачі відбувається пластичним мастилом Солідол-С ГОСТ 4366-79. Для змащування підшипників кочення використовують індустріальне мастило ІПП-114 за ТУ 38.101413-97, подача мастила відбувається від капельних маслянок. Для змащування підшипників ковзання використовують пластичне мастило Солідол-С ГОСТ 4366-79.

Степінь точності зубчастих коліс – 8-Х (ГОСТ 1758-56).

Для безпеки експлуатації зовнішні поверхні редуктора не повинні мати гострих кромки та необхідно редуктор закрити кожухом.

1.1.5 Функціональне призначення валу

Задана деталь – вал. Матеріал – Сталь 45Х ГОСТ 4543-71.

Ф₀₁ – забезпечення передачі зусилля обертання з переносом вздовж вісі від шківів на зубчасте колесо

Допоміжні функції:

Ф_{д1} – базування шківів та зубчастого колеса

Ф_{д2} – надання зубчастому колесу частоти обертання 314 хв⁻¹ та крутного моменту 45 Нм

Ф_{д3} – гасіння вібрацій

Ф_{д4} – забезпечення плавності роботи редуктора кутового

Ф_{д5} – забезпечення довговічності

Ф_{д6} – забезпечення надійності

Ф_{д7} – забезпечення вимог ергономічності

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		13

Даний вал в редукторі швидкохідний, він сприймає частоту обертання 314 хв^{-1} та крутний момент 45 Нм.

Вал базується на два підшипники кочення. На вал встановлюється шків, з якого сприймає навантаження та зубчасте колесо (на яке передається зусилля обертання).

Режим роботи – постійний, середовище – неагресивне. Температура в цеху - $25^{\circ}\pm 5^{\circ}\text{C}$, вологість $70\pm 5\%$.

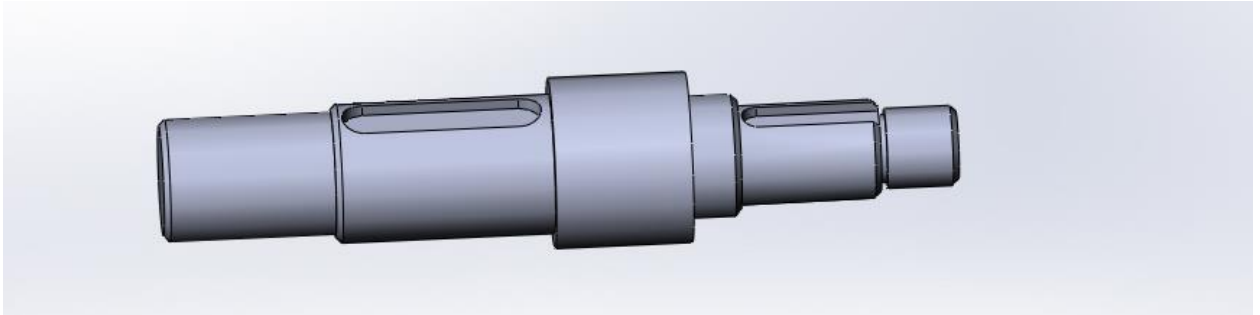


Рисунок 1.3 – Тривимірна модель валу

1.1.6 Функції поверхонь деталі

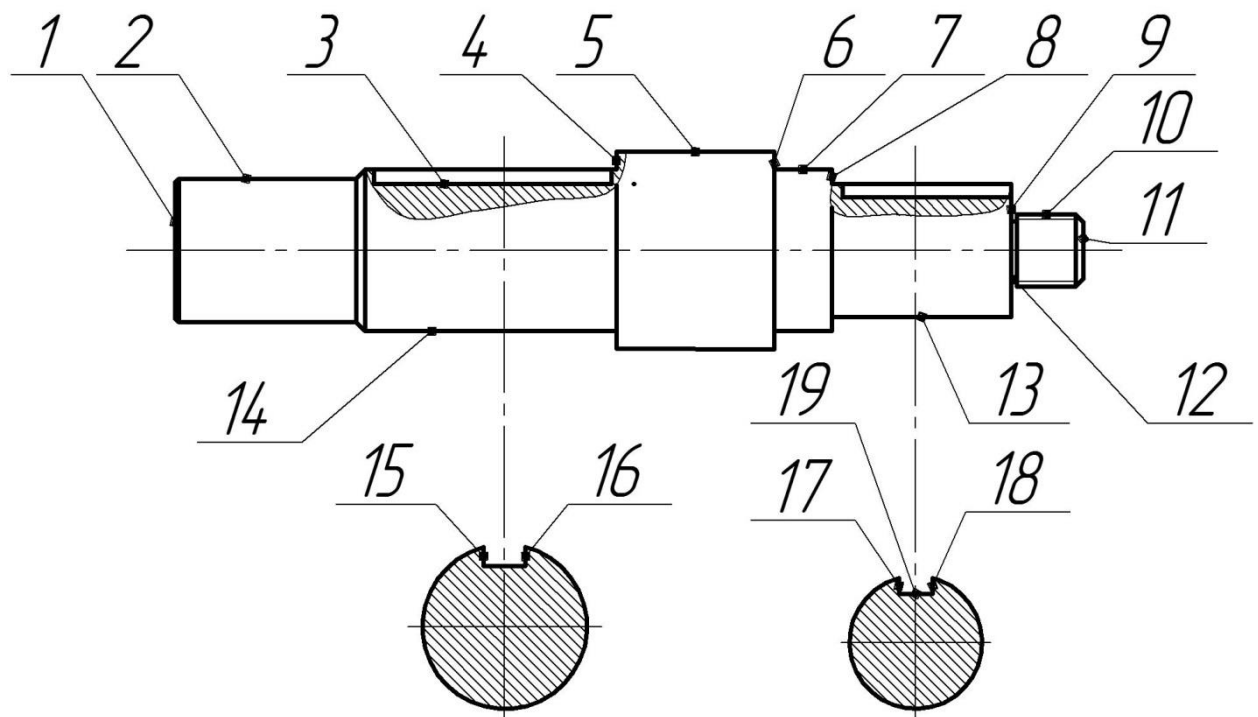


Рисунок 1.4 – Поверхні валу

Ескіз валу із позначенням поверхонь наведено на рисунку 1.4.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

Таблиця 1.3 – Види поверхонь валу

Вид поверхні	Пояснення	Номер поверхні
Основна база	Базує вал в редукторі кутовому	2, 7, 6
Виконавча поверхня	Забезпечує передачу крутного моменту (Ф ₀₁)	16, 17
Виконавча поверхня	Забезпечує базування шківів (Ф _{д1})	14, 4
Виконавча поверхня	Забезпечує базування зубчастого колеса (Ф _{д1})	13
Допоміжна база	Визначає положення шківів	14, 4
Допоміжна база	Визначає положення кільця	5
Допоміжна база	Визначає положення шайби	9
Допоміжна база	Визначає положення гайки	10
Допоміжна база	Визначає положення зубчастого колеса	13
Допоміжна база	Визначає положення	
Допоміжна база	Визначає положення	

1.2 Тип виробництва і його організаційна форма

Річна програма випуску – $N_p = 200$ шт./рік, коефіцієнт закріплення $K_{zo} = 35$. Тип виробництва – дрібносерійне.

Місячна програма випуску:

$$N_M = \frac{N_p}{24}, \quad (1.1)$$

де N_p — річна програма випуску редуктора кутового; $N_p = 200$ шт./рік

24 — добуток кількості місяців (12) на кількість робочих змін на добу (2);

$$N_M = \frac{200}{24} = 8,33 \text{ шт}$$

Величина партії:

$$n_p = \frac{P_H \cdot N_M}{22}, \quad (1.2)$$

де P_H — нормативне значення періодичності повторення партії виробів, днів., $P_H = 22$ днів

$$n_p = \frac{22 \cdot 8,33}{22} = 8,33$$

Приймаємо $n_p=10$ шт.

Складання редуктора кутового проводиться на одному верстаку, тобто складання стаціонарне. Деталі редуктора кутового подаються до місця складання.

1.3 Аналіз технологічності конструкції

1.3.1 Технологічний аналіз редуктора кутового

Технологічні показники

1. Складання редуктора кутового без виконання припасувальних робіт.
2. Під час регулювання відсутня необхідність розбирання редуктора кутового.
3. Під час складання редуктора механічна обробка відсутня
4. Кількість деталей невелика
5. Більшість деталей редуктора кутового простої конструкції
6. Використовується стандартизовані деталі (рівень стандартизації достатній).

Нетехнологічні характеристики:

1. Корпус складної конструкції, і при необхідності потрібно буде лише його повна заміна, однак вносити змін не будемо.

Конструкція редуктора кутового технологічна.

1.3.2 Технологічний аналіз кресленника вала

Деталь типу – тіло обертання (вал).

Технологічні показники

1. Зручні бази для закріплення під час механічної обробки (центрові отвори).
2. Термічна обробка не проводиться.
3. Доступ до всі оброблених поверхонь неускладнений.
4. Деталь достатньо жорстка
5. Невеликий перепад діаметрів.
6. Шпонкові пази знаходиться в одній площині

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		16

7. Точність деталі та шорсткість поверхонь можна отримати на верстатах нормальної точності
8. Специфічні вимоги відсутні
9. Отвори на циліндричних поверхнях відсутні.
10. Інструмент підводиться та відводиться із зони обробки вільно.

Плита не технологічна за наступними ознаками:

1. Наявний концентратор напруги необхідний для вільного відводу ріжучого інструменту, тому відмовлятися від нього не будемо.

Отже, вал технологічний.

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		17

2. CAE-аналіз

2.1 Силовий аналіз валу

На вал під час роботи редуктора діє на поверхні (торці) шпонкових пазів колова сила. Яка визначається за формулою:

$$F_t = \frac{2000 \cdot T}{d} \quad (2.1)$$

T – крутний момент на валу, $T = 45 \text{ Н} \cdot \text{м}$

d – діаметр шківів, $d = 400 \text{ мм}$

$$F_t = \frac{2000 \cdot 45}{400} = 225 \text{ Н}$$

На рисунку 2.1 зображено місця де прикладено сили та закріплення валу.

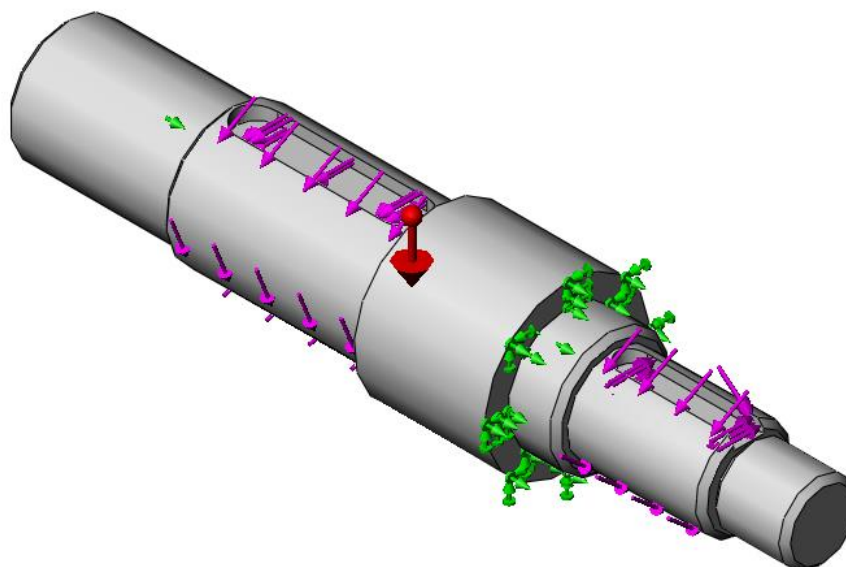


Рисунок 2.1 – Вал із прикладеними силами та закріпленням
Аналіз проводиться в Solidworks, результати наведені у вигляді епюр.

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	CAE-аналіз вакуум-насосу	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Титенко Д.М.					18	4
Перевір.		Ігнатенко П.Л.						
Реценз.								
Н. Контр.		Ігнатенко О.А.						
Затв.		Єрошенко А.М.				НУЧП		

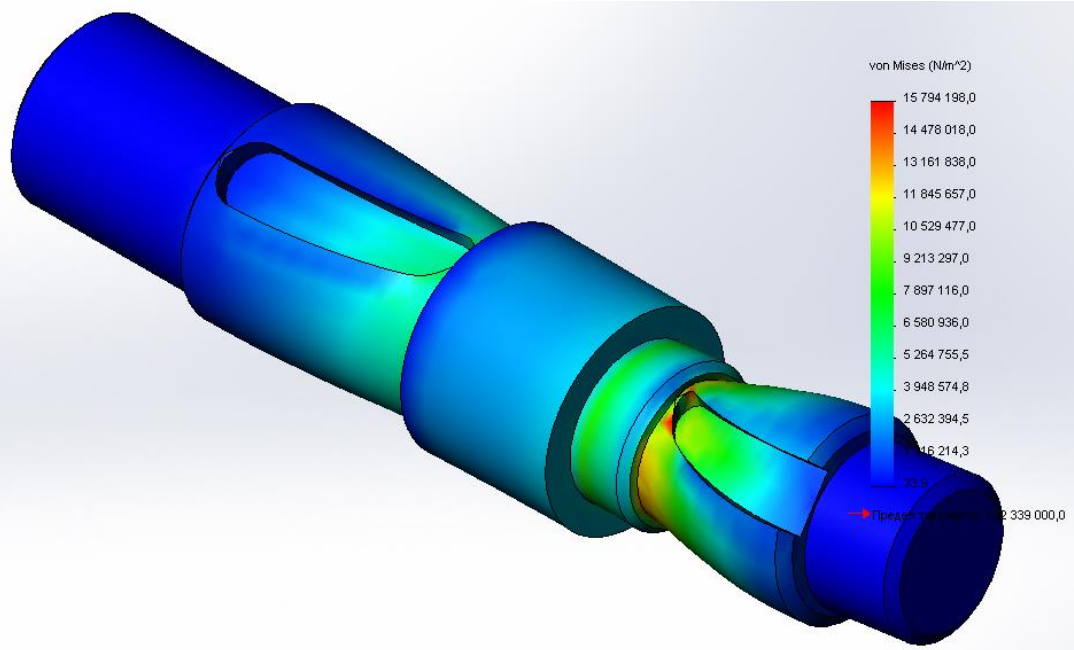


Рисунок 2.2 – Напруження

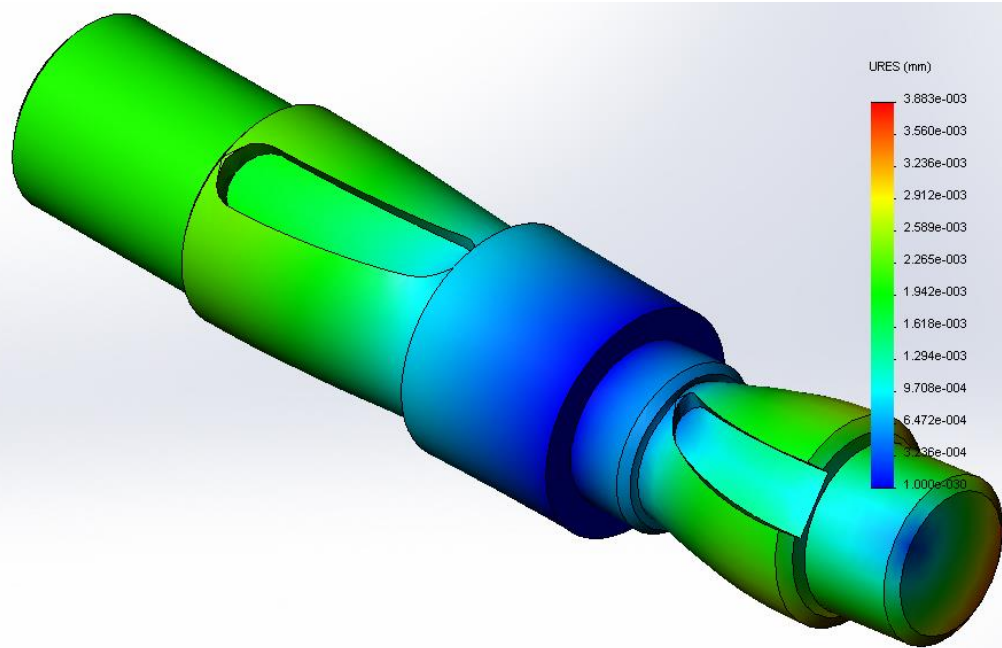


Рисунок 2.3 – Переміщення

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

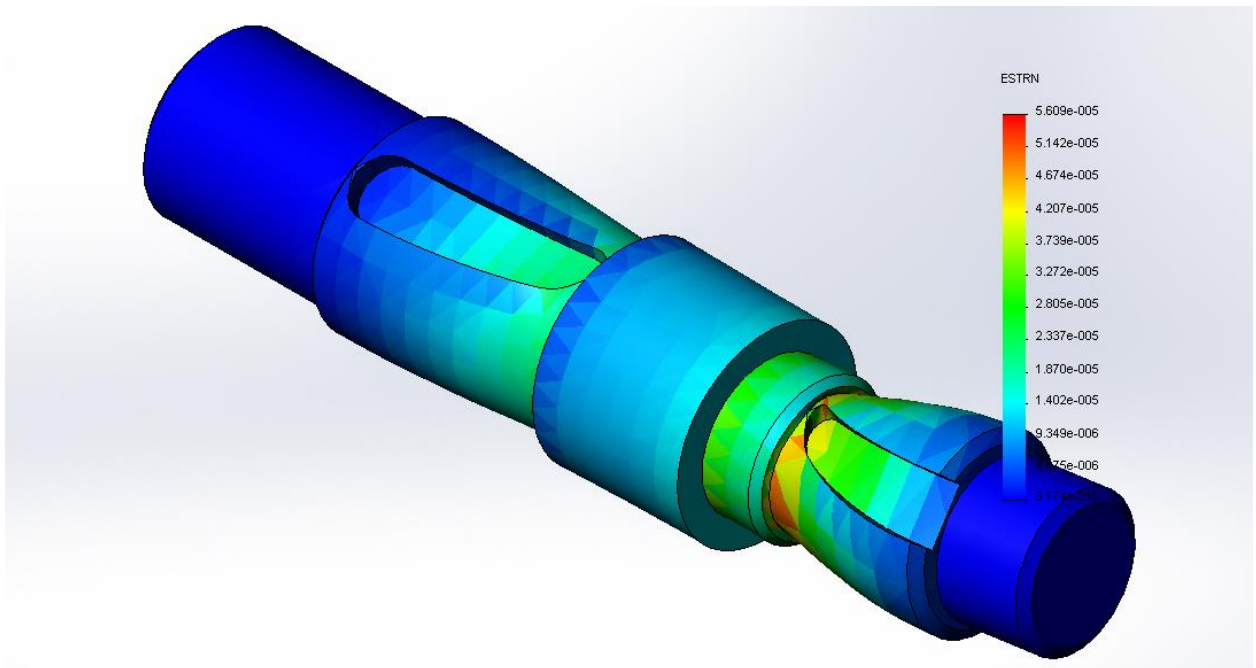


Рисунок 2.4 – Деформації

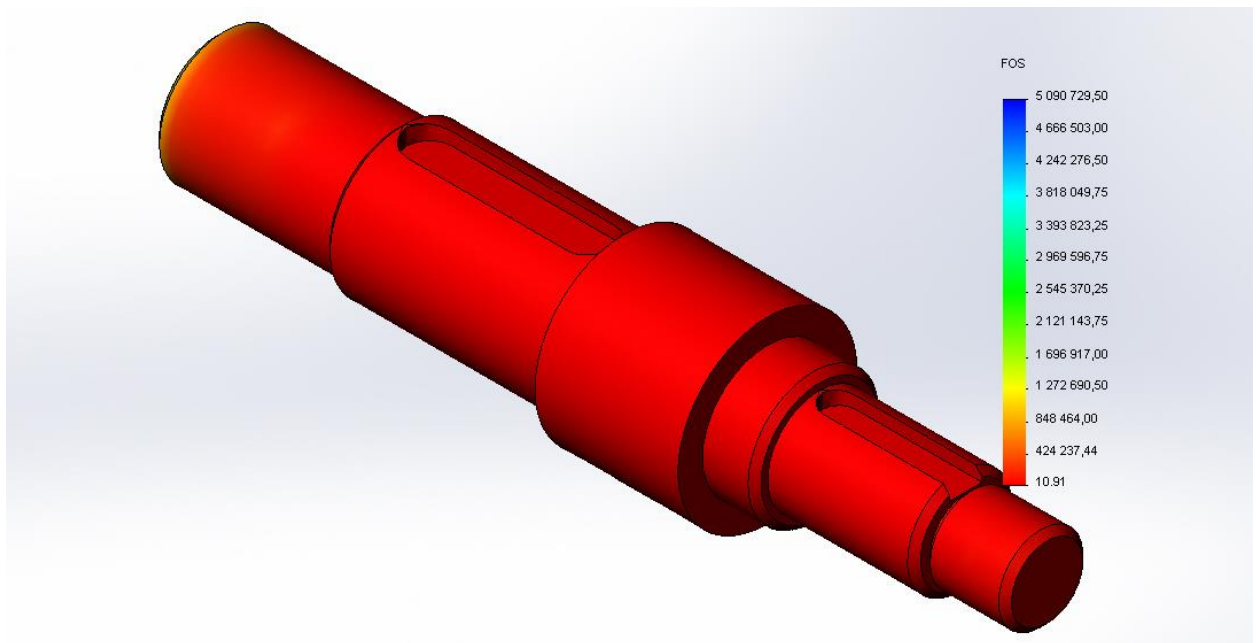


Рисунок 2.5 – Епюра запасу міцності

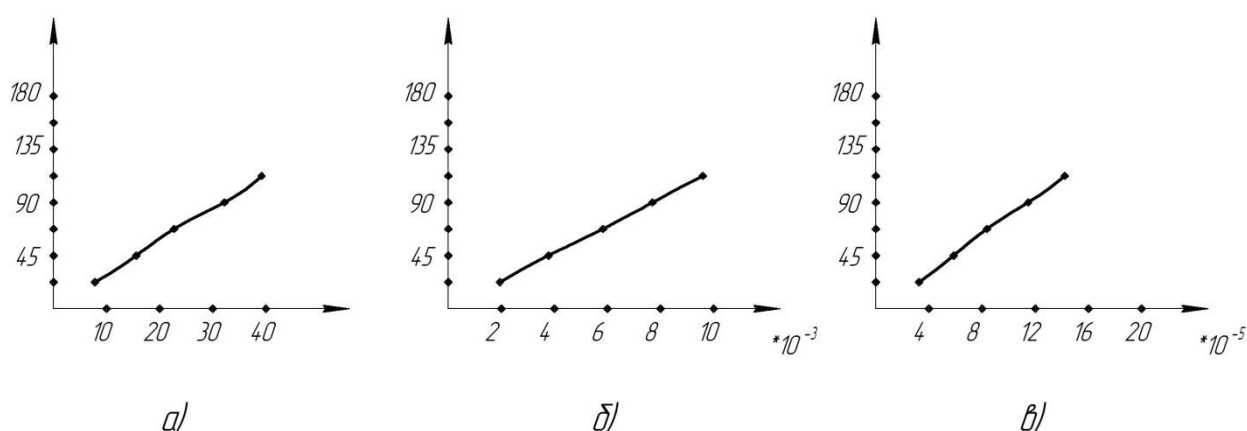
Згідно марочника Сталь 45Х має міцність 1030 МПа, згідно із епюри напруг, то в небезпечному перерізі виникає напруга величиною 15,79 МПа, тобто деталь витримає задані навантаження, згідно епюри запасу міцності, то найменше значення для деталі 10,91, що більше 1, знову ж таки це значить, що деталь витримає прикладені навантаження.

Навантажимо вал в 0,5, 1,5, 2 та 2,5 рази від номінального крутного моменту. Результати в таблиці 2.1.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

Таблиця 2.1 – Результати додаткових розрахунків

Епюра	Крутний момент, Н·м				
	22,5	45	67,5	90	112,5
	Колова сила, Н				
Напруження, Н/м ²	7,91	15,79	23,67	31,55	39,43
Переміщення, мм	0,0019	0,0038	0,0058	0,0077	0,0097
Деформації	0,000028	0,000056	0,000084	0,000112	0,000142
Запас міцності	21,78	10,91	7,28	5,46	4,37



а) напруження, б) переміщення, в) деформації

Рисунок 2.6 – Графіки залежностей

2.2 Оптимізація конструкції вала

Як було вище сказано, при номінальному навантаженні на вал під час роботи редуктора кутового деталь витримає без руйнування, після проведених додаткових розрахунків видно, що деталь витримає навантаження прикладена в 2,5 рази більше від номінального.

Зміни конструкції валу для збільшення його міцності не потрібні.

3. Розмірний аналіз конструкції

3.1 Визначення параметрів якості та норм точності редуктора кутового

Виготовлення редуктора кутового вимагає дотриматись таких параметрів якості:

1. Точність кутового розташування зубчастих коліс;
2. Точність розташування вершин ділільних конусів шестерні і зубчастого колеса;
3. Нормальну роботу підшипників;
4. Легкість обертання шківу;
5. Точність розташування шківу.

Тонічність кутового розташування зубчастих коліс забезпечується:

α_{Δ} – точність відносного повороту вісі обертання ділільного кола шестерні відносно вісі обертання ділільного кола зубчастого колеса;

γ_{Δ} – відносний поворот вісі обертання ділільного кола шестерні і основної бази корпусу;

Точність розташування вершин ділільних конусів шестерні і зубчастого колеса забезпечується:

A_{Δ} – зміщення вершин ділільних конусів шестерні і зубчастого колеса в горизонтальній площині;

B_{Δ} – зміщення вершин ділільних конусів шестерні і зубчастого колеса в вертикальній площині;

Нормальна робота підшипників кочення забезпечується:

V_{Δ} – гарантований зазор, достатній для компенсації теплового розширення, між кришкою і торцем зовнішнього кільця підшипника.

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Титенко Д.М			Розмірний аналіз конструкції	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Ігнатенко П.Л.					22	26
<i>Реценз.</i>						НУЧП		
<i>Н. Контр.</i>		Ігнатенко О.А.						
<i>Затв.</i>		Єрошенко А.М.						

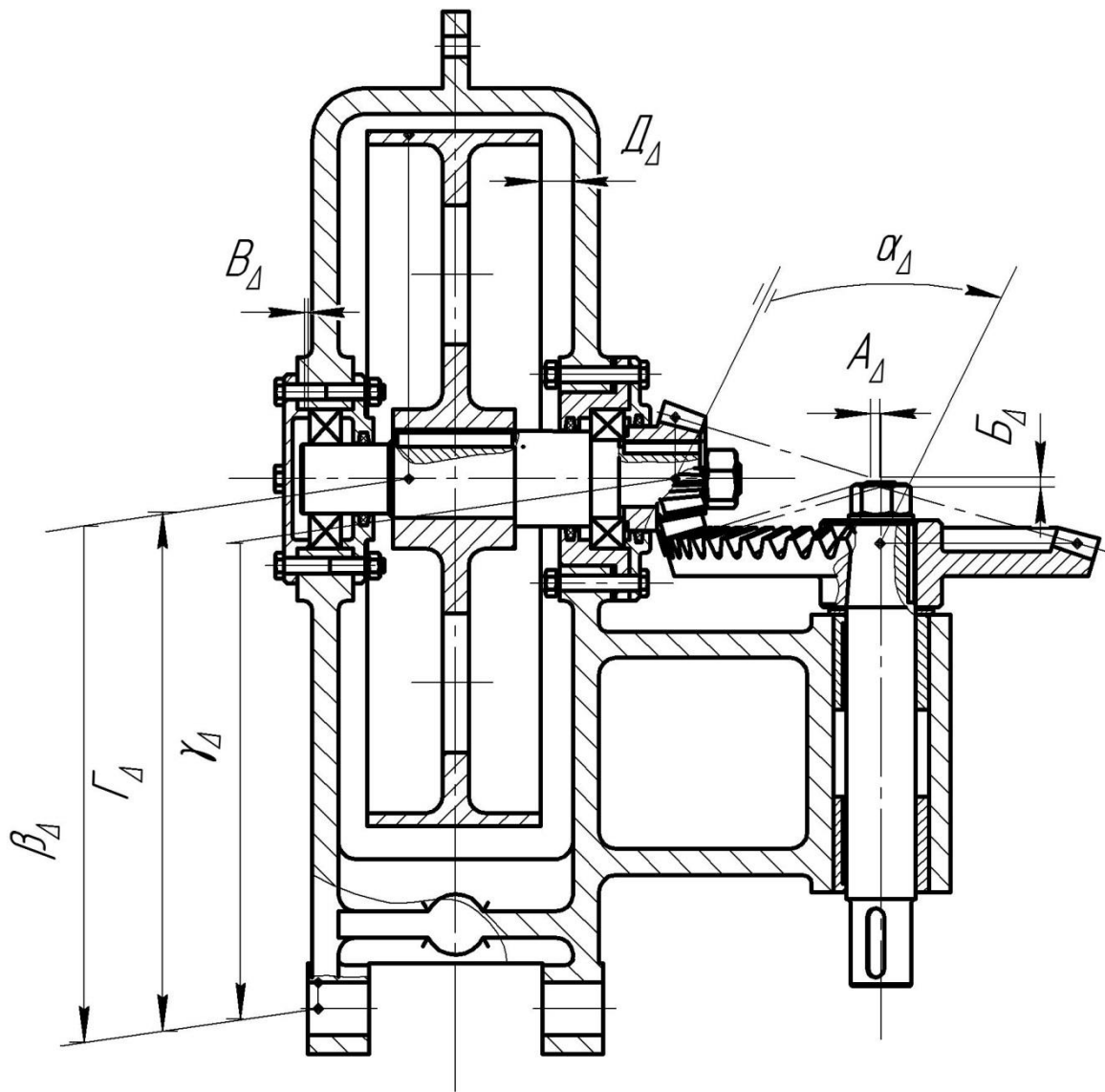


Рисунок 3.1 – Ескіз редуктор акутового із виявленими замикаючими ланками

Легкість обертання шківу забезпечується:

γ_{Δ} – точністю міжосьової відстані робочої поверхні шківів і основної бази корпусу;

β_{Δ} – відносним поворотом вісі робочої поверхні шківу і вісі основної бази корпусу;

Точність розташування шківу забезпечується:

Δ_{Δ} – точністю відстані від торцевої поверхні шківу і внутрішньої торцевої поверхні корпусу.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

3.2 Вплив недотримання норм точності на функції редуктора кутового

Недотримання точності відносного повороту (кута в 90°) між ділильним колами зубчастих коліс (параметр α_Δ) призведе до повороту зубчастих коліс один відносно одного і плине на пляму контакту зубчастої передачі. Пляма контакту зміститься на величини Δ (рисунок 3.2) і це призведе до інтенсивного зносу зубців в місцях контакту і їх поломки.

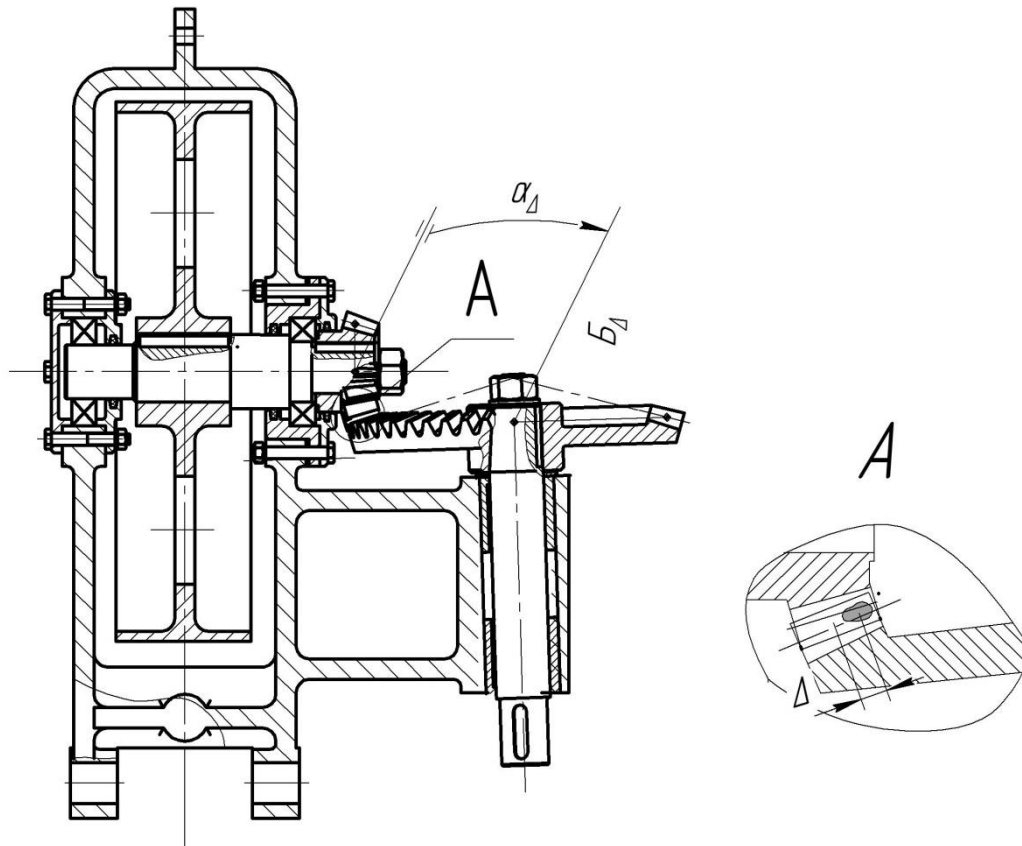


Рисунок 3.2 – Ескіз редуктора кутового із зазначеними наслідками при недотриманні параметру α_Δ

Недотримання відносного повороту вісі обертання ділильного окла шестерні відносно основної бази корпуса (параметр γ_Δ), як і α_Δ призведе до нерівномірного контакту зубців, що призведе до зміщення плями контакту на величину Δ (рисунок 3.3). Наслідки аналогічні.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

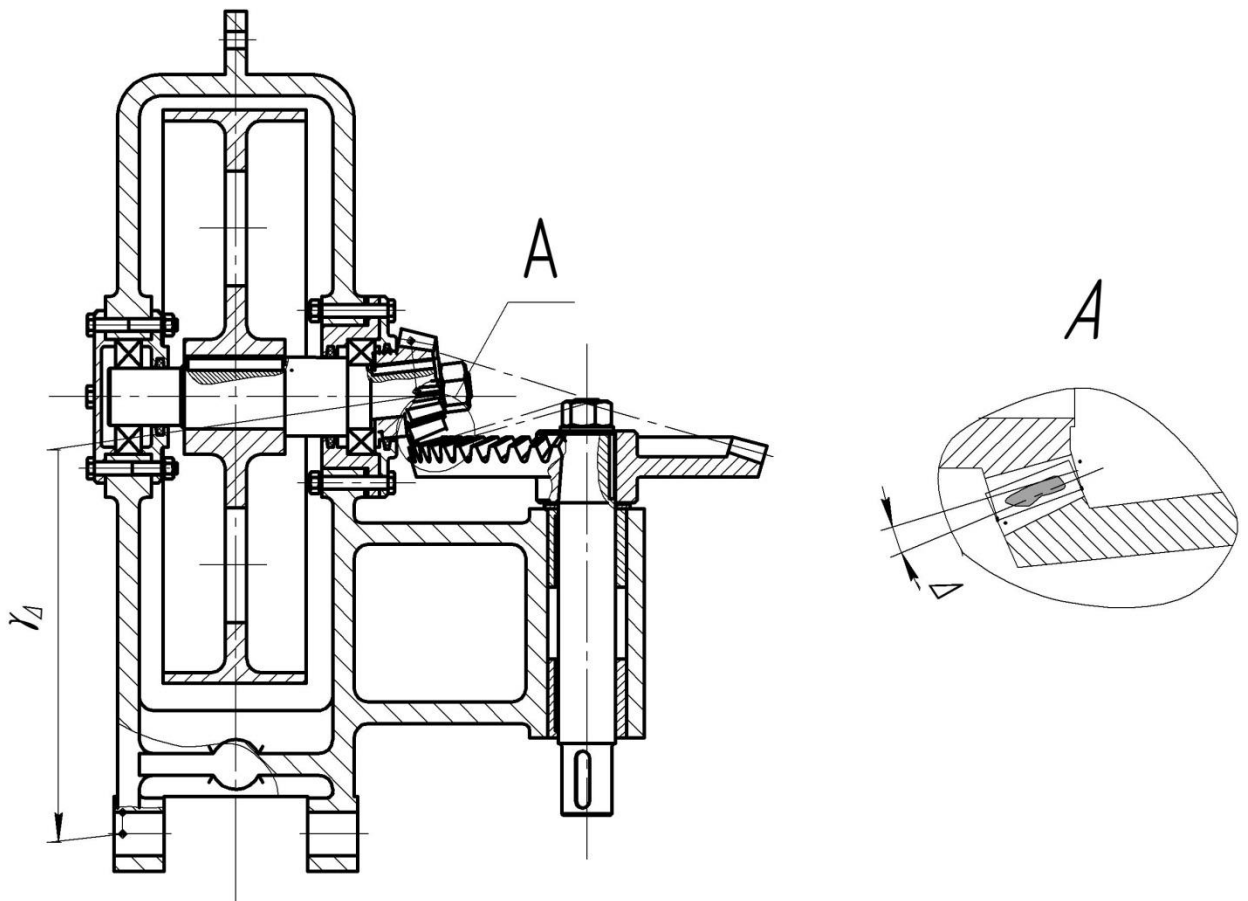
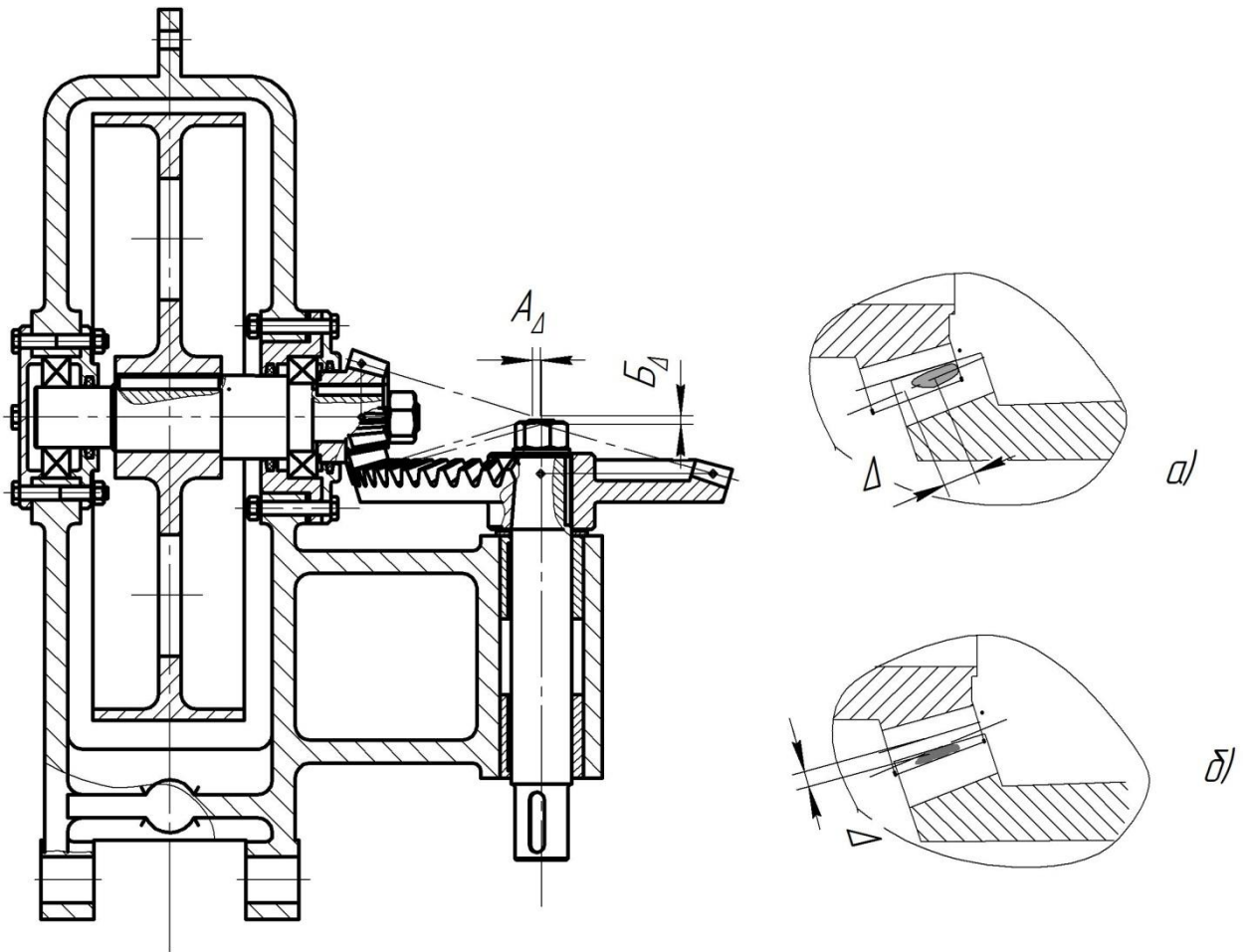


Рисунок 3.3 – Ескіз редуктора кутового із зазначеними наслідками при недотриманні параметру γ_{Δ}

Недотримання точності розташування вершин ділільних конусів зубчастої передачі в двох площинах (параметрів A_{Δ} і B_{Δ}) призведе до зміщення плями контакту на величину Δ в горизонтальній площині (рисунок 3.4, а) і вертикальній площині (рисунок 3,4 б), в результаті пляма контакту буде зміщена і призведе до зносу і поломки зубців.

Недотримання гарантованого зазору B_{Δ} , а саме коли гарантований зазор менше допустимого, то це призведе до некоректної роботи підшипників (рисунок 3.5), їх можливого заклинювання або зменшення строку служби. Під час роботи підшипників виникають теплові розширення металу (підшипника) і він повинен кудись рухатися, якщо зазору не буде, то підшипник не зможе обертатися.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.



а) – недотримання параметра A_{Δ} , б) недотримання параметра B_{Δ}

Рисунок 3.4 – Ескіз редуктора кутового із зазначеними наслідками при недотриманні параметрів A_{Δ} і B_{Δ}

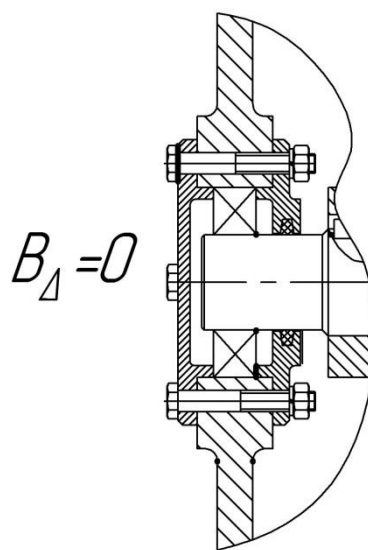


Рисунок 3.5 – Ескіз редуктора кутового із зазначеними наслідками при недотриманні параметру B_{Δ}

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

Недотримання міжосьової відстані Γ_{Δ} призведе до неправильного розташування шківів в вертикальній площині відносно шківів електродвигуна і вплине на роботу пасової передачі, а саме до провисання пасу або сильного натягування шківів, що призведе до непостійного контакту пасу зі шківом і можуть виникнути так звані холості ходи, або розірвання пасу передачі (рисунок 3.6).

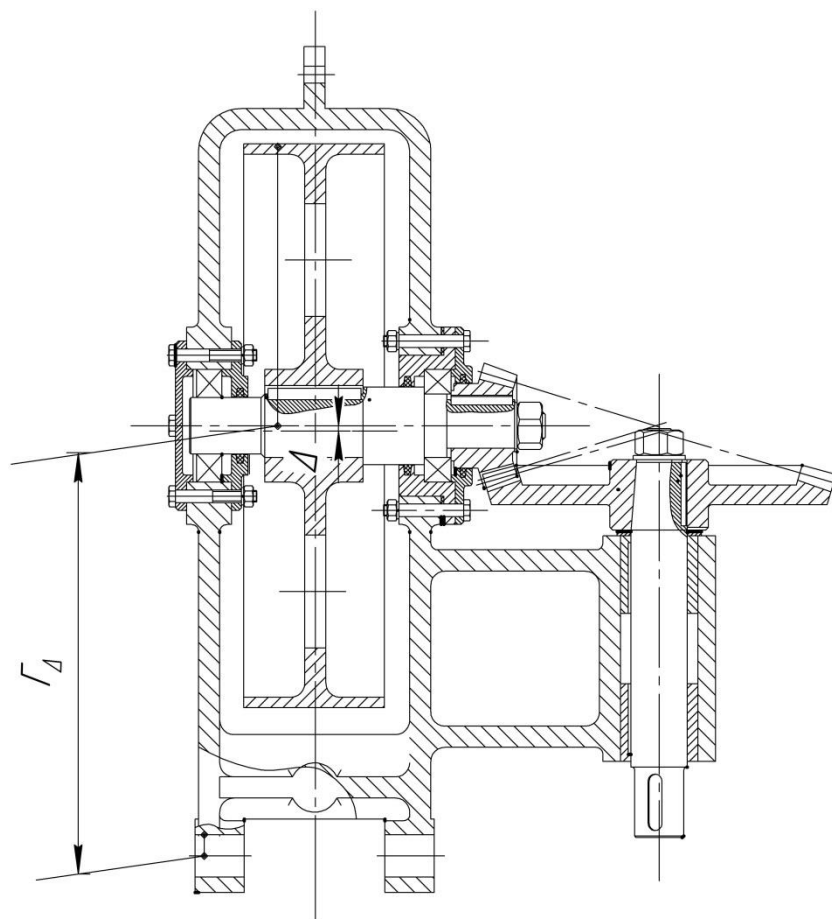


Рисунок 3.6 – Ескіз редуктора кутового із зазначеними наслідками при недотриманні параметру Γ_{Δ}

Недотримання відносного повороту β_{Δ} призведе до перекосу шківів на кут Δ (рисунок 3.7) відносно шківів електродвигуна, що вплине на повноту прилягання пасу до шківів редуктора кутового, перекручування пасу і нерівномірного натягу пасу. В результаті знижується довговічність пасу, який використовується в пасовій передачі.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

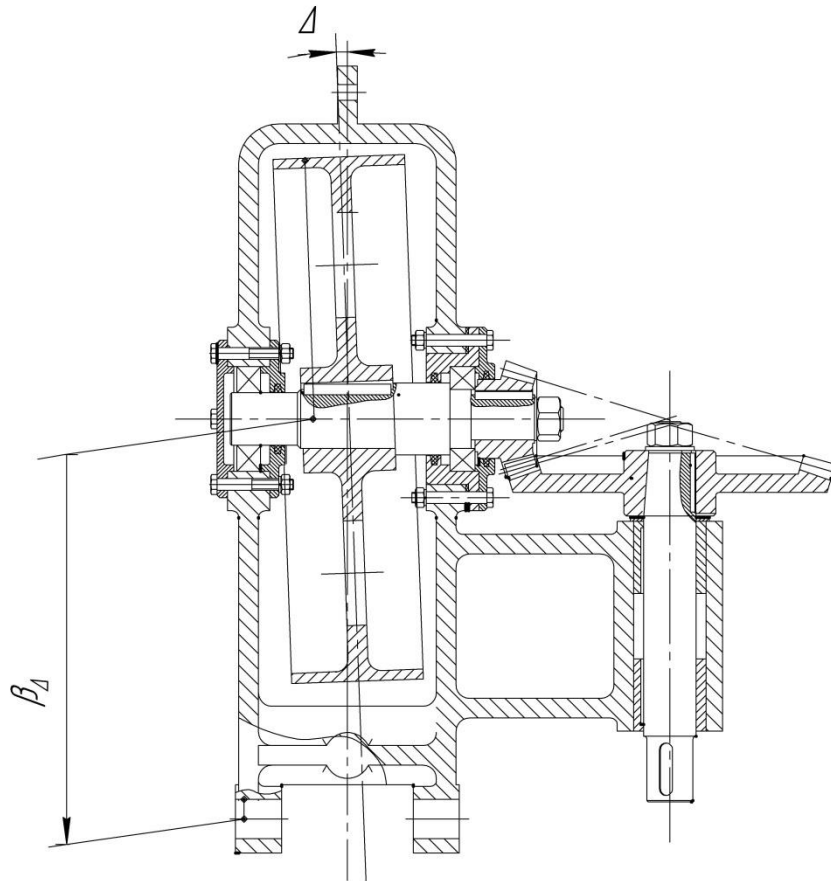


Рисунок 3.7 – Ескіз редуктора кутового із зазначеними наслідками при недотриманні параметру β_{Δ}

Недотримання параметру D_{Δ} призведе до зміщення шківа в горизонтальній площині на величину Δ (рисунок 3.8) відносно шківа редуктора, що знову ж таки призведе до правильного розташування пасу, його довговічності. Також можливе зі скочування пасу зі шківів під час роботи пасової передачі, оскільки шків немає поглиблення під пас.

3.3 Виявлення складальних розмірних ланцюгів

На рисунка 3.9 – 3.15 представлені розмірні ланцюги у відповідності до визначених замикаючих ланок.

α_{Δ} – точність відносного повороту вісі обертання ділильного кола шестерні відносно вісі обертання ділильного кола зубчастого колеса;

α_1 – відносний поворот вісі обертання з ділильного кола зубчастого колеса і вісі основної бази зубчастого колеса;

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		28

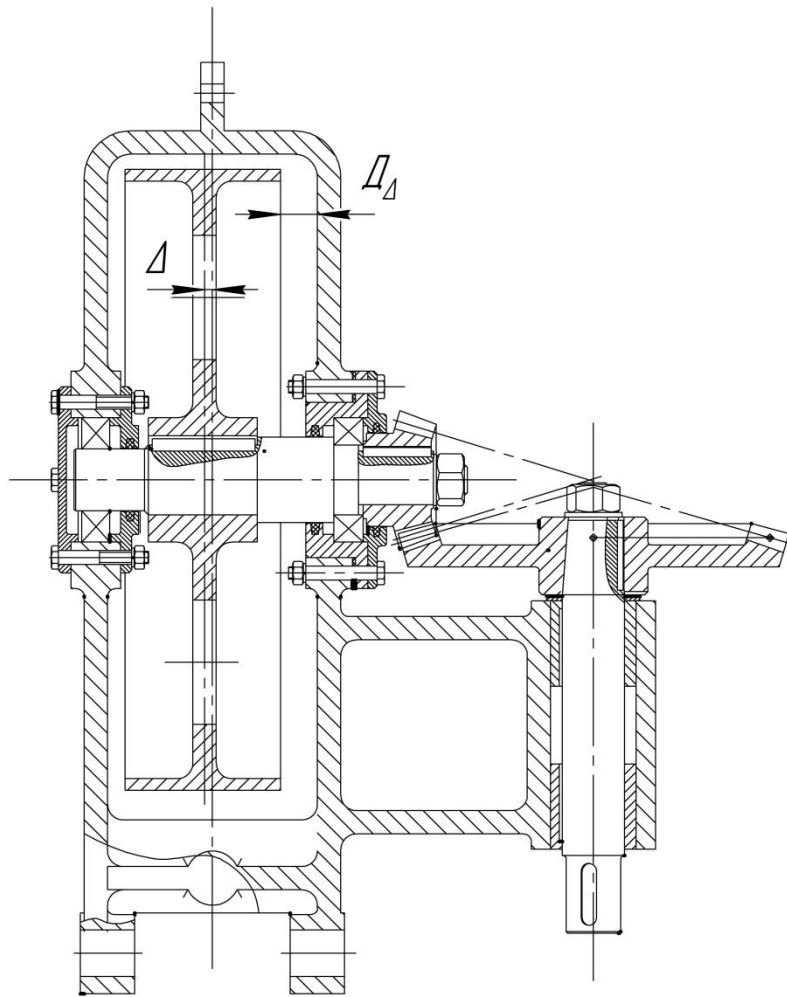


Рисунок 3.8 – Ескіз редуктора кутового із зазначеними наслідками при недотриманні параметру D_{Δ}

α_2 – відносний поворот вісі основної бази зубчастого колеса і вісі циліндричної поверхні валу;

α_3 – відносний поворот вісі циліндричної поверхні валу і вісі основної бази валу;

α_4 – відносний поворот вісі основної бази валу і вісі отвору втулки;

α_5 – відносний поворот вісі отвору втулки і вісі основної бази втулки;

α_6 – відносний поворот вісі основної бази втулки та вісі отвору під тихохідний вал корпусу;

α_7 – точність відносного повороту отворів під тихохідний вал і ошвидкохідний вал корпусу;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

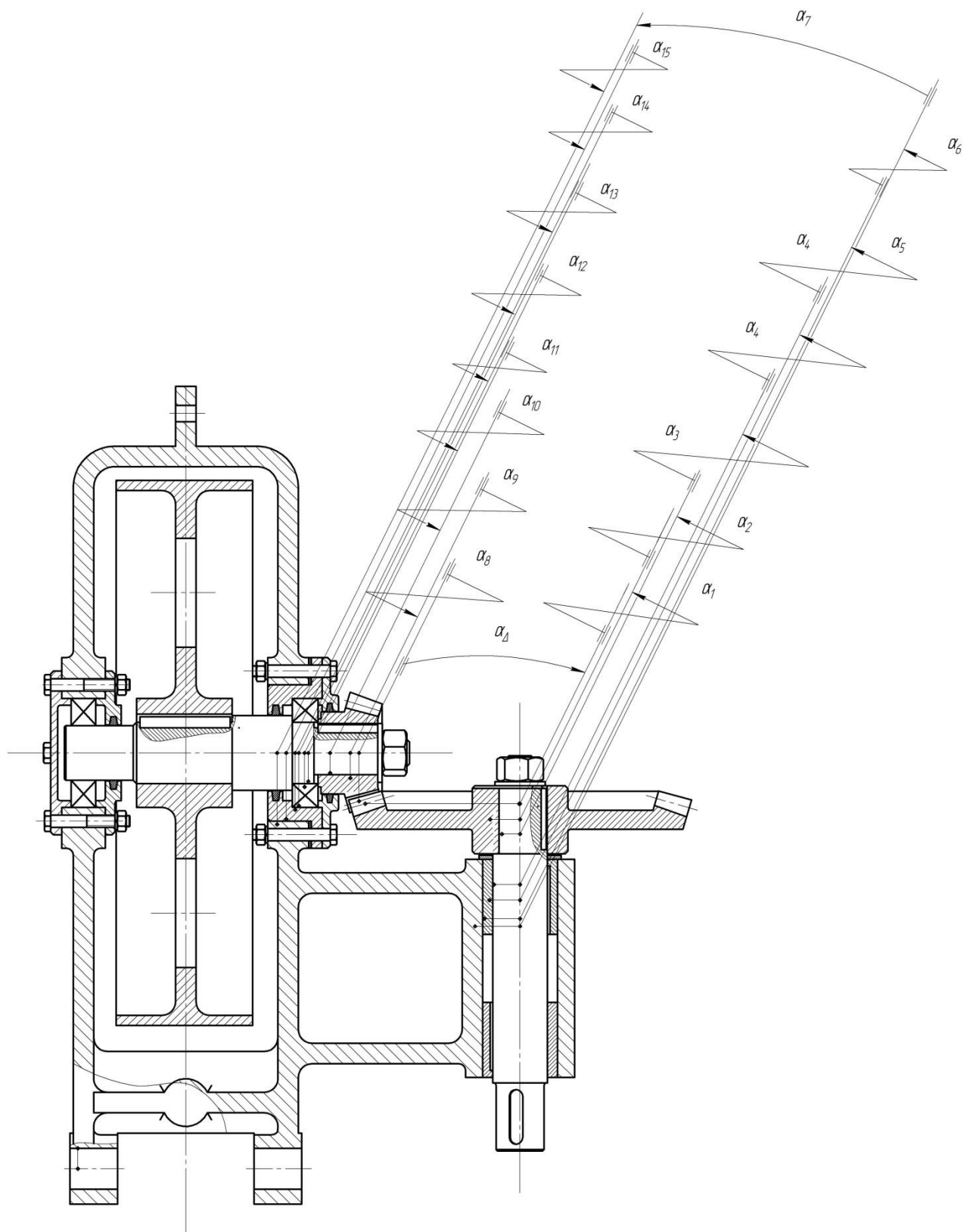


Рисунок 3.9 – Розмірний ланцюг, який забезпечує точність кутового розташування зубчастих коліс

α_8 – відносний поворот вісі обертання ділильного кола шестерні і вісі основної бази шестерні

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ

Арк.

30

α_9 – відносний поворот вісі основної бази шестерні і вісі циліндричної поверхні під шестерню швидкохідного валу

α_{10} – відносний поворот вісі циліндричної поверхні під шестерню швидкохідного валу та вісі основної бази швидкохідного валу

α_{11} – відносний поворот вісі основної бази швидкохідного валу та вісі внутрішнього кільця підшипника

α_{12} – відносний поворот вісі зовнішнього та вісі внутрішнього кільця підшипника

α_{13} – відносний поворот вісі зовнішнього кільця підшипника і вісі отвору корпусу підшипника

α_{14} – відносний поворот вісі отвору корпусу підшипника і вісі основної бази корпусу підшипника

α_{15} – відносний поворот вісі основної бази корпусу підшипника і вісі отвору під швидкохідний вал корпусу.

γ_{Δ} – відносний поворот вісі обертання ділильного кола шестерні і вісі основної бази корпусу;

γ_1 – відносний поворот вісі обертання ділильного кола шестерні і вісі основної бази шестерні

γ_2 – відносний поворот вісі основної бази шестерні і вісі циліндричної поверхні під шестерню швидкохідного валу

γ_3 – відносний поворот вісі циліндричної поверхні під шестерню швидкохідного валу та вісі основної бази швидкохідного валу

γ_4 – відносний поворот вісі основної бази швидкохідного валу та вісі внутрішнього кільця підшипника

γ_5 – відносний поворот вісі зовнішнього та вісі внутрішнього кільця підшипника

γ_6 – відносний поворот вісі зовнішнього кільця підшипника і вісі отвору корпусу підшипника

γ_7 – відносний поворот вісі отвору корпусу підшипника і вісі основної бази корпусу підшипника

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		31

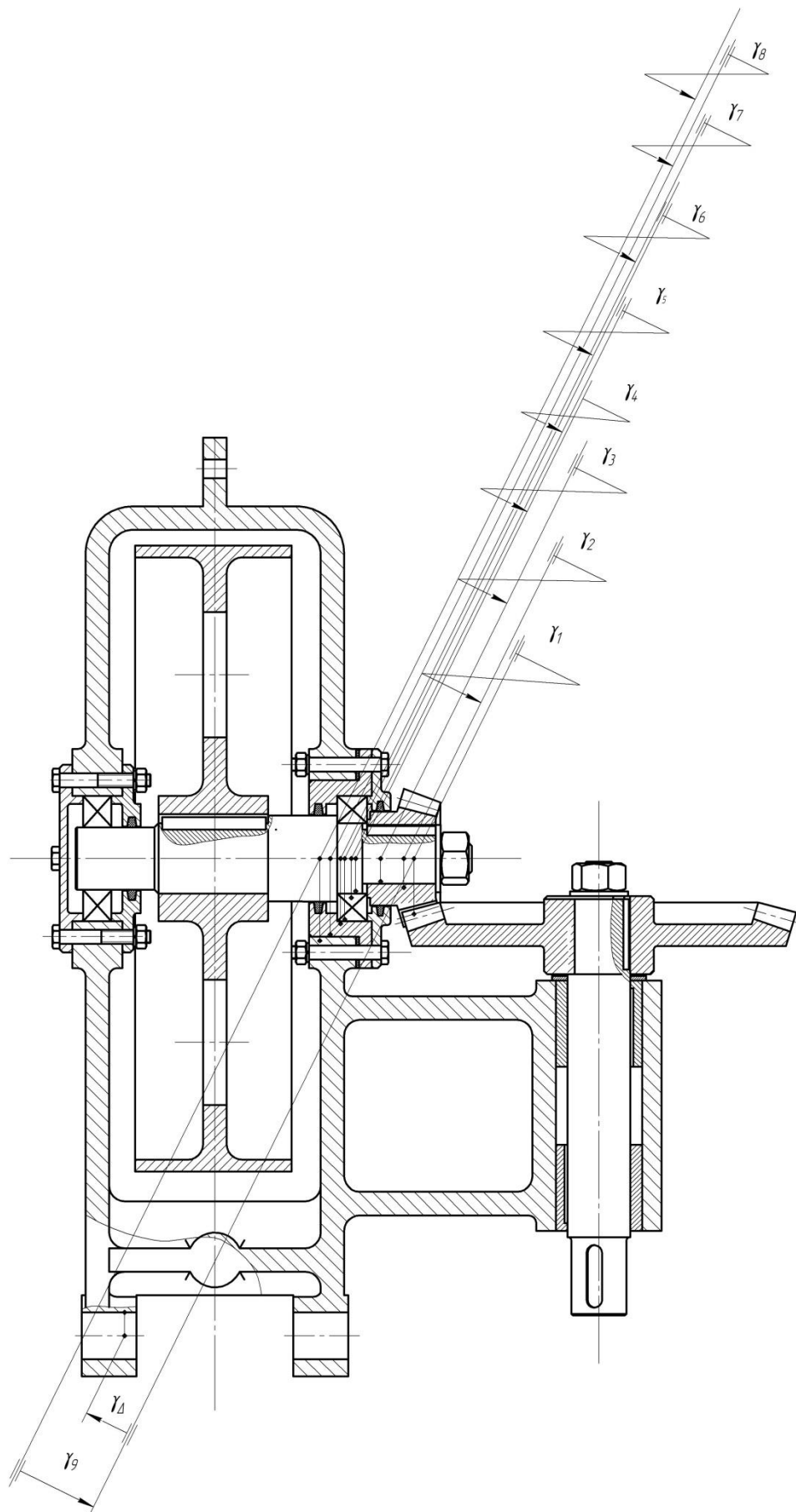


Рисунок 3.10 – Розмірний ланцюг, який забезпечує точність кутового розташування зубчастих коліс

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ

Арк.

32

γ_8 – відносний поворот вісі основної бази корпусу підшипника і вісі отвору під швидкохідний вал корпусу.

γ_9 – відносний поворот вісі отвору під швидкохідний вал корпусу і вісі основної бази корпусу

A_{Δ} – зміщення вершин ділільних конусів шестерні і зубчастого колеса в горизонтальній площині;

A_1 – точність відстані від вершини конусу до торця шестерні;

A_2 – точність відстані (товщина) підшипника;

A_3 – точність відстані від торця стакану до основної бази стакану

A_4 – точність відстані (товщина) прокладки

A_5 – співвісність вісі обертання робочої поверхні зубчастого колеса та основної бази зубчастого колеса

A_6 – співвісність вісі обертання основної бази зубчастого колеса та циліндричної поверхні вала

A_7 – співвісність вісі циліндричної поверхні вала та основної бази вала

A_8 – співвісність основної бази вала та вісі отвору втулки

A_9 – співвісність вісі отвору втулки і вісі основної бази втулки;

A_{10} – співвісність вісі основної бази втулки та вісі отвору під тихохідний вал корпусу;

A_{11} – точність відстані від вісі отвору під тихохідний вал корпусу до торця пі прокладку.

B_{Δ} – зміщення вершин ділільних конусів шестерні і зубчастого колеса в вертикальній площині;

B_1 – точність відстані від вершини конусів до торця зубчастого колеса

B_2 – точність розміру (товщина) прокладок

B_3 – співвісність вісі обертання ділільного кола шестерні і вісі основної бази шестерні

B_4 – співвісність вісі основної бази шестерні і вісі циліндричної поверхні під шестерню швидкохідного валу

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		33

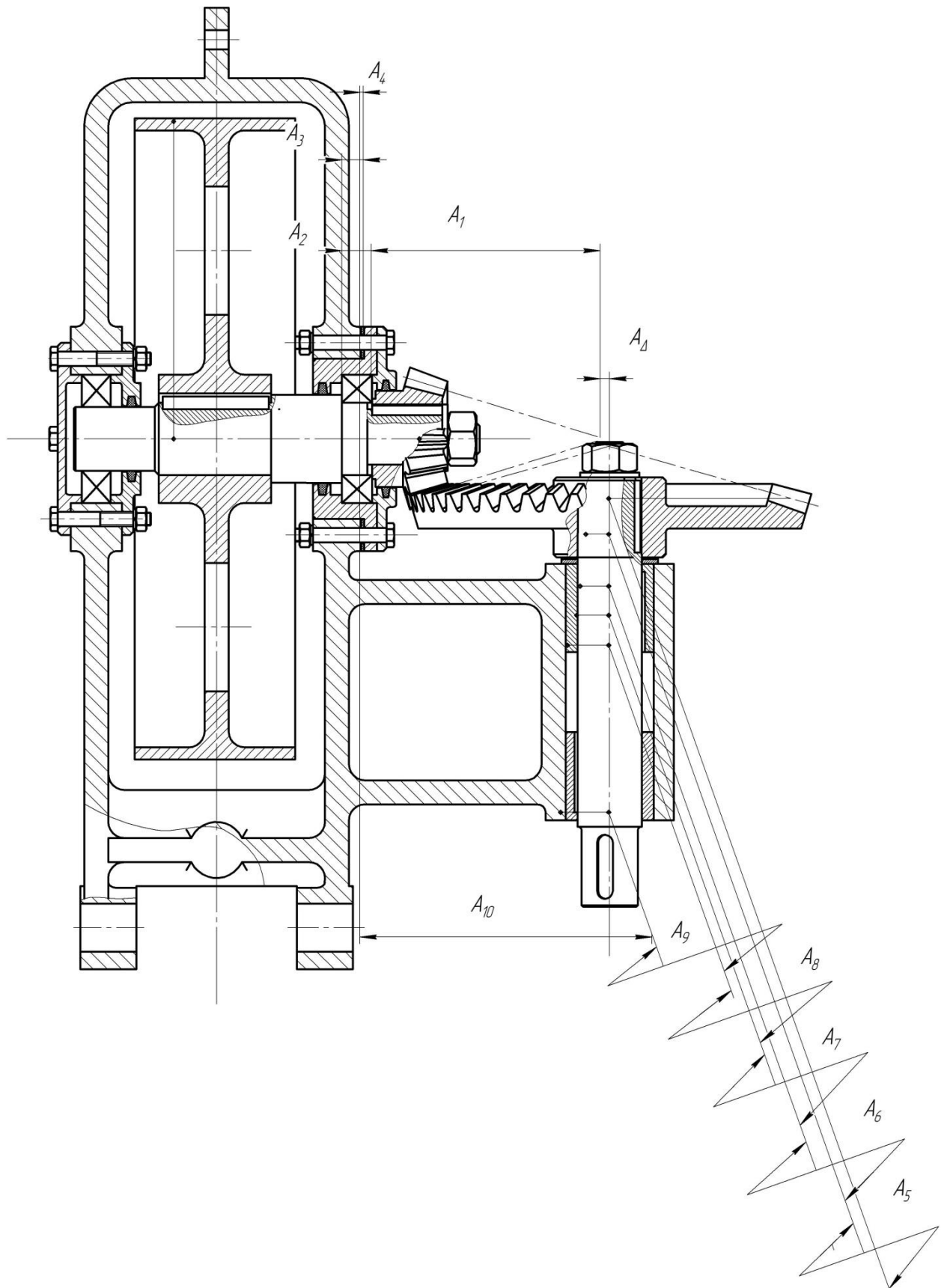


Рисунок 3.11 – Розмірний ланцюг, який забезпечує точність розташування вершин ділільних конусів шестерні і зубчастого колеса в горизонтальній площині

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ

Арк.

34

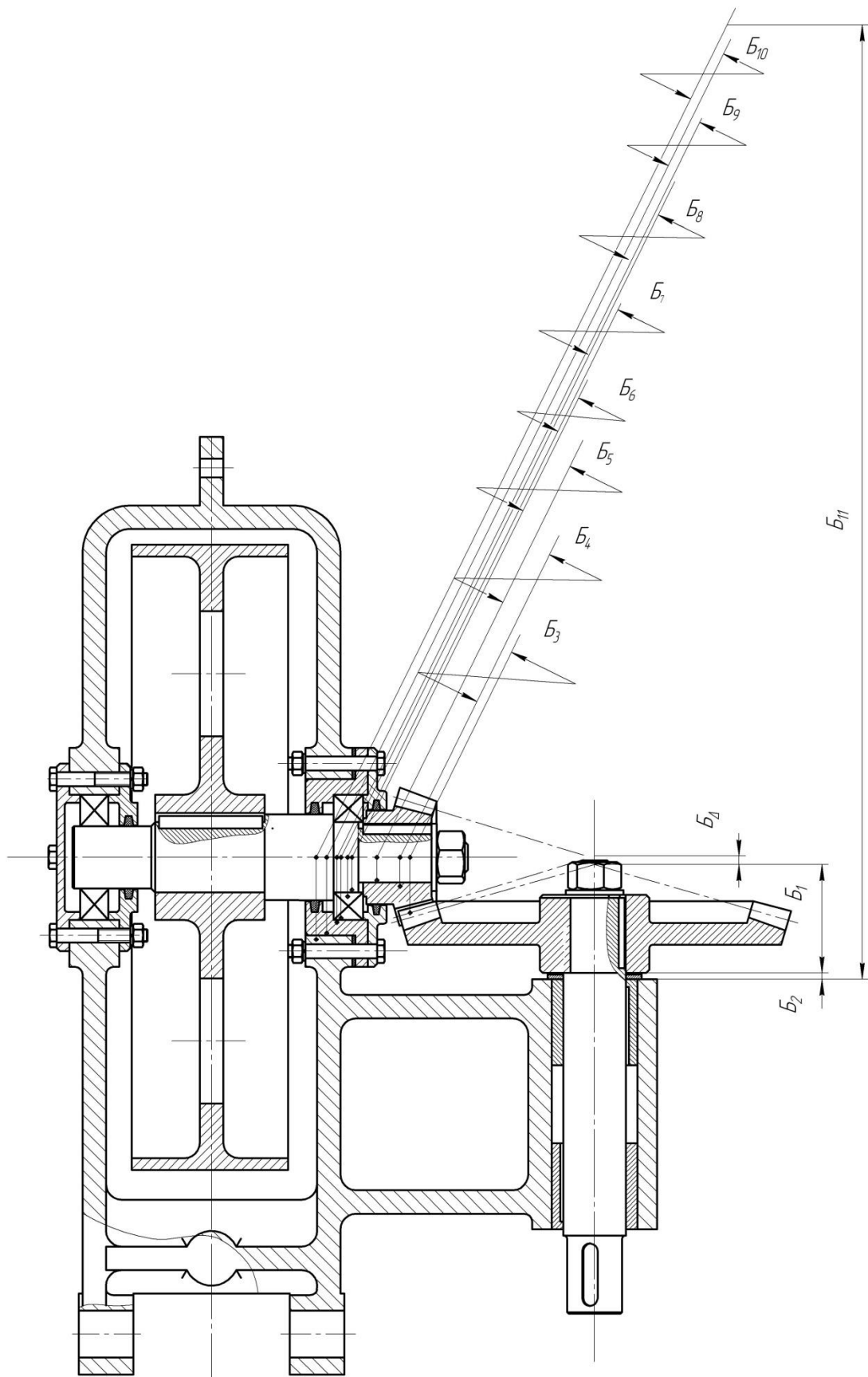


Рисунок 3.12 – Розмірний ланцюг, який забезпечує точність розташування
вершин ділільних конусів шестерні і зубчастого колеса в вертикальній
площині

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ

Арк.

35

Б₅ – співвісність вісі циліндричної поверхні під шестерню швидкохідного валу та вісі основної бази швидкохідного валу

Б₆ – співвісність вісі основної бази швидкохідного валу та вісі внутрішнього кільця підшипника

Б₇ – співвісність вісі зовнішнього та вісі внутрішнього кілець підшипника

Б₈ – співвісність вісі зовнішнього кільця підшипника і вісі отвору корпусу підшипника

Б₉ – співвісність вісі отвору корпусу підшипника і вісі основної бази корпусу підшипника

Б₁₀ – співвісність вісі основної бази корпусу підшипника і вісі отвору під швидкохідний вал корпусу.

Б₁₁ – точність відстані від і вісі отвору під швидкохідний вал корпусу до торця під зубчасте колесо

В_Δ – гарантований зазор, достатній для компенсації теплового розширення, між кришкою і торцем зовнішнього кільця підшипника

В₁ – точність розміру (відстані) між торцем і основною базою кришки

В₂ – точність відстані (товщина) між двома торцями корпусу

В₃ – точність розміру (відстані) між торцем і основною базою кришки

В₄ – точність відстані (товщина) підшипника

Д_Δ – точністю відстані від торцевої поверхні шківу і внутрішньої торцевої поверхні корпусу.

Д₁ – точність розміру від торця шківу до основної бази шківу;

Д₂ – точність розміру від торця валу до основної бази валу;

Д₃ – точність розміру від торця до основної бази корпусу підшипника

Д₄ – точність розміру (товщина) прокладки

Д₅ – точність розміру від торця під корпус підшипника до торця шківу

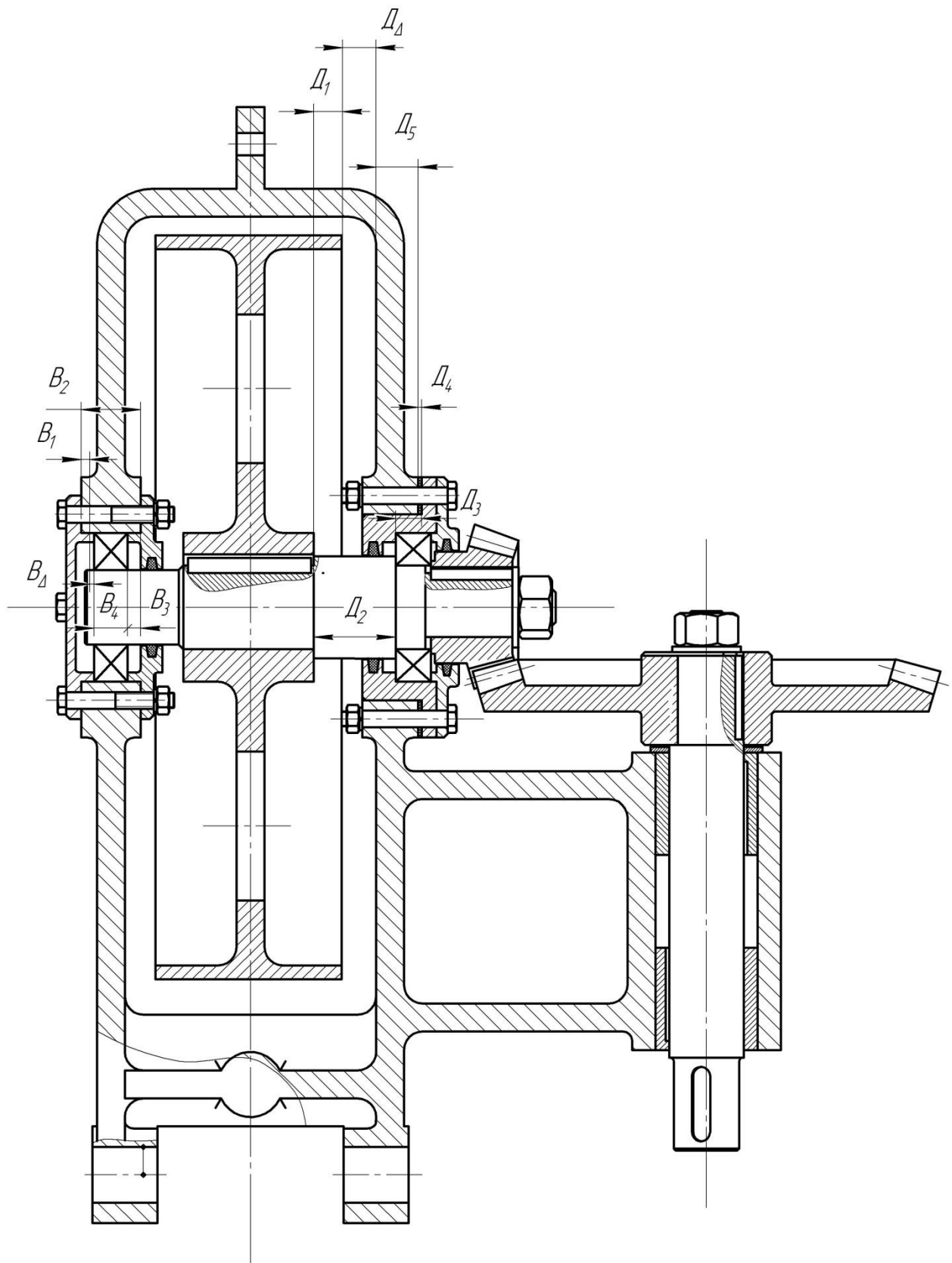


Рисунок 3.13 – Розмірні ланцюги, які забезпечують нормальну роботу підшипника та точність розташування шківів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ

Арк.

37

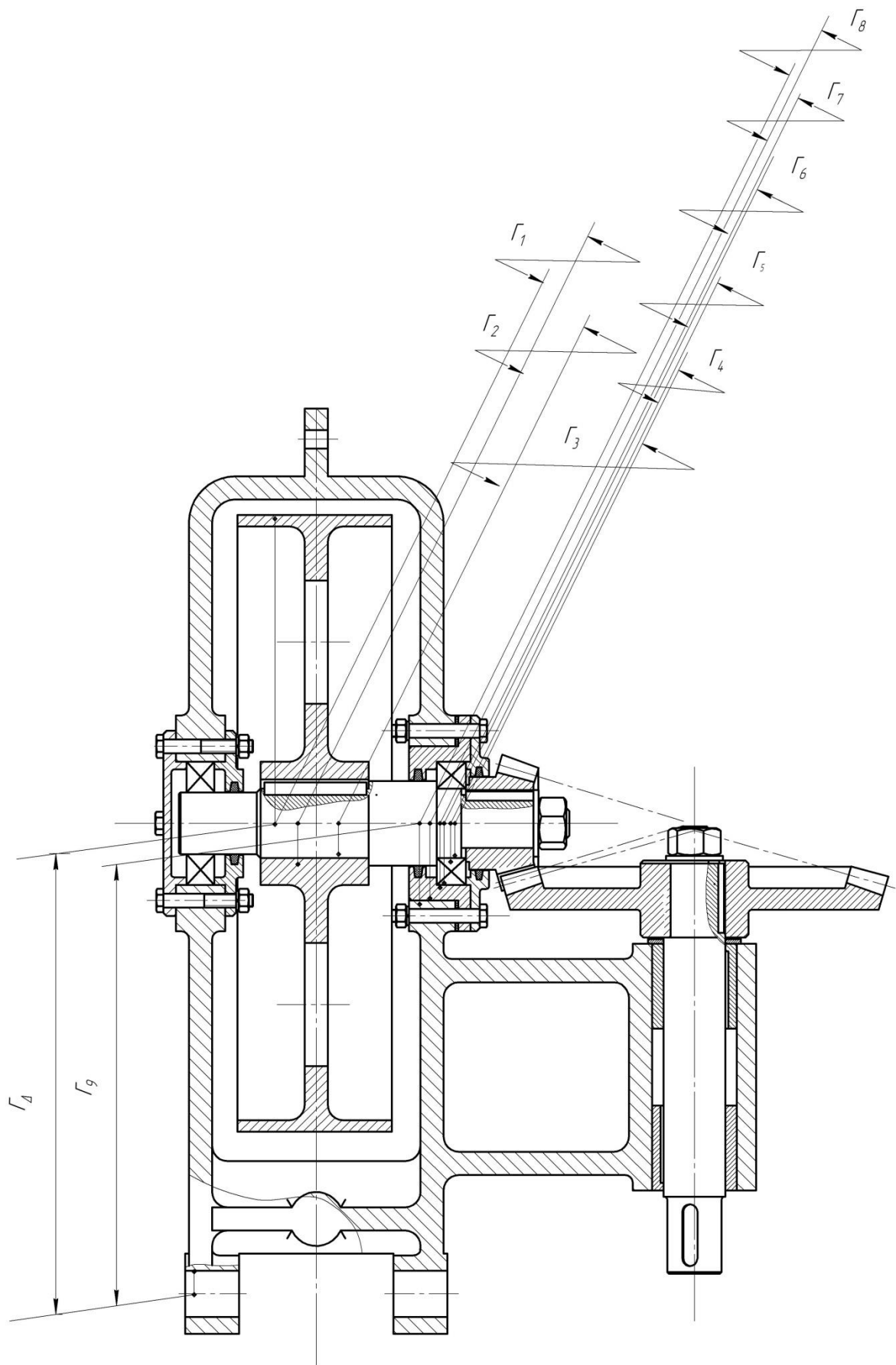


Рисунок 3.14 – Розмірний ланцюг, який забезпечують легкість обертання шківів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ

Арк.

38

Γ_{Δ} – точністю міжосьової відстані робочої поверхні шківів і основної бази корпусу;

Γ_1 – співвісність вісі робочої поверхні шківів і основної бази шківів

Γ_2 – співвісність вісі основної бази шківів та вісі зовнішньої циліндричної поверхні вала

Γ_3 – співвісність вісі зовнішньої циліндричної поверхні вала і вісі основної бази вала

Γ_4 – співвісність вісі основної бази валу та вісі внутрішнього кільця підшипника

Γ_5 – співвісність вісі зовнішнього та вісі внутрішнього кілець підшипника

Γ_6 – співвісність вісі зовнішнього кільця підшипника і вісі отвору корпусу підшипника

Γ_7 – співвісність вісі отвору корпусу підшипника і вісі основної бази корпусу підшипника

Γ_8 – співвісність вісі основної бази корпусу підшипника і вісі отвору під швидкохідний вал корпусу.

Γ_9 – точність відстані від і вісі отвору під вал корпусу до вісі основної бази корпусу;

β_{Δ} – відносним поворотом вісі робочої поверхні шківів і вісі основної бази корпусу;

β_1 – відносний поворот вісі робочої поверхні шківів і основної бази шківів

β_2 – відносний поворот вісі основної бази шківів та вісі зовнішньої циліндричної поверхні вала

β_3 – відносний поворот вісі зовнішньої циліндричної поверхні вала і вісі основної бази вала

β_4 – відносний поворот вісі основної бази валу та вісі внутрішнього кільця підшипника

β_5 – відносний поворот вісі зовнішнього та вісі внутрішнього кілець підшипника

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		39

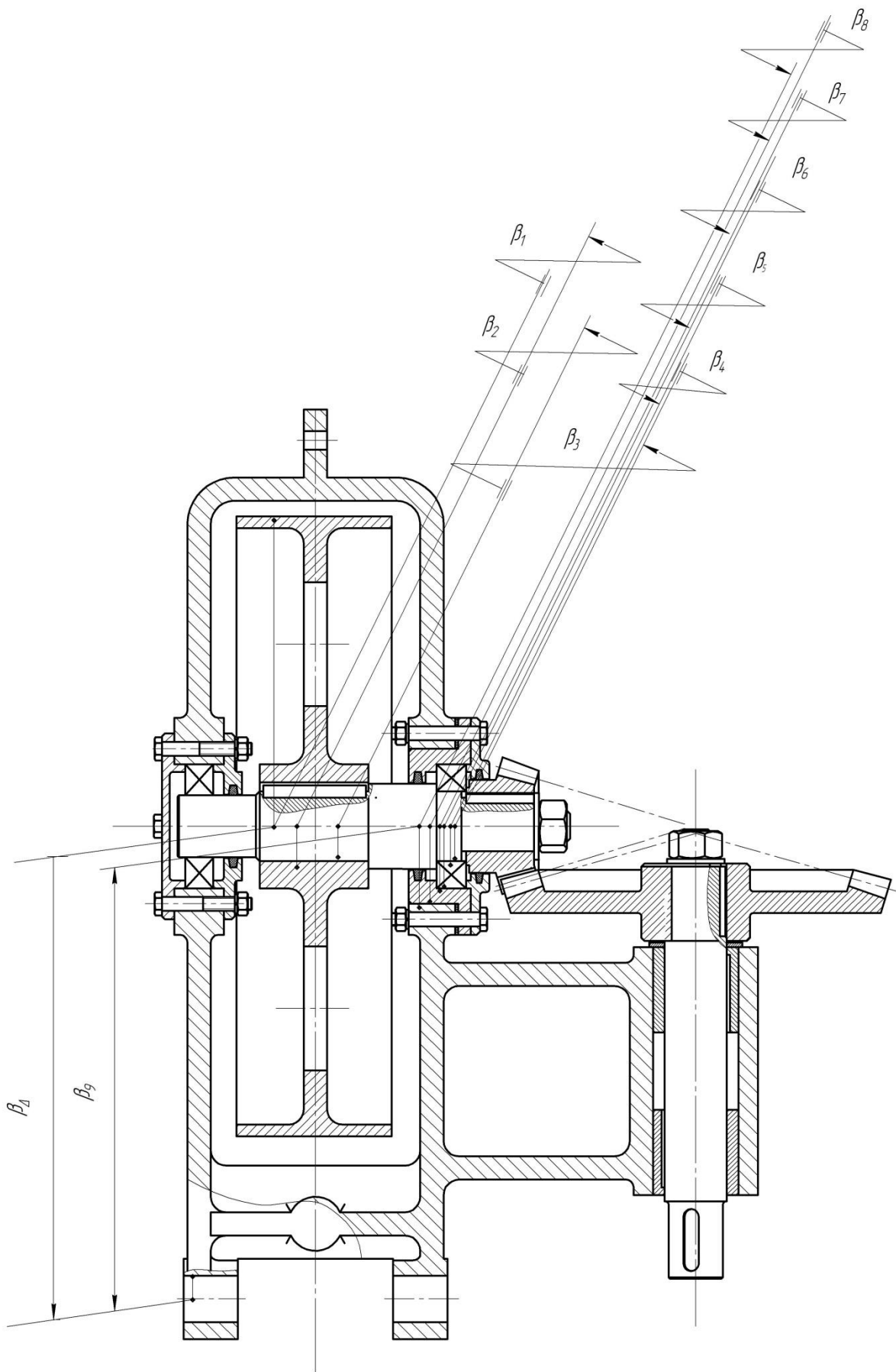


Рисунок 3.15 – Розмірний ланцюг, який забезпечують легкість обертання шківів

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дат.		40

β_6 – відносний поворот вісі зовнішнього кільця підшипника і вісі отвору корпусу підшипника

β_7 – відносний поворот вісі отвору корпусу підшипника і вісі основної бази корпусу підшипника

β_8 – відносний поворот вісі основної бази корпусу підшипника і вісі отвору під швидкохідний вал корпусу.

β_9 – відносний поворот вісі отвору під швидкохідний вал корпусу і вісі основної бази корпусу

3.4 Розрахунок складальних розмірних ланцюгів

Ймовірносним методом проведемо розрахунок розмірного ланцюга А (рисунки 3.11), який забезпечує точність розташування вершин ділільних конусів шестерні і зубчастого колеса в горизонтальній площині

Допуск $A_{\Delta}=0\pm 0,05$ мм : $T_{\Delta}=100$ мкм. В складальній одиниці є одна ланка, яка є стандартизованою, тобто допуск на її розмір ми знаємо, це ланка $A_2 = 15_{-0,02}$ мм – ширина підшипника кочення.

Проводимо розрахунок середнього значення складових ланок розмірного ланцюга:

$$A_{\text{сер}} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |A_i| = \frac{1}{12} \cdot (140 + 15 + 12 + 1 + 0 \cdot 6 + 144) = 26 \text{ мм} . \quad (3.1)$$

Середнє значення допуску ланок:

$$T_{\text{сер}} = \frac{T_{\Delta} - T_c}{1,2\sqrt{m-1}} = \frac{100 - 20}{1,2\sqrt{12-1}} = 20 \text{ мкм} . \quad (3.2)$$

$\Delta_{A_{\Delta}} = +0,50$ мм , $\Delta_{H_{A_{\Delta}}} = -0,50$ мм - граничні відхилення;

Замикаюча ланка буде отримана за IT7, далі проводимо розрахунок ймовірнісним методом:

Знаходимо координату середини поля допуску замикаючої ланки:

$$\Delta_{O_{\Delta}} = 0,5 \cdot (\Delta_{\Delta} + \Delta_{H_{\Delta}}) = 0,5 \cdot (50 + (-50)) = 0_{\text{мкм}}$$

Передаточні відношення складових ланок:

$C_{11} = C_3 = C_5 = C_6 = C_7 = C_8 = C_9 = C_{10} + 1$ – збільшуючі;

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		41

$C_1 = C_2 = C_4 = -1$ – зменшуючі.

Номинальні значення ланок визначаємо із кресленника редуктора кутового. $A_1 = 140$ мм, $A_2 = 15_{-0,02}$ мм, $A_3 = 12$ мм, $A_4 = 1$ мм, $A_2 \dots A_{10} = 0$ мм, $A_{11} = 144$ мм.

$$A_{\Delta} = \sum_{i=1}^m C_i \cdot A_i = 30 + 7,5 + 0 + 0 - 6 - 0 - 0 - 31,5 = 0 \text{ мм.} \quad (3.3)$$

Визначимо коефіцієнт відносного розсіювання λ_i :

$$\lambda_i^2 = (K/t)^2 = (1.732/3)^2 = 0.33, \quad (3.4)$$

де K_i - коефіцієнти відносного розсіювання, приймаємо $K_i = 1,732$

t - коефіцієнт ризику, $t = 3$ [5]

$\alpha_i = 0$.

Параметр i [3]:

$i_1 = 2,52$ мкм, $i_3 = 1,08$ мкм, $i_4 = 0,55$ мкм, $i_5 \dots i_{10} = 0,55$ мкм, $i_{11} = 2,55$ мкм,

Коефіцієнт а точності складових ланок:

$$a = \frac{\sqrt{T_{\Delta}^2 - \sum_{i=1}^n T_{ic}^2 \cdot K_i^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n K_i^2 \cdot i_i^2}} \quad (3.5)$$

$$a = \frac{\sqrt{100^2 - 20^2 \cdot 1.732^2}}{\sqrt{1.732^2 \cdot (7 \cdot 0,55^2 + 2 \cdot 2,52^2 + 1,08^2)}} = 13,58$$

Допуски складових ланок будуть оброблені за IT7, отже $T_1 = T_{11} = 40$ мкм, $T_3 = 18$ мкм, $T_{4..10} = 10$ мкм, [3]

Розрахункове значення допуску замикаючої ланки:

$$T_{\Delta p} = \frac{1}{\lambda_{\Delta}} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^m C_i^2 \cdot \lambda_i^2 \cdot T_i^2}, \quad (3.6)$$

де λ_{Δ} - коефіцієнт відносного розсіювання замикаючої ланки, який в нашому випадку при $C_i = 1$ дорівнює

$$\lambda_{\Delta} = \frac{1}{3} + \frac{0,183}{\sum_{i=1}^{m-1} T_i} \cdot \left(t \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} C_i^2 \cdot \lambda_i^2 \cdot T_i^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^{m-1} C_i^2 \cdot T_i^2} \right) \quad (3.7)$$

$$\lambda_{\Delta} = \frac{1}{3} + \frac{0,183}{7 \cdot 10 + 2 \cdot 40 + 18 + 20} \times \\ \times \left(3 \cdot \sqrt{0,33 \cdot (7 \cdot 10^2 + 2 \cdot 40^2 + 18^2 + 20^2)} - \sqrt{7 \cdot 10^2 + 2 \cdot 40^2 + 18^2 + 20^2} \right) = 0,381$$

$$T_{\Delta p} = \frac{1}{0,381} \cdot \sqrt{0,33 \cdot (7 \cdot 10^2 + 2 \cdot 40^2 + 18^2 + 20^2)} = 100,31 \text{ мкм} \approx 100 \text{ мкм}.$$

Приймаємо попередньо такі розміри:

$A_1=140 \pm 0,02$ мм, $A_2 = 15_{-0,02}$ мм, $A_3=12_{-0,018}$ мм, $A_4=1_{-0,01}$ мм, $A_5=0 \pm 0,005$ мм,
 $A_6=0 \pm 0,005$ мм, $A_7=0 \pm 0,005$ мм, $A_8=0 \pm 0,005$ мм, $A_9=0 \pm 0,005$ мм, $A_{10}=0 \pm 0,005$
 мм, $A_{11}=144 \pm 0,02$ мм.

Координата середини поля допусків складових ланок:

$$\Delta_{o1} = \Delta_{o5} = \Delta_{o6} = \Delta_{o7} = \Delta_{o8} = \Delta_{o9} = \Delta_{o10} = \Delta_{o11} = 0 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_{o2} = -10 \text{ мкм}, \Delta_{o3} = -9 \text{ мкм}, \Delta_{o4} = -5 \text{ мкм}$$

Визначаємо коефіцієнт відносної асиметрії замикаючої ланки:

$$\alpha_{\Delta} = \frac{0,59 \cdot \sum_{i=1}^{m-1} C_i \cdot \alpha_i \cdot T_i}{\sum_{i=1}^{m-1} |C_i| \cdot T_i} \quad (3.8)$$

$$\alpha_{\Delta} = \frac{0,59 \cdot ((-1 \cdot 0 \cdot 40) + (-1 \cdot -10 \cdot 20) + (1 \cdot 0 \cdot 9) + (-1 \cdot -4 \cdot 10) + \\ + (-1 \cdot 0 \cdot 10)6 + (+1 \cdot 0 \cdot 40))}{20 + 18 + 40 \cdot 2 + 10 \cdot 7} = 0,07 \text{ мкм} \approx 0.$$

Результати розрахунку зведено до таблиці 3.1.

Методом максимум-мінімуму проведемо розрахунок розмірного ланцюга В (рисунок 3.13), який забезпечує нормальну роботу підшипника та має 4 ланки без врахування замикаючої.

Допуск $B_{\Delta}=1^{+0,15}$ мм : $T_{\Delta}=150$ мкм. В складальній одиниці є одна ланка, яка є стандартизованою, тобто допуск на її розмір ми знаємо, це ланка $B_4 = 15_{-0,02}$ мм – ширина підшипника кочення.

Визначимо середнє значення складових ланок:

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		43

$$B_{сер} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m |B_i| = \frac{1}{5} \cdot (1 + 7 + 30 + 7 + 15) = 12 \text{ мм.} \quad (3.9)$$

Таблиця 3.1 – Значення ланок розмірного ланцюга А

Ланка	Номинальний розмір, мм	Величина допуску, мкм	Верхнє відхилення, мкм	Нижнє відхилення, мкм
A ₁	140	40	+20	-20
A ₂	15	20	0	-20
A ₃	12	18	0	-18
A ₄	1	10	+5	-5
A ₅	0	10	+5	-5
A ₆	0	10	+5	-5
A ₇	0	10	+5	-5
A ₈	0	10	+5	-5
A ₉	0	10	+5	-5
A ₁₀	0	10	+5	-5
A ₁₁	144	40	+20	-20
A _Δ	0	100	+50	-50

Визначимо середнє значення допуску ланок:

$$T_{сер} = \frac{T_{\Delta} - T_c}{m - 1 - 1} = \frac{150 - 20}{5 - 1 - 1} = 43,3 \text{ мкм.} \quad (3.10)$$

Замикаюча ланка відповідає ІТ9, досягається точність методом повної взаємозамінності:

$$\Delta_{O\Delta} = 0,5 \cdot (\Delta_{в\Delta} + \Delta_{н\Delta}) = 0,5 \cdot (150 + (0)) = +75 \text{ мкм} \quad (3.11)$$

$$\Delta_{в_{A_{\Delta}}} = +0,15 \text{ мм}, \quad \Delta_{н_{A_{\Delta}}} = 0 \text{ мм}$$

Передаточні відношення складових ланок:

C₁ = C₃ = C₄ = -1 – зменшуючі;

C₂ = +1 – збільшуюча.

Номинальні значення ланок визначаємо із кресленника редуктора кутового. B₁ = 7 мм, B₂ = 30 мм, B₃ = 7 мм, B₄ = 15_{-0,02} мм.

$$B_{\Delta} = \sum_{i=1}^m C_i \cdot B_i = 30 - 7 - 7 - 15 = 1 \text{ мм.}$$

Параметр i [3]:

$$i_3 = i_1 = 0,9 \text{ мкм, } i_2 = 1,56 \text{ мкм,}$$

$$a = \frac{T_{\Delta} - T_c}{\sum_{i=1}^{m-1} i_i} = \frac{150 - 20}{0,9 + 0,9 + 1,56} = 38,69. \quad (3.12)$$

Допуски складових ланок будуть оброблені за IT9, отже $T_1 = T_3 = 36$ мкм, $T_2 = 62$ мкм [3]

Визначаємо розрахункове значення допуску замикаючої ланки:

$$T_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} T_i = 36 + 36 + 62 + 20 = 154 \text{ мкм.} \quad (3.13)$$

Виникає неузгодженість, треба зменшити одну ланку на 4 мкм, приймаємо $T_2 = 58$ мкм

$$T_{\Delta} = \sum_{i=1}^{m-1} T_i = 36 + 36 + 58 + 20 = 150 \text{ мкм}$$

Отже попередньо приймаємо : $B_1 = 7_{-0,036}$ мм, $B_2 = 30_{-0,058}$ мм, $B_3 = 7_{-0,036}$ мм, $B_4 = 15_{-0,02}$ мм.

Визначаємо координату середини поля допусків складових ланок:

$$\Delta_{o1} = \Delta_{o3} = -18 \text{ мкм, } \Delta_{o2} = -29 \text{ мкм, } \Delta_{o4} = -10 \text{ мкм,}$$

Проводимо розрахунок розрахункової координати середини поля допуску замикаючої ланки:

$$\Delta_{o_{\Delta p}} = \sum_{i=1}^{m-1} C_i \cdot \Delta_{oi} = -1 \cdot (-18) + (-1 \cdot (-18)) + (-29) + (-1 \cdot (-10)) = 17 \quad (3.14)$$

Виникає неузгодженість, треба перерозподіл допуску узгоджуючої ланки (для збільшуючої ланки):

$$\Delta_{oiy} = \Delta_{o\Delta} - \sum_{i=1}^{n-1} \Delta_{oiзб} + \sum_{n+1}^{m-1} \Delta_{oiзм} \quad (3.15)$$

$$\Delta_{oiy} = 75 - (-18 - 18 - 10) = 121$$

Знаходимо граничні відхилення узгоджуючої ланки:

$$\Delta_{\sigma iy} = \Delta_{oiy} + 0,5 \cdot T_{iy} = 121 + 0,5 \cdot 58 = +150 \quad (3.16)$$

$$\Delta_{niy} = \Delta o_{iy} - 0,5 \cdot T_{iy} = 121 - 0,5 \cdot 58 = +92 \quad (3.17)$$

Таблиця 3.2 – Значення ланок розмірного ланцюга В

Ланка	Номінальний розмір, мм	Величина допуску, мкм	Верхнє відхилення, мкм	Нижнє відхилення, мкм
B ₁	7	18	0	-18
B ₂	30	58	+150	+92
B ₃	7	18	0	-18
B ₄	15	20	0	-20
B _Δ	1	+150	+150	0

4. Технологічний процес складання вузла

4.1 Розробка технологічної схеми складання редуктора кутового

На рисунку 4.1 зображено схему складання редуктора кутового

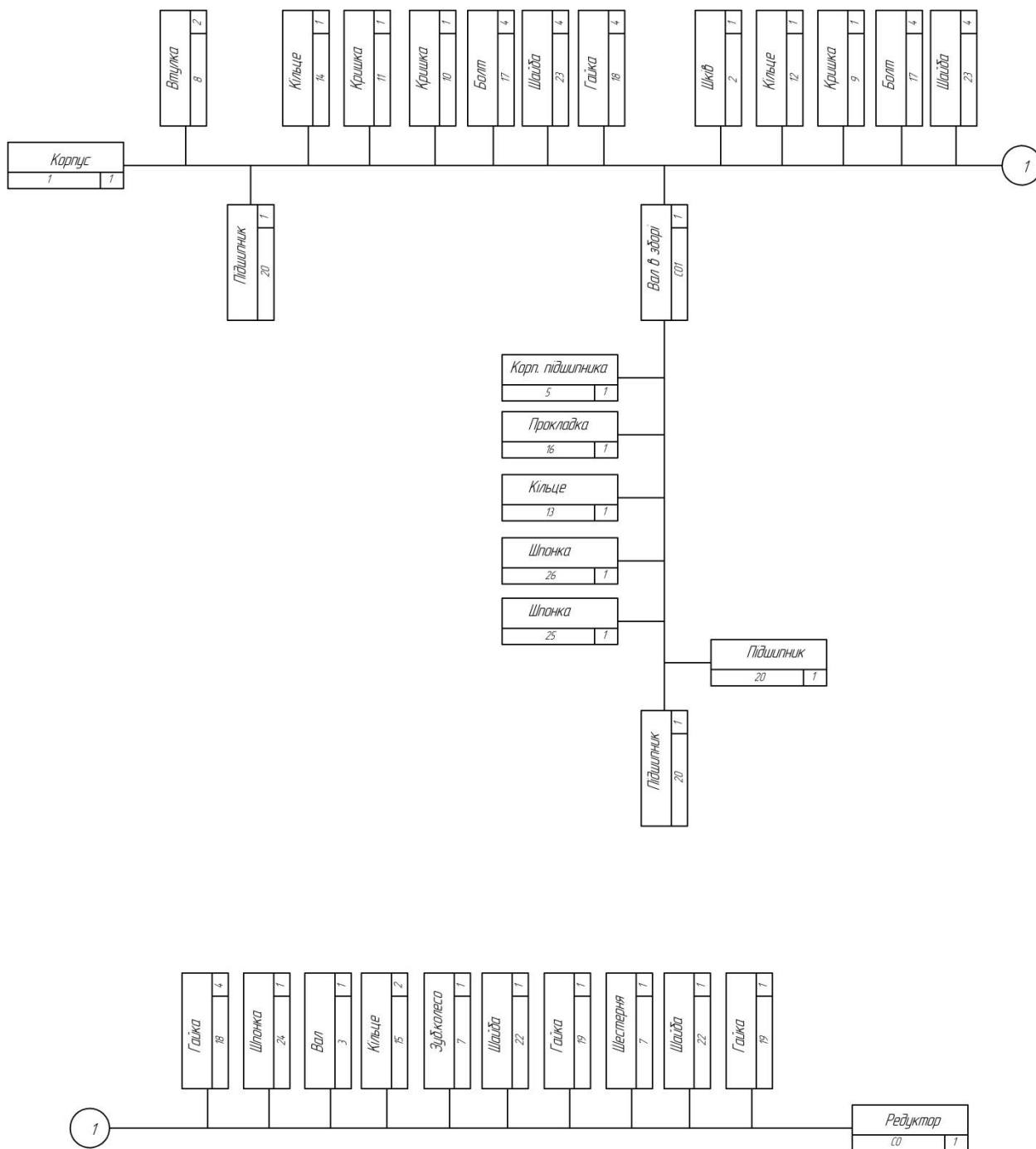


Рисунок 4.1 – Технологічна схема складання редуктора кутового

КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ				
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Титенко Д.М.			
Перевір.	Ігнатенко П.Л.			
Реценз.				
Н. Контр.	Ігнатенко О.А.			
Затв.	Єрошенко А.М.			
Технологічний процес складання вузла			Літ.	Арк.
				Аркушів
			47	4
НУЧП				

4.2 Розробка структури технологічного процесу складання

Операція 005. Складальна

Код операції: 8800

Мета операції: складання валу 4 в зборі

Зміст операції:

- На вал 4 напресувати підшипник 20
- Встановити на вал 4 шпонку 25
- Встановити на вал 4 шпонку 26
- В корпус підшипника 5 встановити кільце 13
- На корпус підшипника 5 вдягнути прокладку 16
- Вдягнути корпус підшипника 5 на вал 4

Інструменти та обладнання:

Прес гідравлічний настільний Unicraft WPP 10 TE [4]

Операція 010. Складальна

Код операції: 8800

Мета операції: складання редуктора кутового

Зміст операції:

- Запресувати в корпус 1 дві втулки 8
- Запресувати підшипник 20 в корпус 1
- вставити сальникове кільце 14 в кришку 11
- Вставити кришку 11 в корпус 1
- Вставити кришку 10 в корпус 1
- Закріпити кришки 11 та 10 чотирма болтами 17 в комплекті із пружинною шайбою 23 та гайкою 18.
- Встановити в корпус вал в зборі із суміщенням зі шківом 2
- Встановити кільце 12 в кришку 9
- Встановити кришку 9 в корпус підшипника 5
- Закріпити корпус підшипника 5 та кришку 9 на корпусі 1 чотирма болтами 17 в комплекті із пружинною шайбою 23 та гайкою 18.

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		48

- Встановити шпонку 24 на вал 3
- Встановити регулювальні кільця 15 на вал 3
- Встановити зубчасте колесо 7 на вал 3
- Закріпити зубчасте колесо 7 за допомогою гайки 19 із шайбою 22
- Встановити шестерню 6 на вал 4
- Закріпити шестерню 6 за допомогою гайки 19 із шайбою 22

Інструменти та обладнання:

Прес гідравлічний настільний Unicraft WPP 10 TE [4]

Набір ріжково-накидних ключів

4.3 Нормування технологічного процесу складання

Згідно нормативів на складання при дрібносерійному виробництві проведено нормування процесу складання [5], детально розглянемо складання вала 4 в зборі:

Норма часу для запресування пальця складає:

$$T_{\text{штскл}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{п.з.}} + T_{\text{обс}} + T_{\text{відп}}, \text{ де} \quad (4.1)$$

$T_{\text{оп}}$ – оперативний час операції 005;

- На вал 4 напресувати підшипник 20 – 0,95 хв.
- Встановити на вал 4 шпонку 25 - 1,85 хв.
- Встановити на вал 4 шпонку 26 -1,85 хв.
- В корпус підшипника 5 встановити кільце 13 – 0,65
- На корпус підшипника 5 вдягнути прокладку 16 – 0,4
- Вдягнути корпус підшипника 5 на вал 4 – 0,3

$$T_{\text{оп}} = 0,95 + 1,85 + 1,85 + 0,65 + 0,4 + 0,3 = 6,0 \text{ хв}$$

$$T_{\text{п.з.}} \text{ – підготовчо-заклучний час (2.0\%), } T_{\text{п.з.}} = 6 \cdot 2\% = 0,04 \text{ хв}$$

$$T_{\text{обс}} \text{ – час на обслуговування робочого місця (3.5\%), } T_{\text{обс}} = 6 \cdot 3,5\% = 0,21 \text{ хв}$$

$$T_{\text{відп}} \text{ – час на відпочинок та власні потреби (6.0\%), } T_{\text{відп}} = 6 \cdot 6\% = 0,36 \text{ хв}$$

$$T_{\text{штскл}} = 6 + 0,04 + 0,21 + 0,36 = 6,61 \text{ хв.}$$

Інша операція занесена вказана в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Норми часу на складання редуктора кутового

Зміст операції	T _{оп} , хв.	T _{пз} /п, хв.	T _{обсл} , хв.	T _{від} , хв.	T _{шк} , хв.
Операція 005	6,0	0,04	0,21	0,36	6,61
Операція 010	21,0	0,42	0,74	1,26	23,42
Всього	27,0	0,46	0,94	1,62	30,03

4.4 Визначення організаційних показників

Визначимо кількість верстаків, які необхідні для складання редуктора кутового:

$$m = \frac{\sum t_i \cdot N_i + k \cdot \sum T_{пз}}{F_d}, \quad (4.2)$$

де t_i – загальний час необхідний для складання редуктора кутового, $t_i=30,03$ хв

N_i – річна програма випуску виробів. ($N_i = 200$ шт.).

k – кількість партій. $k = 20$

$T_{пз_i}$ – підготовчо-заклучний час, $T_{пз}=0,46$ хв

F_d – дійсний річний фонд часу. $F_d = 2040$ год.

$$m = \frac{30,03 \cdot 200 + 20 \cdot 0,46}{2040 \cdot 60} = 0,05, \text{ приймаємо ціле значення } m=1.$$

Завантаженість верстаку при складанні редуктора кутового:

$$\eta = \frac{m}{m_{пр}} \quad (4.3)$$

$$\eta = \frac{0,05}{1} = 0,05$$

Згідно значення завантаженості верстака можна зробити висновок, що окрім складання редуктора кутового на даному робочому місці буде виконуватися і складання інших виробів.

5. Технологічний процес механічної обробки деталі

5.1 Вибір і проектування вихідної заготовки

Враховуючи конфігурацію деталі (вала 4 (рисунок 1.2)), тип виробництва (дрібносерійне), то в даному випадку найкращий вибір вихідної заготовки буде сортовий гарячекатаний прокат круглого перерізу діаметром 56 мм порізаний на заготовки довжиною 258 мм.

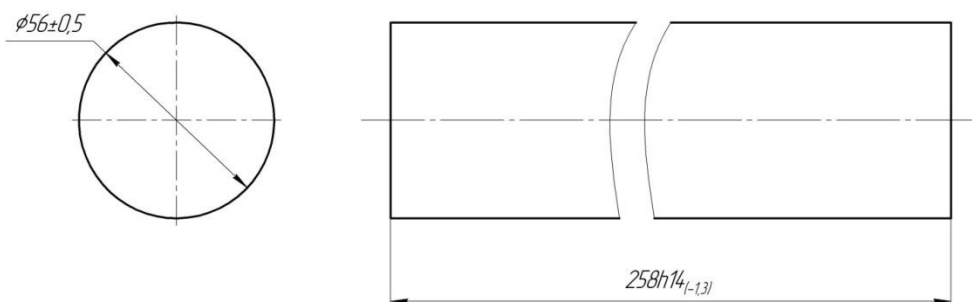


Рисунок 5.1 – Заготовка вала 4

5.2 Розробка технологічного маршруту механічної обробки деталі

5.2.1 Виявлення основних розмірних зв'язків поверхонь деталі

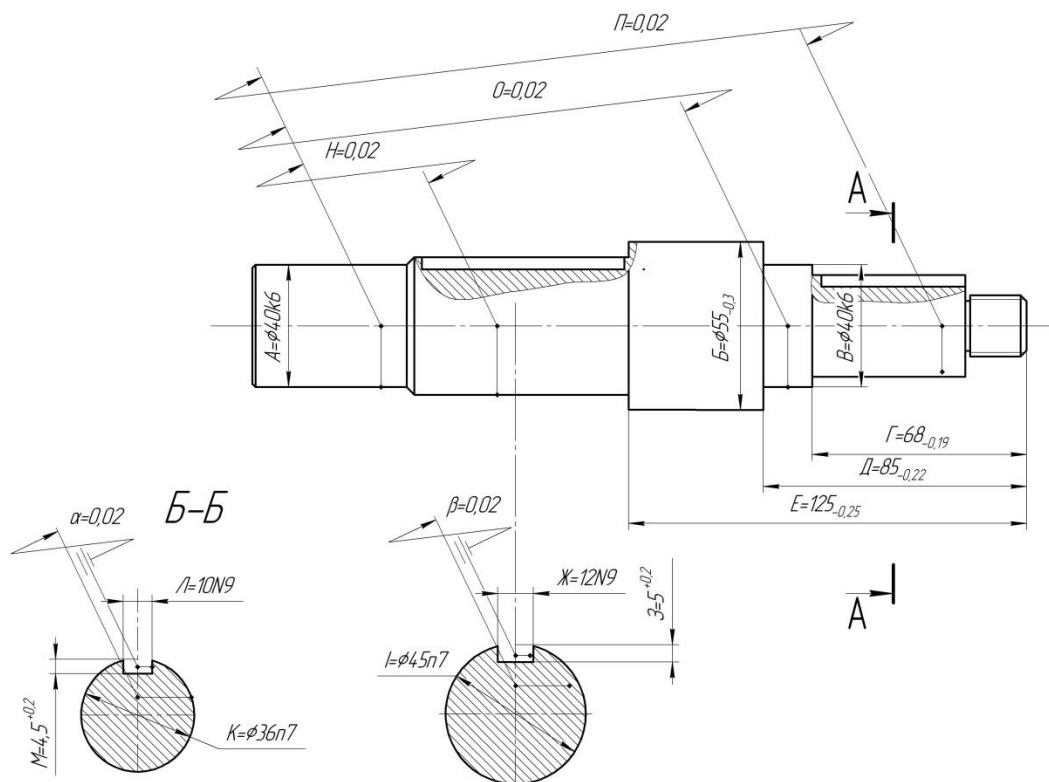


Рисунок 5.2 – Розмірні зв'язки вала

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Титенко Д.М.				Технологічний процес механічної обробки деталі	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Ігнатенко П.Л.						51	16
Реценз.						НУЧП		
Н. Контр.	Ігнатенко О.А.							
Затв.	Єрошенко А.М.							

5.2.2 Аналіз норм точності вала

1. Забезпечити точність шийки валу $\varnothing 40k6$ мм та шорсткість поверхні Ra 0,8 мкм.
2. Забезпечити точність другої шийки валу $\varnothing 40k6$ мм, співвісність відносно першої шийки валу в межах допуску $T=0,02$ мм та шорсткість поверхні Ra 0,8 мкм.
3. Забезпечити точність поверхні під шків $\varnothing 45n7$ мм, співвісність відносно першої шийки валу в межах допуску $T=0,02$ мм та шорсткість поверхні Ra 1,6 мкм.
4. Забезпечити точність поверхні під зубчасте колесо $\varnothing 36n7$ мм, співвісність відносно першої шийки валу в межах допуску $T=0,02$ мм та шорсткість поверхні Ra 1,6 мкм.
5. Забезпечити точність розміру $125_{-0,25}$ мм
6. Забезпечити точність розміру $85_{-0,22}$ мм
7. Забезпечити точність розміру $68_{-0,19}$ мм
8. Забезпечити точність шпонкового пазу витримуючи 12N9 мм, $5^{+0,2}$ мм, паралельність відносно поверхні під шків $T=0,02$ мм та симетричність відносно поверхні під шків $T=0,02$ мм, та шорсткість поверхні Ra 2,5 мкм.
9. Забезпечити точність шпонкового пазу витримуючи 10N9 мм, $4,5^{+0,2}$ мм, паралельність відносно поверхні під шестерню $T=0,02$ мм та симетричність відносно поверхні під шестерню $T=0,02$ мм, та шорсткість поверхні Ra 2,5 мкм.
10. Забезпечити точність зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 55_{-0,3}$ мм

Недотримання точності шийок вала $\varnothing 40k6$ мм призведе до недотримання посадок під підшипники кочення, що в свою чергу вплине на довговічність роботи підшипників та легкість обертання валу зі шківом.

Недотримання точності зовнішніх циліндричних поверхонь під шків та під зубчасте колесо не забезпечить необхідні посадки для даних єднань, що

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		52

14. Забезпечити точність розташування шпонкового пазу 10N9 мм витримуючи $4,5^{+0,2}$ мм, паралельність відносно поверхні під шестерню $T=0,02$ мм та симетричність відносно поверхні під шестерню $T=0,02$ мм.

15. Забезпечити точність зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 55_{-0,3}$ мм

5.2.4 Вибір методів і кількості переходів обробки поверхонь

Для кожної із задач визначаємо можливі методи обробки поверхонь, дані заносимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Методи і кількість переходів обробки поверхонь

Номер задачі	Параметри	Значення параметрів	Можливі методи і кількість переходів обробки (варіанти)		
			1	2	3
1	2	3	4	5	6
1	Точність розмірів	$\varnothing 40k6$ мм,	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке Шліфування	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке Алмазне вигладжування
	Шорсткість	Ra 0,8			
2, 3	Точність розмірів	$\varnothing 40k6$ мм,	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке Шліфування	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке Алмазне вигладжування
	Співвісність	0,02			
	Шорсткість	Ra 0,8			
4, 5	Точність розмірів	$\varnothing 45n7$ мм	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке Алмазне вигладжування
	Співвісність	0,02 мм			
	Шорсткість	Ra 1,6			
6, 7	Точність розмірів	$\varnothing 36n7$ мм	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке Алмазне вигладжування
	Співвісність	0,02 мм			
	Шорсткість	Ra 1,6			
8	Точність розмірів	$125_{-0,25}$	Точіння чорнове Точіння чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування	-
9	Точність розміру	$85_{-0,22}$	Точіння чорнове Точіння чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування	-

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
10	Точність розмірів	68 _{-0,19}	Точіння чорнове Точіння чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування	-
11,12	Точність розмірів	12N9 5 ^{+0,2}	Фрезерування шпонкового пазу за декілька проходів	Фрезерування шпонкового пазу за один прохід	-
	Симетричність	0,02			
	Паралельність	0,02			
	Шорсткість	Ra 2,5			
13,14	Точність розмірів	10N9 4,5 ^{+0,2}	Фрезерування шпонкового пазу за декілька проходів	Фрезерування шпонкового пазу за один прохід	-
	Симетричність	0,02			
	Паралельність	0,02			
	Шорсткість	Ra 2,5			
15	Точність розмірів	Ø55 _{-0,3}	Точіння чорнове Точіння чистове	Точіння чорнове Точіння чистове Шліфування	-

5.2.5 Вибір технологічних баз

Вирішимо задачу №7, при якій при обробці зовнішньої циліндричної поверхні під шестерню витримуючи співвісність 0,02 мм.

При першому варіанті базування заготовка буде закріплюватися токарним самоцентрівним патроном по вже обробленій поверхні, базування вданому випадку буде:

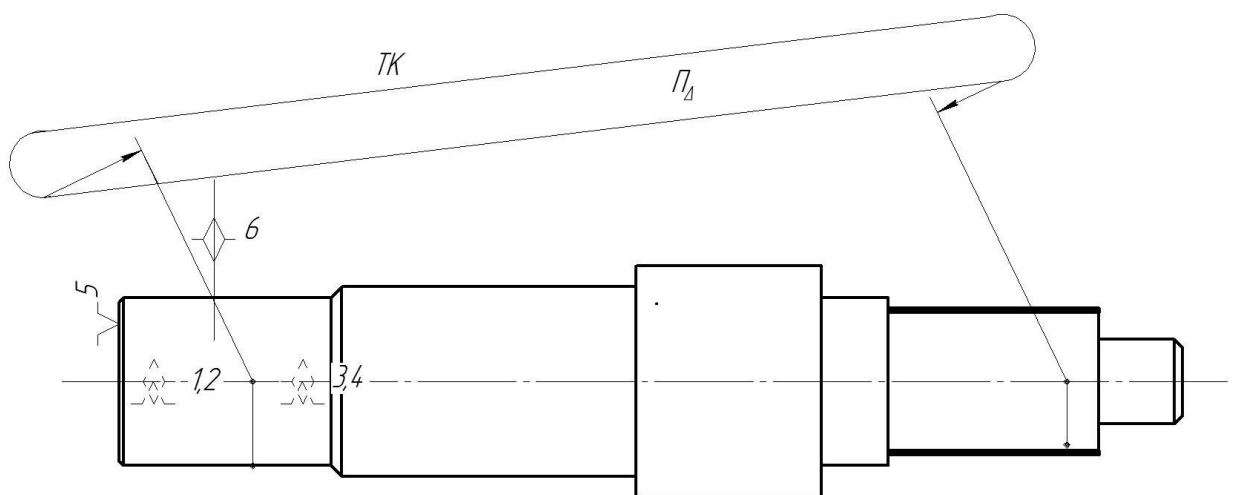


Рисунок 5.3 – Базування вала (перший варіант) при обробці поверхні під шестерню

$$P_{\Delta} = \omega_{\text{точ.тонк.}}^1 = \frac{0,03}{300} = \frac{0,005}{48} \text{ мм [3]}$$

$$T=0,02 \text{ мм}$$

При другому варіанті базування заготовка буде закріплюватися в центрах, базування вданому випадку буде:

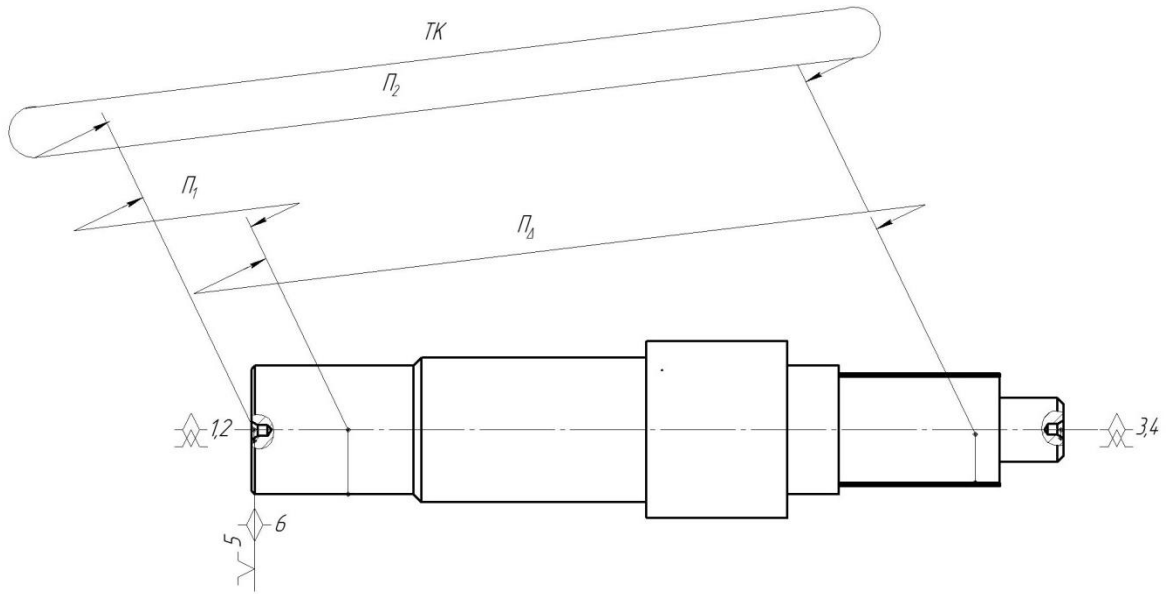


Рисунок 5.4 – Базування вала (другий варіант) при обробці поверхні під шестерню

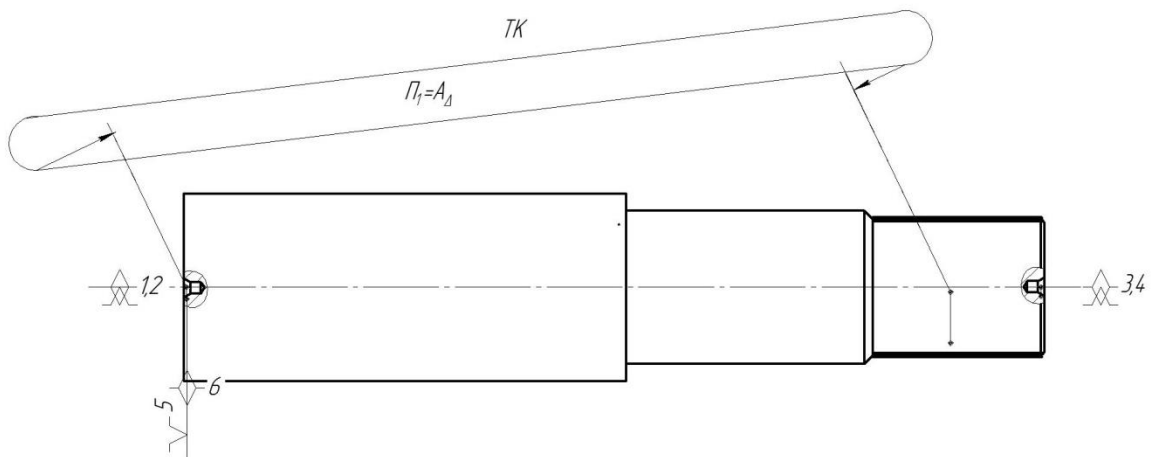


Рисунок 5.5 – Базування вала на попередній операції при другому варіанті базування

$$\Pi_{\Delta} = \Pi_1 + \Pi_2$$

$$\Pi_2 = \omega_{\text{точ.тонк.}}^2 = \frac{0,03}{300} = \frac{0,005}{48} \text{ мм [3]}$$

$$\Pi_2 = A_{\Delta} = \omega_{\text{точ.тонк.}}^2 = \frac{0,03}{300} = \frac{0,005}{48} \text{ мм [3]} \quad \text{буде отримане на попередній операції (рисунок 5.5)}$$

$$\Pi_{\Delta} = \Pi_1 + \Pi_2 = \frac{0,005}{48} + \frac{0,005}{48} = 0,01 \text{ мм}$$

$$T=0,02 \text{ мм}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.
-----	------	----------	--------	------

Таблиця 5.2 – Порівняння результатів

Параметр	Варіант базування 1	Варіант базування 2
$\Pi=0,02$ мм	0,005	0,01

Після розрахунків видно, що найточніший варіант базування при першому варіанті, однак найкращий і зручніший в даному варіанті буде обрати другий варіант базування при закріпленні вала в центрах, отже обираємо другий варіант базування.

Вирішимо задачу №13, при якій при обробці фрезерування шпонкового пазу витримуючи розміри $4,5^{+0,2}$ мм.

При першому варіанті заготовка буде закріплюватися в центрах, базування в даному випадку буде:

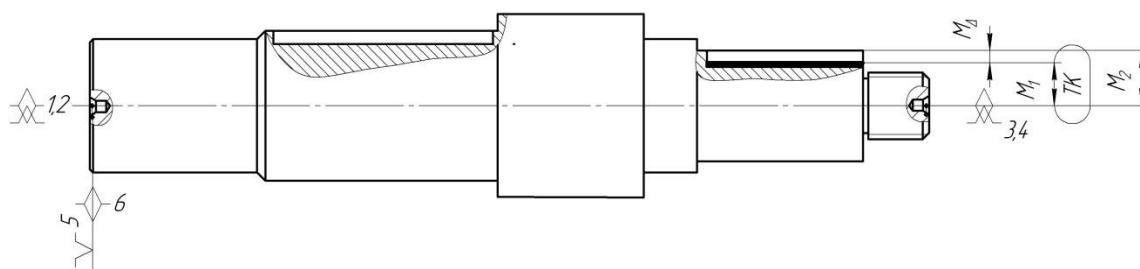


Рисунок 5.6 – Базування вала (перший варіант) при обробці шпонкового вала

$$M_{\Delta} = M_1 + M_2,$$

$$M_1 = \omega_{\text{ткфрез.}} = 0,03 \text{ мм}$$

$$M_2 = \omega \Gamma_{\Delta} = \omega_{\text{точ.тон}} = 0,05 \text{ (рисунок 3.19)}$$

$$A_{\Delta} = A_1 + A_2 = 0,03 + 0,05 = 0,08 \text{ мм,}$$

$$T_{\Delta} = 0,2 \text{ мм.}$$

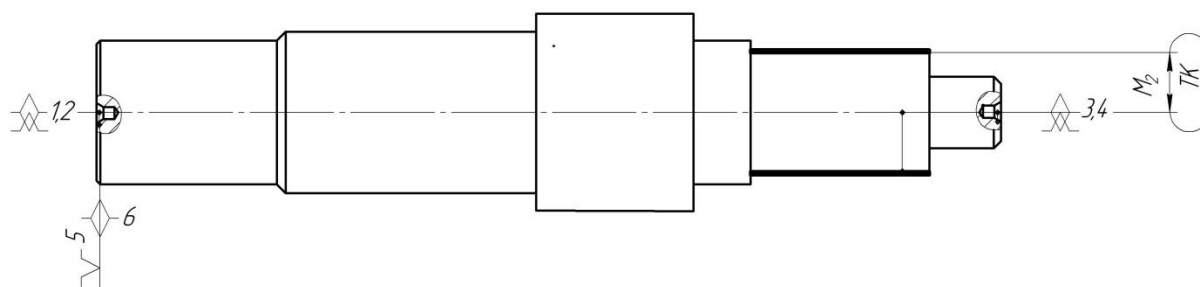


Рисунок 5.7 – Базування вала на попередній операції при першому варіанті базування

При другому варіанті заготовка буде закріплюватися на призмі, базування вданому випадку буде:

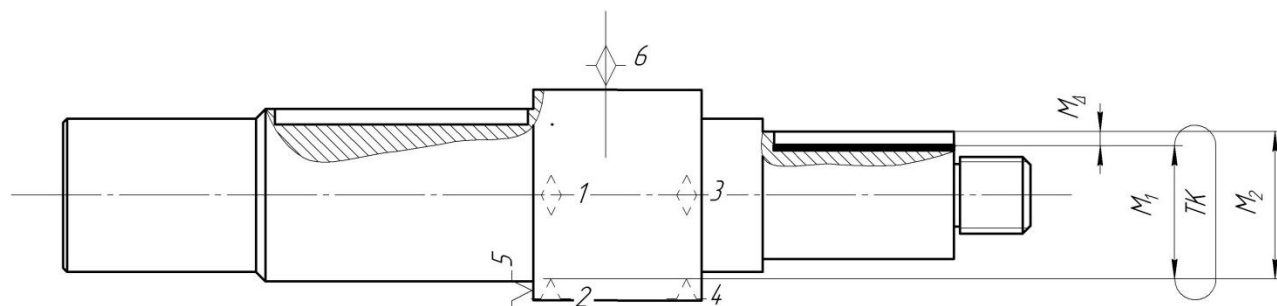


Рисунок 5.8 – Базування вала (другий варіант) при обробці шпонкового валу

$$M_{\Delta} = M_1 + M_2,$$

$$M_1 = k \cdot T_d = 1,21 \cdot 0,025 = 0,03 \text{ мм},$$

T_d – допуск розміру (бази), $T_d = 0,025$ мм

$$M_2 = B_{\Delta}. \text{ (рисунок 5.9)}$$

$$B_{\Delta} = B_1 + B_2,$$

$$B_1 = \omega_{\text{точ.чист}} = 0,05 \text{ мм}$$

$$B_2 = V_{\Delta} = \omega_{\text{центр}} = 0,05 \text{ (рисунок 5.10)}$$

$$M_{\Delta} = 0,03 + 0,05 + 0,05 = 0,13 \text{ мм},$$

$$T_B = 0,2 \text{ мм.}$$

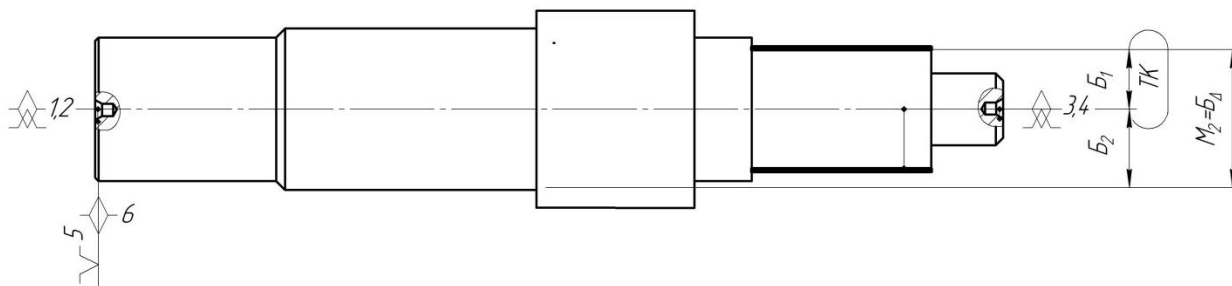


Рисунок 5.9 – Базування вала на попередній операції при другому варіанті базування

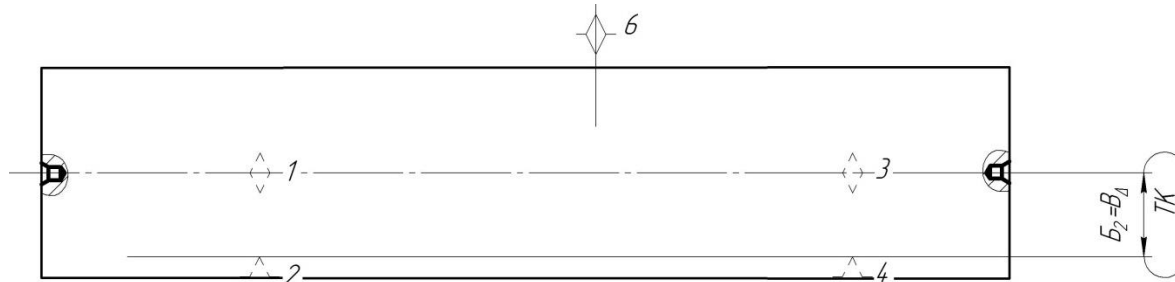


Рисунок 5.10 – Базування вала на попередній операції при другому варіанті базування

Таблиця 5.3 – Порівняння результатів

Параметр	Варіант базування 1	Варіант базування 2
M=0,2 мм	0,1	0,13

Обираємо другий варіант базування, оскільки він більш поширений при обробці деталей даного типу і не вимагає застосування додаткових пристроїв.

5.2.6 Вибір послідовності обробки поверхонь

1. Фрезерування торців
2. Свердління центрувальних отворів
3. Чорнове, чистове та тонке точіння лівої частини валу
4. Чорнове, чистове та тонке точіння правої частини валу
5. Фрезерування шпонкових пазів
6. Шліфування шийок вала
7. Нарізання різі на валу

5.2.7 Розробка структури маршруту обробки

Операція 005 Фрезерно-центрувальна

Мета операції: фрезерування торців та свердління двох центрувальних отворів.

Зміст операції:

- Фрезерування двох торців витримуючи 245h14_(-1,15) мм.
- свердління двох центрувальних отворів витримуючи А4 ГОСТ 14034-74.

Базування на витримуванні розміри під час обробки валу на операції 005 наведено на рисунку 5.11.

Обґрунтування засобів досягнення поставленої мети операції: точність розміру 245h14_(-1,15) мм забезпечується за рахунок точності позиціонування верстату.

Необхідність виконання операції: забезпечення чистових баз (центрувальних отворів), які будуть використовуватися в якості баз на наступних базах.

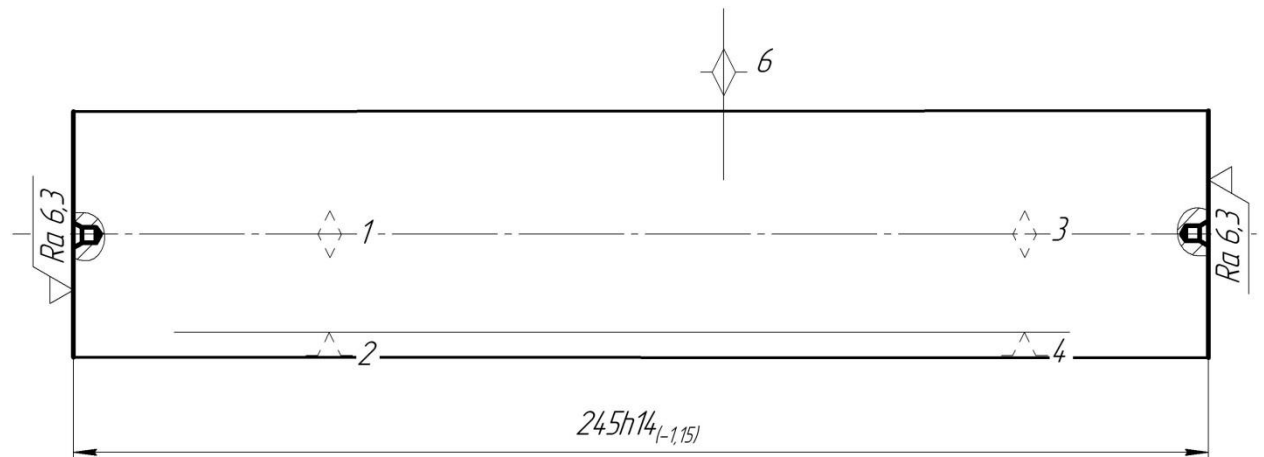


Рисунок 5.11 – Базування валу на операції 005

Обладнання: фрезерно-центрувальний верстат 2Г942 [6].

Верстатний пристрій: верстатні лещата із призматичними губками.

Різальний інструмент:

- насадна фреза CoroMill 245, типу R245-063Q22-12H, $\varnothing 63$ мм, $z=6$ [7],
- комбіноване центрувальне свердло тип А

Вимірювальний інструмент, засоби контролю: штангенциркуль Intertool МТ-3030, максимальний розмір виміру 300 мм, точність інструменту 0,05 мм.

Операція 010 Програмно-комбінована

Мета операції: чорнова, чистова та тонка токарна обробка зовнішніх циліндричних поверхонь валу.

Зміст операції:

Установ 1

- чорнове точіння зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 55_{-0,3}$ мм витримуючи $85_{-0,22}$ мм, шорсткість Ra 6,3 мкм,
- Чорнове точіння зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 47_{h12}$ мм за три проходи витримуючи $125_{-0,25}$ мм, шорсткість Ra 6,3 мкм

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		60

- Чистове точіння зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 45,5h8$ мм з утворенням ступені $\varnothing 41h8$ мм витримуючи $125_{-0,25}$ мм, 45° , 50 мм, шорсткість Ra 2,5 мкм
- Тонке точіння зовнішньої циліндричної поверхні (двох поверхонь) $\varnothing 45n7$ мм та $\varnothing 40,5h7$ мм з утворенням фаски 1×45 , витримуючи $125_{-0,25}$ мм, 45° , 50 мм, співвісність поверхні під шків відносно шийки в межах допуску 0,02 мм, шорсткість Ra 1,6 мкм.

Установ 2

- чорнове точіння зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 43h12$ мм за три проходи витримуючи $85_{-0,22}$ мм, шорсткість Ra 6,3 мкм,
- чорнове точіння зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 38h12$ мм витримуючи $68_{-0,19}$ мм, шорсткість Ra 6,3 мкм
- чорнове точіння зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 21h12$ мм витримуючи 20 мм, шорсткість Ra 6,3 мкм.
- Чистове точіння зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 41h8$ мм витримуючи $85_{-0,22}$ мм, шорсткість Ra 2,5 мкм.
- Чистове точіння зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 37h8$ мм витримуючи $68_{-0,19}$ мм, шорсткість Ra 2,5 мкм.
- Чистове точіння зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 20h8$ мм витримуючи 20 мм з утворення фаски 2×45 , шорсткість Ra 2,5 мкм.
- Тонке точіння зовнішньої циліндричної поверхні (двох поверхонь) $\varnothing 40,5h7$ мм, $\varnothing 36n7$ мм витримуючи $85_{-0,22}$ мм, $68_{-0,19}$ мм, співвісність поверхні під щестерню відносно шийки в межах допуску 0,02 мм, шорсткість Ra 1,6 мкм.
- Точіння канавки витримуючи $\varnothing 17h14$ мм, $3H14$ м, 20 мм.

Базування на витримуванні розміри під час обробки валу на операції 010 на двох установах наведено на рисунку 5.12.

Обґрунтування засобів досягнення поставленої мети операції:
точність діаметральних розмірів забезпечується за рахунок точності

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		61

позиціювання верстату, співвісності забезпечуються за рахунок базування деталі..

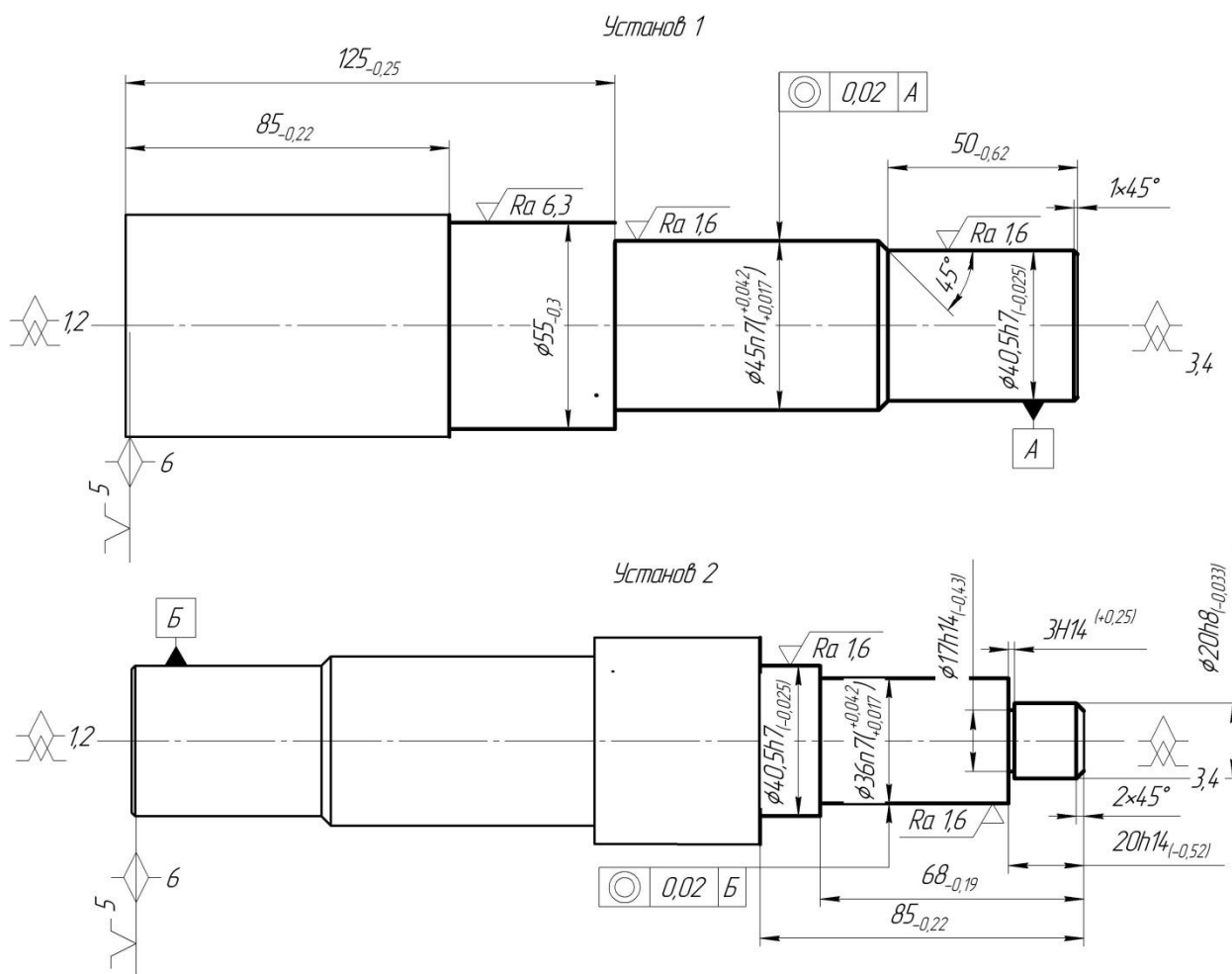


Рисунок 5.12– Базування валу на операції 010

Необхідність виконання операції: забезпечення начисто оброблених поверхонь перед подальшою обробкою деталі.

Обладнання: токарно-фрезерний обробний центр СТХ 400 S2 [8].

Верстатний пристрій: повідковий патрон, два центри, задній обертовий.

Різальний інструмент:

- Різець C10-PCLNR-68110-25, тип пластини: чорнова –CNMG 25 09 24-MR 4335 [9].

Чистова - CNMG 25 09 24-PR 4325

Тонка -CNMG 25 09 24-PR 4335

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дат
-----	------	---------	--------	-----

Вимірювальний інструмент, засоби контролю: Універсальний вимірювальний щуп "UNIVERSAL 3D SENSOR" - 80.365.40.FHN [10].

Операція 015 Шпоночно-фрезерна

Мета операції: обробка шпоночних пазів.

Зміст операції:

- фрезерування шпоночного пазу витримуючи розміри 12N9 мм, на глибину $5^{+0,2}$ мм та довжиною 60 мм, 5 мм, симетричність розташування пазу 0,02 мм та паралельність пазу 0,02 мм відносно зовнішньої циліндричної поверхні.
- фрезерування шпоночного пазу витримуючи розміри 10N9 мм, на глибину $4,5^{+0,2}$ мм витримуючи розмір 5 мм, симетричність розташування пазу 0,02 мм та паралельність пазу 0,02 мм відносно зовнішньої циліндричної поверхні.

Базування на витримуванні розміри під час обробки валу на операції 015 наведено на рисунку 5.13.

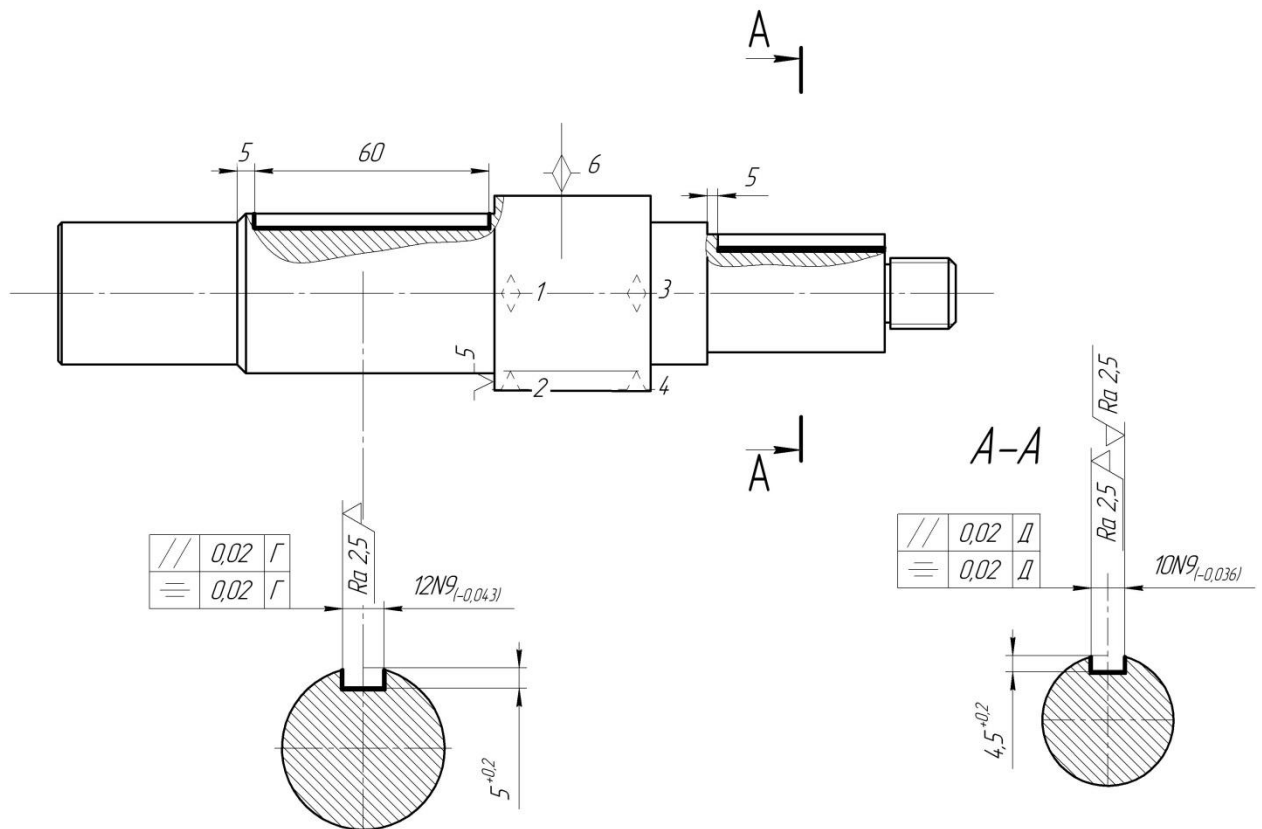


Рисунок 5.13– Базування валу на операції 015

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.

КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ

Арк.

63

Обґрунтування засобів досягнення поставленої мети операції:
глибина шпонкових пазів, то тоскність їх розташування, симетричність залежить від базування, точність розміру пазів залежить від точності інструменту.

Необхідність виконання операції: забезпечення точності параметрів згідно кресленика вала.

Обладнання: шпоночно-фрезерний вертикальний верстат 692Д.

Верстатний пристрій: зібраний з УЗП.

Різальний інструмент:

- фреза кінцева шпоночна 2F342-1000-050-PD P2BM., Ø10 мм, z – 5 [11].
- фреза кінцева шпоночна 2F342-1200-050-PD P2BM., Ø12 мм, z – 5 [12].

Вимірювальний інструмент, засоби контролю: калібр-призма шпоночна ГОСТ 24114-80

Операція 020 Круглошліфувальна

Мета операції: шліфування шийок валу.

Зміст операції:

Установ1

- шліфування лівої шийки валу Ø40к6 мм шорсткість Ra 0,8 мкм,

Установ2

- шліфування правої шийки валу Ø40к6 мм, співвісність відносно першої шийки в межах допуску 0,02 мм та шорсткість Ra 0,8 мкм,

Базування на витримуванні розміри під час обробки валу на операції 020 на двох установках наведено на рисунку 5.14.

Обладнання: круглошліфувальний верстат 3М153АФ11 [13].

Верстатний пристрій: повідковий патрон, два центри, задній обертовий.

Різальний інструмент: шліфувальний круг 150х32х32 (вулканітова зв'язка).

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Анк.
Зм.	Анк.	№ докум.	Підпис	Дат		64

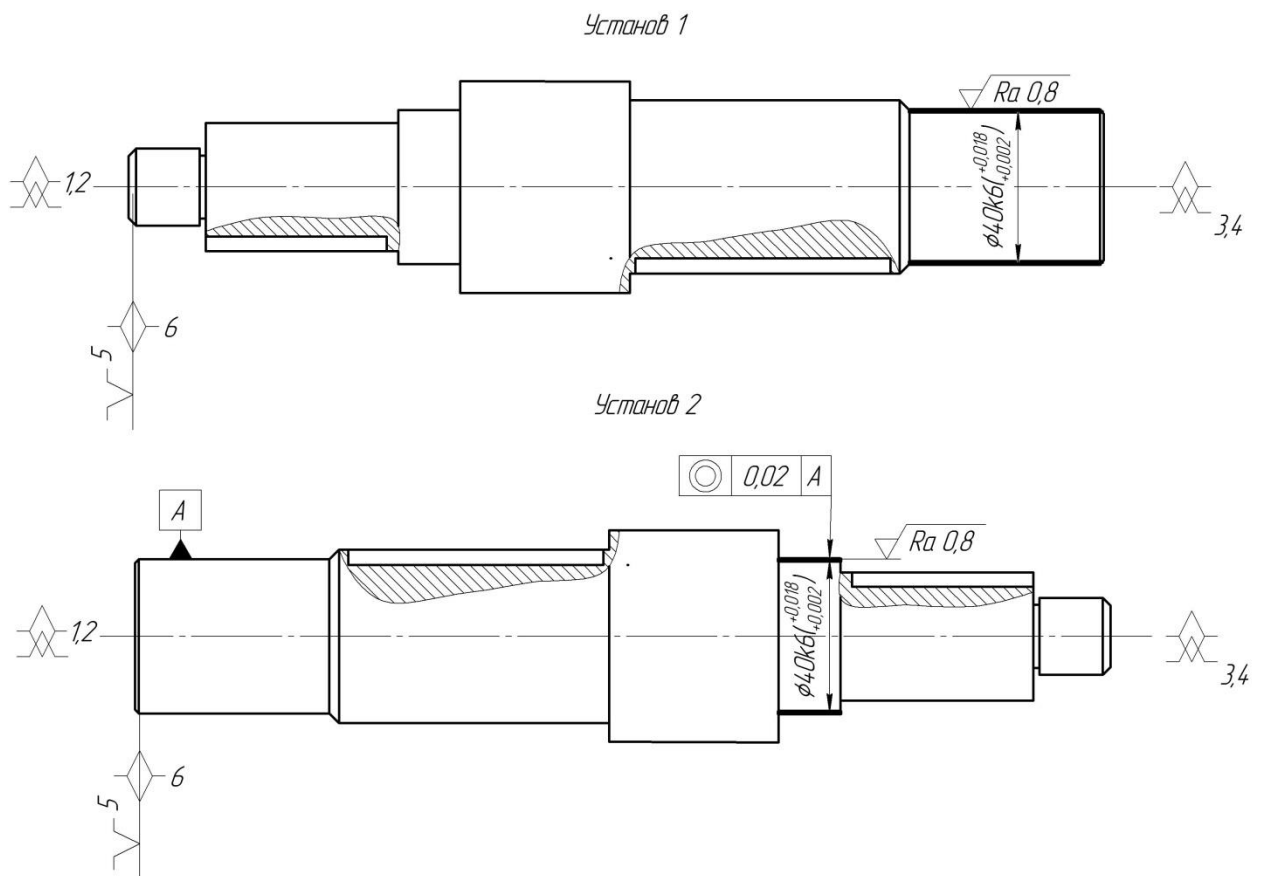


Рисунок 5.14– Базування валу на операції 020

Вимірювальний інструмент, засоби контролю: штангенциркуль Intertool МТ-3030, максимальний розмір виміру 300 мм, точність інструменту 0,05 мм, універсальний індикаторний пристрій GROZ DLG / 10, точність 0,01 мм.

Операція 025 Програмно-комбінована

Мета операції: точіння різі

Зміст операції:

- Точіння метричної різі витримуючи М20 мм, 20 мм.

Базування на витримуванні розміри під час обробки валу на операції 025 наведено на рисунку 5.15.

Обґрунтування засобів досягнення поставленої мети операції: точність різі залежить від позиціонування верстату.

Необхідність виконання операції: забезпечення точності метричної різі.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис.	Дат.

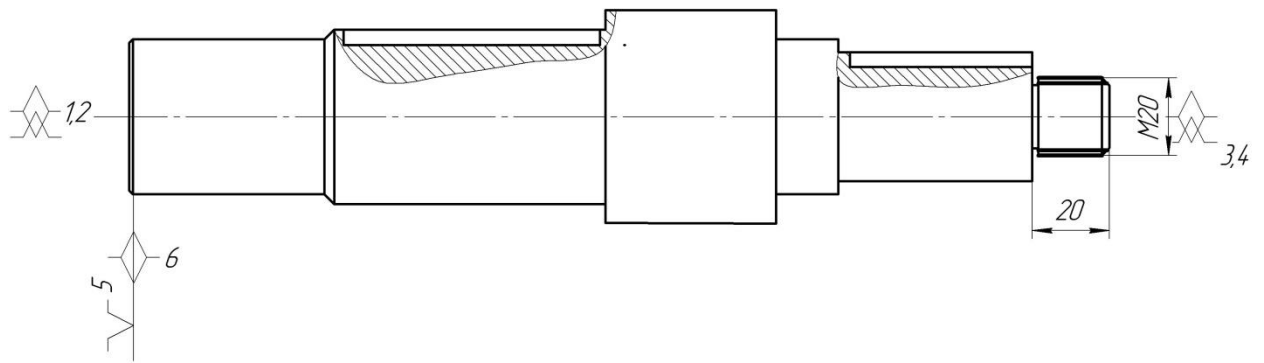


Рисунок 5.15– Базування валу на операції 025

Обладнання: токарно-фрезерний обробний центр СТХ 400 S2 [8].

Верстатний пристрій: повідковий патрон, два центри, задній обертовий.

Різальний інструмент:

- Різець 570-25L123T06B [14].

Вимірювальний інструмент, засоби контролю: різеві шаблони.

6. Технологічне оснащення процесів

6.1 Технологічне оснащення операцій механічної обробки вала

На першій операції обробка проводиться на фрезерно-центрувальному верстаті 2Г942 [6]. Даний верстат нормальної точності і на ньому проводиться спочатку одночасна обробка торців валів фрезеруванням, а потім одночасно обробка центрувальних отворів .



Рисунок 6.1 – Фрезерно-центрувальний верстат 2Г942

Граничні розміри деталі (довжина), яка оброблюється – 100...1000 мм.

Граничні розміри деталі (діаметр), яка оброблюється – 20...150 мм.

Найбільший діаметр свердління – 16 мм.

Найбільший діаметр фрезерування – 150 мм.

					КР ЗТМ 191.002.002 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Титенко Д.М			Технологічне оснащення процесів	Літ.	Арк.	Архивів
Перевір.		Ігнатенко П.Л.					67	4
Реценз.						НУЧП		
Н. Контр.		Ігнатенко О.А.						
Затв.		Єрошенко А.М.						

Частота обертання свердлильного шпинделя – 290..2300 об/хв.

Частота обертання фрезерного шпинделя – 125..712 об/хв.

Токарна обробка проводиться на токарно-фрезерному обробному центрі СТХ 400 S2 [8]. Максимальний діаметр точіння над станиною – 420 мм, отвір в шпинделі 79 мм, оберти шпинделя – 5000 об/хв. Кількість інструментів в револьверній голівці – 12 шт (VDI 40), 6 із них приводних.



Рисунок 6.2 – Токарно-фрезерний обробний центр СТХ 400 S2

Фрезерування шпонкових пазів буде проводитися на шпоночно-фрезерному вертикальному верстаті 692Д [15]. На верстат проводиться обробка шпонкових пазів розміром від 4 до 28 мм в напівавтоматичному режимі. На верстаті можна провисти обробку як маятниковим методом так і за один прохід із подальшою калібрувкою пазу.

Шліфування шийок валу виконується на круглошліфувальному верстаті ЗМ153АФ11. Найбільший діаметр заготовки – 200 мм, найбільша довжина заготовки 650 мм. Частота обертання шпинделя від 10 до 1600 об/хв. Клас точності верстату – А.



Рисунок 6.3 – Шпоночно-фрезерний вертикальний верстат 692Д



Рисунок 6.4 – Круглошліфувальний верстат 3М153АФ11

										Арк.
										69
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дат						
										КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ

1.2 Технологічне оснащення для складання

Для запресування підшипників та інших деталей редуктора кутового використовується прес гідравлічний настільний Unicraft WPP 10 TE. Номінальне зусилля пресу – 10 т., діаметр поршня – 40 мм, розмір основи – 570x495 мм, висота – 1058 мм, хід поршня – 175 мм.



Рисунок 6.5 – Прес гідравлічний настільний Unicraft WPP 10 TE

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат.		70

Висновок

В кваліфікаційній роботі бакалавра розглянуто редуктор кутовий, який запропоновано встановити в привід стаціонарного конвеєра, який забезпечує підйом насипного вантажу на кут до 20°. Річна програма випуску редукторів 200 шт. На основі вихідних даних було виконано функціональний аналіз, силовий аналіз, розмірний аналіз.

Розроблено схему складання, визначено, що редуктор кутовий складається на одному робочому місці за 30.03 хв.

Обробка валу проводиться за п'ять операцій, для кожної операції підібрано верстат, інструмент, пристрої.

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Висновок	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Титенко Д.М.							
<i>Перевір.</i>	Ігнатенко П.Л.						71	1
<i>Реценз.</i>						НУЧП		
<i>Н. Контр.</i>	Ігнатенко О.А.							
<i>Затв.</i>	Єрошенко А.М.							

Перелік посилань

1. Studfile [Електронний ресурс]. – режим доступа: <https://studfile.net/preview/9770387/page:35/>
2. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.; Издательский центр «Академия», 2004. –496 с.
3. Размерный анализ конструкций. Справочник / С.Г. Бондаренко, О.Н. Чередников, В.П. Губий, Т.М. Игнатцев. Под общ. ред. С.Г. Бондаренко. – К.: Техника, 1989. – 150 с.
4. Stroyshop stroyshop [Електронний ресурс]. – режим доступа: https://stroyshop.com.ua/ru-press-gidravlicheskiy-unicraft-wpp-10-te-nastolnyy-10-t/?gclid=CjwKCAjwmrqzBhAoEiwAXVpgovC48DQBZ4mXJDNqi2sYsi20lkrG4ftxH9HNEPSa9BHIQ8eP_llqJhoCpxIQA_vD_BwE
5. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку деталей и слесарно-сборочные работы по сборке машин в условиях единичного производства. – М.: Экономика, 1991. – 159с.
6. Все о станках. [Електронний ресурс]. – режим доступа: <https://vseostankah.com/po-metallu/frezerno-tsentrovalnyj-stanok-2g942.html>
7. Sandvik coromant [Електронний ресурс]. – режим доступа: <https://www.sandvik.coromant.com/en-us/product-details?c=r245-063q22-12h>
8. Вінітек. [Електронний ресурс]. – режим доступа: <https://vitcompany.com.ua/stanki/tokarnye-stanki/tokarno-frezernye-stanki-s-chpu/tokarno-frezernyy-standok-c-chpu-gildemeister-ctx-400-s2-id16973.html>
9. Sandvik coromant [Електронний ресурс]. – режим доступа: <https://www.sandvik.coromant.com/en-us/product-details?c=C10-PCLNR-68110-25&m=6067790>

					КР ЗТМ 191.008.002 ПЗ					
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Перелік посилань			Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Титенко Д.М						72	2	
Перевір.		Ігнатенко П.Л.								
Реценз.										
Н. Контр.		Ігнатенко О.А.						<i>НУЧП</i>		
Затв.		Єрошенко А.М.								

10. Abplanalp Україна.[Електронний ресурс]. – режим доступа:
<https://abplanalp.tools/ru/vymiryuvalnyy-instrument/universalni-3D-shchupy/ha-8036540fhn>

11. Sandvik coromant [Електронний ресурс]. – режим доступа:
<https://www.sandvik.coromant.com/en-us/product-details?c=2F342-1000-050-PD%20%20%20P2BM&m=8351771>

12. Sandvik coromant [Електронний ресурс]. – режим доступа:
<https://www.sandvik.coromant.com/en-us/product-details?c=2F342-1200-050-PD%20%20%20P2BM&m=8351776>

13. Макрсеплей. Пром.юа[Електронний ресурс]. – режим доступа:
<https://kievstanko.com.ua/ua/p636964972-krugloshlifovalnyj-standok-3m153af11.html>

14. Sandvik coromant [Електронний ресурс]. – режим доступа:
<https://www.sandvik.coromant.com/en-us/product-details?c=570-25L123T06B&m=5764451>

15. Рубикон. [Електронний ресурс]. – режим доступа: https://stanki-katalog.ru/sprav_692d.htm