

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного процесу капітального ремонту верстата мод. 2Н55 з відновленням та виготовленням деталей коробки подач за допомогою САПР технологій

Виконав: магістрант
групи ПМ-23м
Касянець О.В.

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Нечаєв В.П.

**ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ
РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного процесу капітального ремонту верстата мод. 2Н55 з відновленням та виготовленням деталей коробки подач за допомогою САПР технологій

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Касянець О.В.

Керівник КМР

(підпис)

Нечасв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечасв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: магістр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Технології машинобудування

Затверджую
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну магістерську роботу**

Магістранта гр. ПМ-23м Касянця Олександра Володимировича

1. Тема: Розробка технологічного процесу капітального ремонту верстата мод. 2Н55 з відновленням та виготовленням деталей коробки подач за допомогою САПР технологій

Керівник КМР: доц., к.т.н. Нечаєв В.П.

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2024 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення вузла. 2. Креслення деталі «Вал зубчатий». 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1 Розробка та узгодження технічного завдання. 2 Проектування технологічного процесу складання. 3 Технологічна підготовка виробництва при ремонтному відновленні виробу. 4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 5 Конструкторська підготовка виробництва. 6 Організаційно-економічна підготовка виробництва. 7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Коробка подач верстата мод. 2Н55 (складальне креслення). 2. Технологічний процес складання коробки подач верстата мод. 2Н55. 3. Вал шліцьовий. 4. Ескізи відновлення. 5. Колесо черв'ячне. 6. Колесо черв'ячне (виливка). 7. Ескізи операцій. 8. Верстатно-інструментальне налагодження. 9. Протокол випробовувань на точність верстата мод. 2Н55. 10. Контрольний пристрій. 11. Науково-дослідна частина.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Організаційно-економічна підготовка виробництва	Нечаєв В.П. к.т.н., доцент		

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
1 Розробка та узгодження технічного завдання	12.09.2024
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	17.09.2024
1.2 Службове призначення виробу	22.09.2024
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2024
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	01.10.2024
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	05.10.2024
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	15.10.2024
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	18.10.2024
5 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2024
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	24.10.2024
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	06.11.2024
6.2 Реконструкція механоскладального цеху	10.11.2024
6.3 Вибір та обґрунтування засобів та регламентів забезпечення охорони праці, безпеки життєдіяльності, екологічних вимог виробничих процесів	13.11.2024
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	16.11.2024
Висновки	17.11.2024
Додатки	28.11.2024
Попередній захист	10.11.2024

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2024 р.

Завдання видав керівник
кваліфікаційної магістерської роботи _____ /Нечаєв В.П./

Завдання отримав
магістрант _____ /Касянець О.В./

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание																									
<i>Документація</i>																															
A4		1	КНУ.КМР.131.24.1-07.ПЗ	Пояснювальна записка	120																										
A4		2	КНУ.КМР.131.24.1-07.ТП	Альбом тех.карт на ТП ремонту деталі	9																										
<i>Креслення</i>																															
A1		3	КНУ.КМР.131.24.1-07.КПСК	Коробка подач верстата мод. 2Н55 (складальне креслення)	1																										
A1		4	КНУ.КМР.131.24.1-07.ТПС	Технологічний процес складання коробки подач верстата мод. 2Н55	1																										
A3		5	КНУ.КМР.131.24.1-07.ВШ	Вал шліцьовий	1																										
A1		6	КНУ.КМР.131.24.1-07.ЕВ	Ескізи відновлення	1																										
A2		7	КНУ.КМР.131.24.1-07.КЧ	Колесо черв'ячне	1																										
A4		8	КНУ.КМР.131.24.1-07.КЧВ	Колесо черв'ячне (вилівка)	1																										
A2		9	КНУ.КМР.131.24.1-07.ЕО	Ескізи операцій	1																										
A2		10	КНУ.КМР.131.24.1-07.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1																										
A1		11	КНУ.КМР.131.24.1-07.ПВТ	Протокол випробовувань на точність верстата мод. 2Н55	1																										
A3		12	КНУ.КМР.131.24.1-07.КП	Контрольний пристрій	1																										
A1		13	КНУ.КМР.131.24.1-07.НДЧ	Науково-дослідна частина	1																										
КНУ.КМР.131.24.1-07.ВМКМР																															
<table border="1"> <tr> <td>Изм.</td> <td>Лист</td> <td>№ докум.</td> <td>Подп.</td> <td>Дата</td> </tr> <tr> <td>Разрад.</td> <td>Касянець</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Пров.</td> <td>Нечаєв</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td>Нечаєв</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Утв.</td> <td>Рязанцев</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>							Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Разрад.	Касянець				Пров.	Нечаєв				Н.контр.	Нечаєв				Утв.	Рязанцев			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата																											
Разрад.	Касянець																														
Пров.	Нечаєв																														
Н.контр.	Нечаєв																														
Утв.	Рязанцев																														
Відомість матеріалів КМР					<table border="1"> <tr> <td>Лит.</td> <td>Лист</td> <td>Листов</td> </tr> <tr> <td>Н</td> <td></td> <td>1</td> </tr> </table>		Лит.	Лист	Листов	Н		1																			
Лит.	Лист	Листов																													
Н		1																													
Кафедра ТМ гр. ПМ-23м																															
<i>Копирова</i>					Формат А4																										

РЕФЕРАТ

Тема роботи: «Розробка технологічного процесу капітального ремонту верстата мод. 2Н55 з відновленням та виготовленням деталей коробки подач за допомогою САПР технологій».

Пояснювальна записка до КМР: 120 стор., 48 рисунки, 34 таблиць, комплект карт на 9 стор. на технологічні процеси механічної обробки деталі та комплект карт 4 стор. на технологічний процес ремонту верстата, 10 листів графічної частини.

Актуальність теми обумовлена необхідністю підтримання конкурентоспроможності машинобудівної галузі, де ефективність експлуатації та ремонту верстатів безпосередньо впливає на продуктивність і якість виробництва. Верстат 2Н55, який активно використовується на багатьох підприємствах, потребує періодичного капітального ремонту. Використання сучасних САПР технологій дозволяє знизити витрати на виробництво деталей, скоротити час ремонту та покращити якість виготовлених компонентів. У процесі дослідження було здійснено аналіз існуючих технологій ремонту та виготовлення, а також вивчено можливості сучасних САПР для оптимізації виробничих процесів.

Метою даної роботи є розробка технологічного процесу капітального ремонту верстата 2Н55, що включає в себе відновлення та виготовлення деталей коробки подач. Для досягнення цієї мети поставлені наступні завдання:

- проаналізувати існуючі методи ремонту верстата 2Н55.
- розробити оптимальний технологічний процес відновлення та виготовлення деталей.
- використати САПР технології для створення проектної документації.
- оцінити економічну ефективність розробленого процесу.

В даній магістерській випускній роботі розглянуто технологічний процес капітального ремонту верстата моделі 2Н55. Досліджено питання відновлення та виготовлення деталей коробки подач із застосуванням систем автоматизованого проектування. В роботі проведено аналіз існуючих методів ремонту, розроблено новий технологічний процес, що забезпечує підвищення ефективності ремонту, зменшення витрат та поліпшення якості виготовлених деталей. Результати дослідження можуть бути впроваджені на підприємствах машинобудівної галузі для оптимізації процесів капітального ремонту.

КАПІТАЛЬНИЙ РЕМОНТ, ВЕРСТАТ 2Н55, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ, ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ, САПР ТЕХНОЛОГІЇ, КОРОБКА ПОДАЧ, МАШИНОБУДУВАННЯ.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.Р</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Касянець</i>			<i>Реферат</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>						
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		

ABSTRACT

Subject: Development of the technological process of repairing the machine tool 2H55 with the feedbox parts restoration and manufacture applying CAD technologies.

Explanatory note to the Ministry of Interior: 120 pages, 48 figures, 34 tables, a set of maps on 9 pages. on technological processes of mechanical processing of parts and a set of cards 4 pages. on the technological process of machine repair, 10 sheets of the graphic part.

The relevance of the topic is driven by the need to maintain the competitiveness of the machine-building industry, where the efficiency of machine operation and repair directly affects production productivity and quality. The 2H55 machine tool, widely used in many enterprises, requires periodic major overhauls. The use of modern CAD technologies helps reduce the cost of manufacturing parts, shorten repair times, and improve the quality of manufactured components. In the course of the research, an analysis of existing repair and manufacturing technologies was conducted, and the potential of modern CAD systems for optimizing production processes was explored.

The purpose of this work is to develop a technological process for the major overhaul of the 2H55 machine tool, including the restoration and manufacturing of feed gearbox parts. To achieve this goal, the following tasks were set:

- Analyze existing methods for repairing the 2H55 machine tool.
- Develop an optimal technological process for restoring and manufacturing parts.
- Utilize CAD technologies to create design documentation.
- Assess the economic efficiency of the developed process.

This master's thesis examines the technological process of major overhaul for the 2N55 machine tool. It explores the restoration and manufacturing of feed gearbox parts using computer-aided design (CAD) systems. The study includes an analysis of existing repair methods and the development of a new technological process that enhances repair efficiency, reduces costs, and improves the quality of manufactured components. The research results can be implemented in machine-building enterprises to optimize major repair processes.

CAPITAL REPAIR, MACHINE TOOL 2H55, TECHNOLOGICAL PROCESS, PARTS RESTORATION, PARTS MANUFACTURING, CAD TECHNOLOGIES, FEED BOX, MECHANICAL ENGINEERING.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.P</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	9
1 Розробка та узгодження технічного завдання	10
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	10
1.2 Службове призначення об'єкту проектною задачі	11
1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій	15
2 Проектування технологічного процесу складання	16
2.1 Службове призначення виробу	16
2.2 Проектування технологічного процесу розбирання вузла	17
2.3 Проектування технологічного процесу складання вузла	18
3 Технологічна підготовка виробництва при ремонтному відновленні виробу	25
3.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних проекту для відновлення деталі. Вид зношення поверхонь деталі	25
3.2 Проектування технологічного процесу ремонту деталі	28
3.3 Технологічний процес виготовлення нової деталі замість зношеної	48
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	61
4.1 Розробка верстатно–інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК	61
4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм	63
5 Конструкторська підготовка виробництва	67
5.1 Розробка оснащення для перевірки геометричної точності і жорсткості верстата	67
5.2 Розробка методики експертизи верстата моделі 2Н55	72
5.3 Розрахунок ремонтovanого валу на міцність	73
5.4 Проектування контрольного пристосування	77
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	84
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	80
6.2 Техніка безпеки та екологія виробництва при ремонті верстату 2Н55	103
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	107
7.1 Колона радіально-свердлильного верстата	107
7.2 Підвищення довговічності свердлильної головки	108
7.3 Механізм кутового повороту рукава	110
7.4 Сенсори для контролю процесу обробки	112
7.5 Вибір нових електродвигунів для верстата	114
7.6 розрахунок та вибір апаратів захисту, управління та кабелів	116
Висновки	118
Список використаних джерел	119
Додатки	121

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.3</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Касянець</i>			<i>Зміст</i>	Літ.	Арк.	Архивів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

ВСТУП

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість випускає-мої продукції здебільше залежать від випереджуючого розвитку виробництва нового обладнання, машин, верстатів та апаратів, від впровадження засобів техніко-економічного аналізу.

Основні фонди фізично зношуються, поступово втрачаючи свою споживчу вартість. Фізичне зношення основних фондів виражається у зміні їх природних властивостей, розмірів і форм в результаті довготривалих механічних, хімічних та температурних впливів на них.

Високі темпи розвитку промисловості супроводжуються швидким ростом основних засобів і особливо їх активної частини – машин і обладнання. В забезпеченні найбільш ефективного їх використання важлива роль належить ремонтному господарству.

Ремонт дає можливість усунути фізичний знос і втрачені в ході експлуатації деякі параметри, а модернізація компенсує моральний знос обладнання.

Характер діяльності ремонтного господарства визначає його завдання:

- здійснення технічного обслуговування і ремонту всього обладнання підприємства
- монтаж обладнання, яке придбане або виготовлене самим підприємством
- модернізація експлуатуючого обладнання
- виготовлення запчастин і вузлів
- організація зберігання обладнання і запчастин
- планування всіх робіт по технічному обслуговуванню і ремонту обладнання
- розробка системи техобслуговування і ремонту обладнання.

Всі роботи на підприємстві по підтримці обладнання в робочому етапі діляться на: техобслуговування; ремонт

Організація ремонтного господарства підприємства базується на системі ППР (планово-попереджувальних робіт). Це являє собою сукупність організаційно-технічних заходів по надзору, доглядом, обслуговуванням і ремонтом обладнання, які проводяться по плану у визначених об'ємах і в визначенні строки з метою попередження аварій і підтримки обладнання в постійному технічному стані.

Введення АСУ дозволяє планувати ремонтні роботи, контролювати їх виконання, розподіляти працевтрати по видах ремонту і аналізувати їх, раціонально використовувати ресурси.

Під час розробки проектних рішень використовувались матеріали вітчизняної та закордонної літератури, патенти, технічні, економічні довідники й інші нормативні матеріали.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Касянець</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Вступ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечасів</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідні дані для розробки технологічного процесу капітального ремонту верстата моделі 2Н55 із відновленням і виготовленням деталей коробки подач за допомогою технологій САПР включають складальне креслення коробки подач (рис. 1.1) та перелік швидкозношуваних деталей даного верстата.

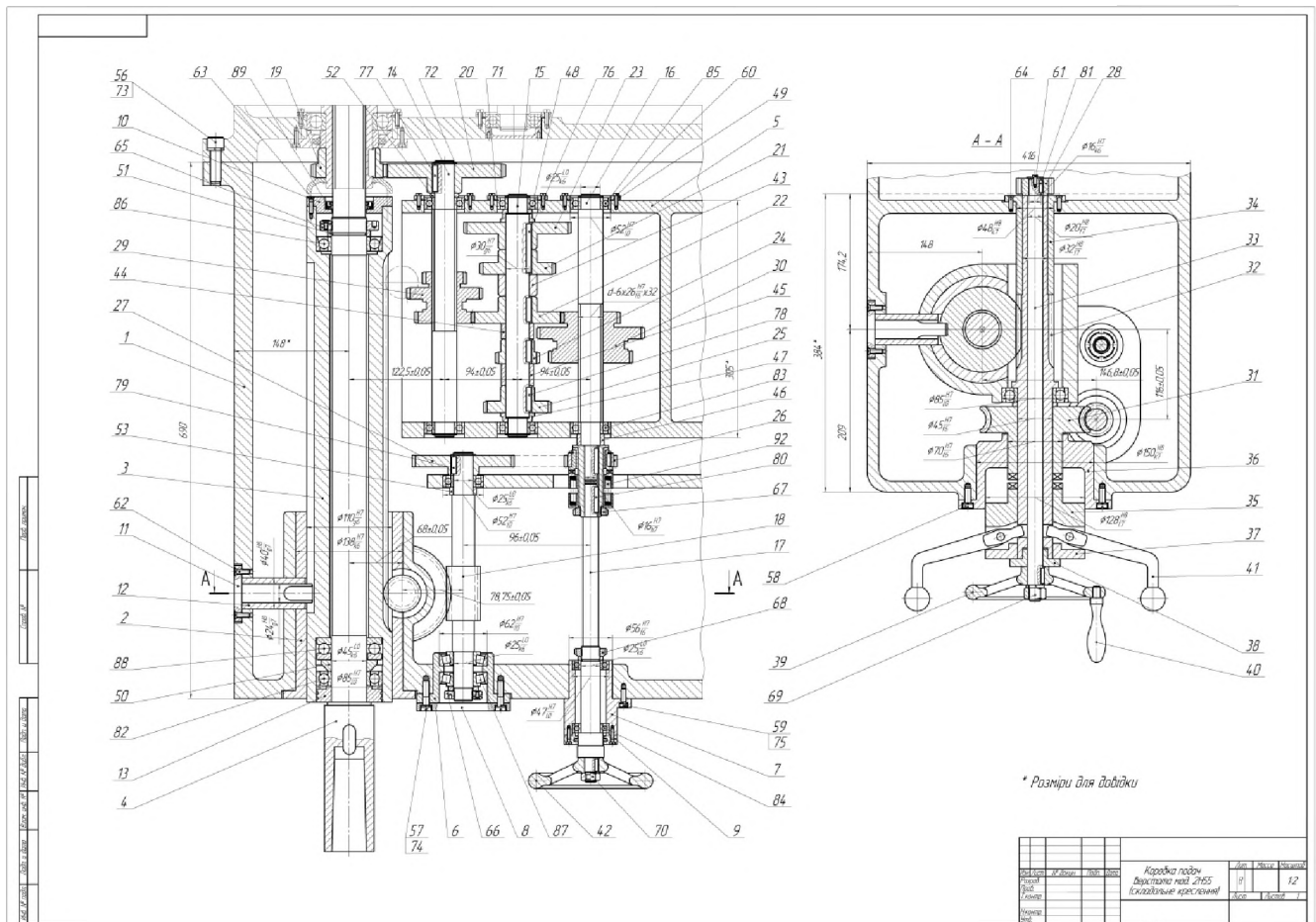


Рисунок 1.1 – Креслення коробки подач верстата мод. 2Н55

Метою даної роботи є розробка технологічного процесу капітального ремонту верстата 2Н55, що включає в себе відновлення та виготовлення деталей коробки подач.

Об'єктом дослідження є технологічний процес капітального ремонту верстата 2Н55, в той час як предметом дослідження виступають методи відновлення та виготовлення деталей коробки подач, зокрема, застосування САПР технологій в даному процесі.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.01.РУТЗ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Розробка та узгодження технічного завдання</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		<i>Касянець</i>						
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>						
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>			

1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі

На верстаті можна виконувати такі операції: свердління в суцільному матеріалі, розсвердлювання, зенкерування, нарізування різьби. При оснащенні верстата спеціальними інструментами його можна використовувати для розточування отворів, підрізання торців, розточування кільцевих канавок у отворах, вирізання круглих пластин із листових матеріалів та інших робіт. Загальний вигляд верстата зображено на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Радіально-свердлильний верстат моделі 2H55

Радіально-свердлильний верстат моделі 2H55 призначений для обробки отворів, в основному у великих деталях. Габарити оброблюваних деталей обмежуються наступними параметрами: а) максимальним вильотом шпинделя (відстань від осі шпинделя до зовнішньої поверхні колони) – 2000 мм, мінімальним вильотом – 500 мм; б) максимальною відстанню від нижнього торця шпинделя до робочої поверхні плити – 1800 мм, мінімальною – 450 мм.

Основні технічні характеристики та параметри наведені у таблиці 1.1 та на рисунку 1.3.

Широкий діапазон швидкостей обертання та механічних подач шпинделя дозволяє застосовувати оптимальні режими різання і краще використовувати ріжучий інструмент. Потужність приводу верстата, міцність його силових вузлів та жорсткість конструкції забезпечують можливість свердління отворів у сталі середньої твердості з діаметром обробки до 75 мм.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.01.РЧТЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Основні технічні дані, параметри та характеристики верстату 2Н55

Найменування параметрів	Дані	Найменування параметрів	Дані
1	2	3	4
1. Основні розміри, мм 1) Довжина робочої поверхні плити, мм 2) Ширина робочої поверхні плити, мм	1800 1000	19. Границі частот обертів шпинделя, хв. ⁻¹ 20. Число ступенів робочих подач	18-2000 24
2. Висота при монтажній довжині інструменту, мм	1500	21. Межі подач шпинделя, мм/об	0,045-5,0
3. Найбільший умовний діаметр свердління у мм : 1) у сталі 45 за ДСТУ 7809:2015 2) у чавуні СЧ20 ДСТУ 8833:2019	50	22. Найбільший обертальний момент на шпинделі, Н*м	710
	63	23. Габарити верстату, мм 1) Довжина 2) Висота 3) Ширина	2850 3430 1030
		M52x5	24. Загальна площа верстату у плані, м ²
M64x4			
5. Відстань від вісі шпинделя до направляючих колони, мм: 1) Найбільша 2) Найменша	1600	25. Вага верстату кг, не більше	4700
	375		
6. Найбільша маса інструменту встановлюваного на верстаті, кг	15	26. Марка мастила для гідросистем та змащення	ІПП-18
7. Позначення кінця шпинделя	Морзе 5АТ6	27. Мережа живлення 1) Рід струму 2) Номінальна частота струму, Гц 3) Номінальна напруга, В	Змінний трифазний
8. Кількість Т-подібних пазів	4		50
			380
9. Ширина Т-подібних пазів	22Н12	28. Мережа управління: 1) Рід струму 2) Номінальна напруга, В	Змінний
10. Відстань між Т-подібними пазами	160±5		110
11. Діаметр гільзи шпинделя, мм	90±0,02	29. Система охолодження 1) Робочий тиск, МПа 2) Охолоджуюча рідина 3) Продуктивність, дм ³ /с (дм ³ /хв.) 4) Вміщення гідробаку, дм ³	0,03
12. Відстань від торця шпинделя до поверхні плити, мм: 1) Найбільше 2) Найменше	1600		Емульсії
	450		0,37
13. Найбільше переміщення шпинделя, мм	400		100

Арк.

КНУ.КМР.131.24.1-07.01.РУТЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
14. Найбільше переміщення свердл. голівки по рукаву, мм	1225	30. Система преселективного управління, управління фрикційною муфтою, гідравлічного затиску та змащення свердлувальної голівки:	2...2,5
15. Найбільше вертикальне переміщення рукава по колоні	750		0,1 (6)
16. Найбільший кут повороту рукава навколо осі колони, град	360		8
17. Радіус зони обробки, мм 1) Найбільший, не менше 2) Найменший, не більше	1757,5 532,5	1) Робочий тиск, МПа 2) Продуктивність, дм ³ /с (дм ³ /хв.) 3) Вміщення гідробаку, дм ³	
18. Число ступенів частот обороту шпинделя	24		

Розташування всіх органів керування на свердлильній головці, наявність механізму попереднього налаштування швидкостей обертання та подачі шпинделя, використання гідрозатиску колони, збалансованого з затиском свердлильної головки, автоматизація затиску рукава на зовнішній колоні та механізація переміщення свердлильної головки по рукаву забезпечують мінімізацію допоміжного часу при роботі на верстаті.

Верстат оснащений системою запобіжних пристроїв, які запобігають можливим поломкам через перевантаження. Він може використовуватись у механічних цехах індивідуального, дрібносерійного та серійного виробництва, а також у складальних цехах заводів та транспортного машинобудування.

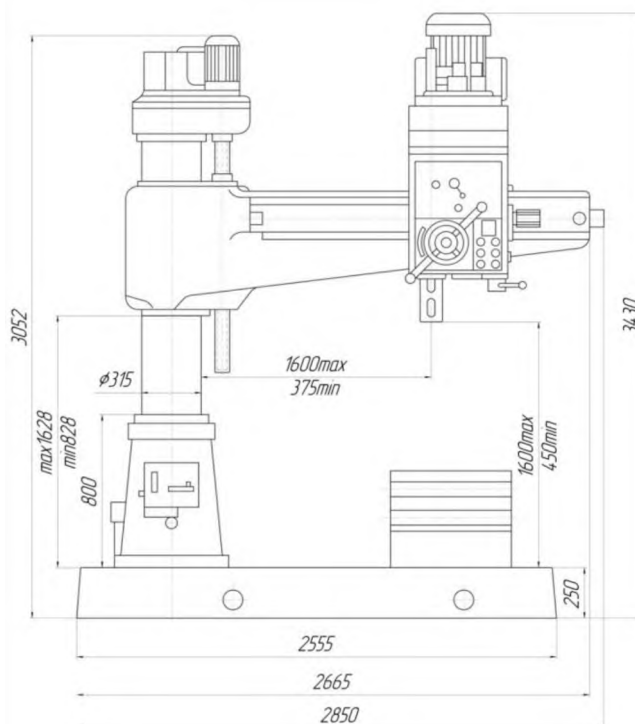


Рисунок 1.3 – Основні габаритні розміри верстата

					КНУ.КМР.131.24.1-07.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.1 Склад верстату 2Н55

Перелік складових частин верстату 2Н55 (рис. 1.4):

1 – Фундаментна плита; 2 – Агрегат для охолодження; 3 – Заземлення верстату; 4 – Електрообладнання колони; 5 – Цоколь, колона; 6 – Затиск рукава; 7 – Рукав; 8 – Гідрозатиск; 9 – Струмознімач; 10 – Гідростанція; 11 – Редуктор; 12 – Механізм підйому; 13 – Електрообладнання рукава; 14 – Механізм ручного переміщення голівки; 15 – Штурвальний пристрій; 16 – Шпиндель; 17 – Механізм подач; 18 – Рукоятка управління фрикційною муфтою; 19 – Електрообладнання голівки; 20 – Привід прискореного відводу шпинделя; 21 – Противага; 22 – Затиск голівки; 23 – Насосна установка; 24 – Змазка; 25 – Гідрокомунікація; 26 – Головний циліндр; 27 – Привід гідропреселектора; 28 – Гідропреселектор; 29 – Фрикційна муфта; 30 – Коробка швидкостей; 31 – Коробка подач (24 ступені); 32 – Голівка свердлильна; 33 – Гідропанель.

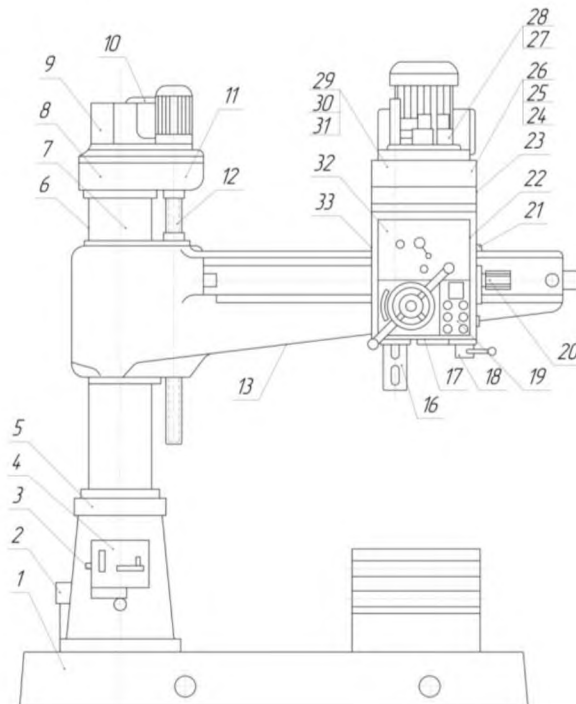


Рисунок 1.4 – Складові частини верстата мод. 2Н55

1.2.2 Загальна компоновка верстата

Основою верстата є фундаментна плита, на якій надійно закріплений цоколь. У цоколі на підшипниках встановлена обертова колона, виготовлена зі сталеві труби. На колоні розташований рукав верстата зі свердлувальною голівкою, що переміщується вздовж колони за допомогою механізму підйому, вмонтованого у корпус на верхньому кінці колони. У цьому ж корпусі знаходиться гідромеханічний пристрій для фіксації колони та струмопровідний пристрій для живлення обертових і рухомих частин верстата. Механізм підйому з'єднаний з рукавом за допомогою ходового гвинта.

Свердлувальна голівка є окремим силовим агрегатом, що містить компоненти, такі як коробки швидкостей і подач, механізм подачі, механізм швидкого відведення шпинделя, шпиндель із противагою та інші. Головка

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.01.РУТЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

переміщується по напрямних рукава вручну. У потрібному положенні вона фіксується за допомогою затискного механізму, встановленого на ній. У фундаментній плиті розміщений бак та насосна установка для подачі охолоджувальної рідини до інструмента. На плиті також встановлено стіл для обробки дрібних деталей. Всі органи керування верстатом розташовані на свердлувальній головці, а на панелі цоколя знаходяться лише кнопки ввідного вимикача для підключення верстата до електромережі та вимикача для управління насосом охолодження. Для освітлення робочої зони у нижній частині свердлувальної головки встановлена світлова арматура. У ніші зі зворотного боку рукава змонтована електроапаратура.

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

Тема магістерської випускної роботи передбачає використання систем автоматизації. Такі системи можуть застосовуватись для моделювання об'ємних деталей, які в подальшому використовуються для створення керуючих програм у САМ-системах. У зв'язку з цим було змодельовано 3D-моделі швидкозношуваних деталей радіально-свердлильного верстата моделі 2Н55, зокрема шліцьового вала та черв'ячного колеса у програмі SolidWorks. Розроблена модель швидкозношуваної деталі верстата представлена на рисунку 1.5. У подальшому для деталі «Черв'ячне колесо» буде розроблено технологію її виготовлення та розроблено керуючу програму по обробці на верстаті з ЧПК.

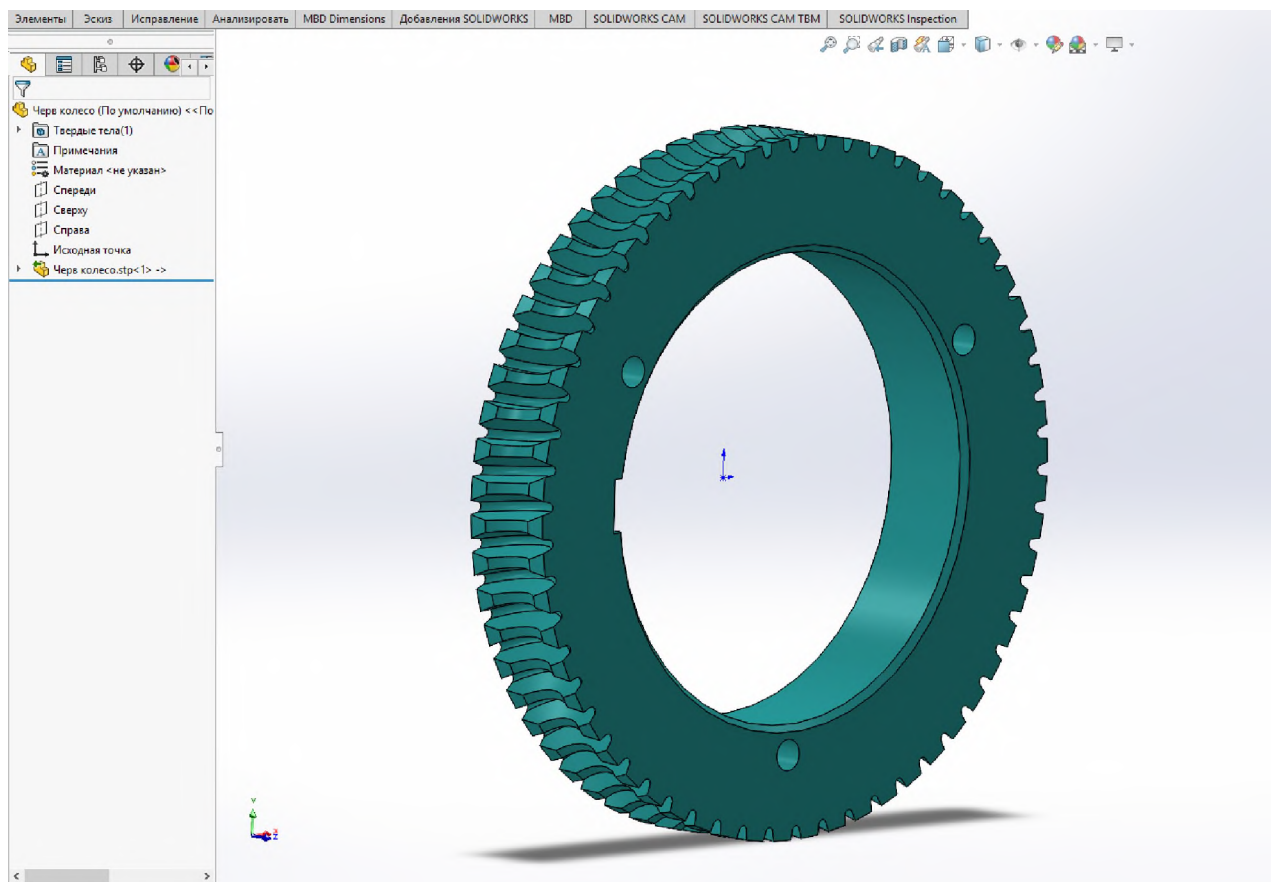


Рисунок 1.5 – Об'ємна модель деталі «Колесо черв'ячне»

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.01.РЧТЗ</i>					

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

2.1 Службове призначення виробу

Коробка подач радіально-свердлильного верстата 2Н55 призначена для зміни величини подачі шпинделя під час свердління, розсвердлювання, розгортання або зенкерування отворів. Вона дозволяє оператору вибирати різні швидкості переміщення різального інструменту, що забезпечує точність і ефективність обробки різних матеріалів.

Основні функції коробки подач:

1. Регулювання швидкості подачі: залежно від діаметра свердла і типу оброблюваного матеріалу.

2. Забезпечення плавності руху: для точного контролю за глибиною та рівністю свердління.

3. Безпека процесу: зниження ризику поломки інструменту або пошкодження деталі.

Коробка подач має кілька фіксованих швидкостей подач, які можна змінювати за допомогою важелів або перемикачів на самому верстаті.

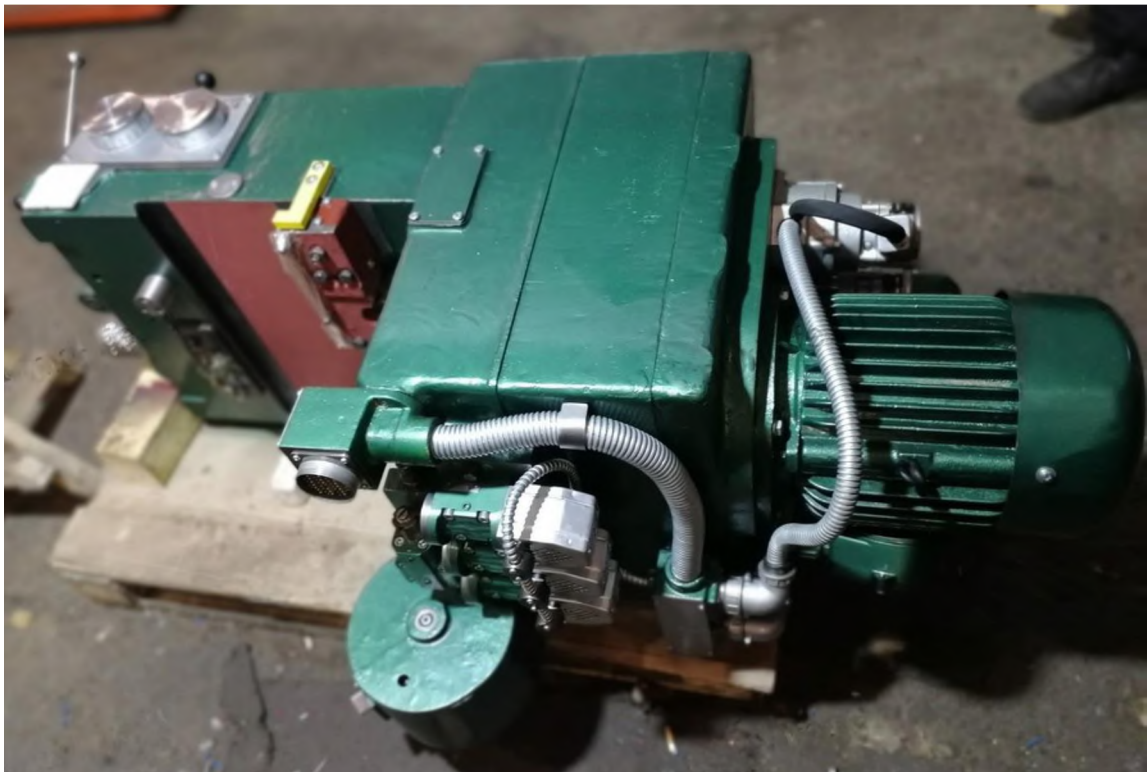


Рисунок 2.1 – Коробка подач верстату 2Н55

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.02.ПТПС</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Касянець</i>			<i>Проектування технологічного процесу складання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</i>		
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>						

2.2 Проектування технологічного процесу розбирання вузла

2.2.1 Особливості розбирання верстата при ремонті

При розбиранні механізмів верстата для ремонту окрім загальних правил розбирання металоріжучих верстатів необхідно мати на увазі перераховані нижче специфічні особливості, характерні для даного верстата.

1. При розбірці механізму подач необхідно попередньо видалити кнопочку станцію 48 (рис. 2.2), зняти маховик 44, зняти лімб 33. Після цього виймається горизонтальний вал механізму подачі.

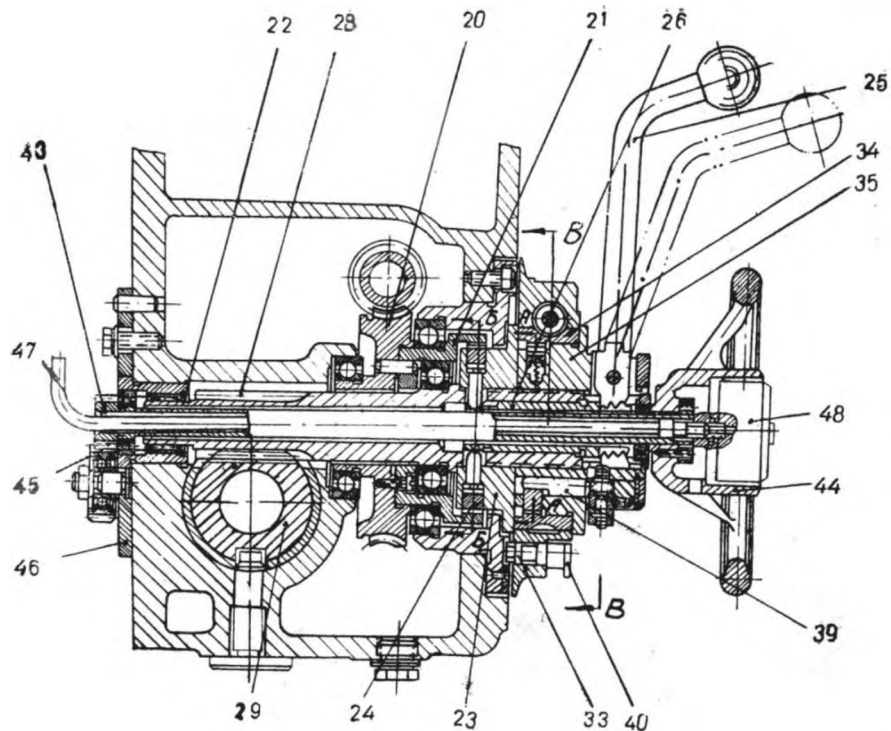


Рисунок 1.6 – Схема розбору механізму подач

Вертикальний вал механізму подач виймається вертикально вниз цілком у зборі.

2. Зняття кришки голівки можливе після демонтажу головного двигуна, приводів гідропреселектора, клемної коробки і всіх інших електричних комунікацій. Потім слід зробити демонтаж підмоторної кришки.

Далі для зняття кришки голівки необхідно відвернути гайку на валу фрикційної муфти, зняти гнізда валів, зняти маслорозподільника. Через ліве бічне вікно від'єднати трубку підведення масла до маслорозподільника, вивернути гвинти кріплення кришки до корпусу голівки. Після цього можна знімати кришку.

3. При від'єднанні ланцюга противаги і при демонтажі штурвального пристрою шпindel підняти в крайнє верхнє положення і встановити штифт в отвір «Б».

4. Перед демонтажом шпинделя необхідно застопорити вузол противаги, висунути шпindel і підперти знизу.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.02.ПТПС</i>					

Витягнути штир 7 (рис. 2.3), поміщений на задній стінці голівки. Потім обертанням чотирьохгранника черв'яка противаги звільнити пружину та від'єднати ланцюг противаги від барабану пружини. Після видалення горизонтального валу механізму подачі шпindel виводять униз.

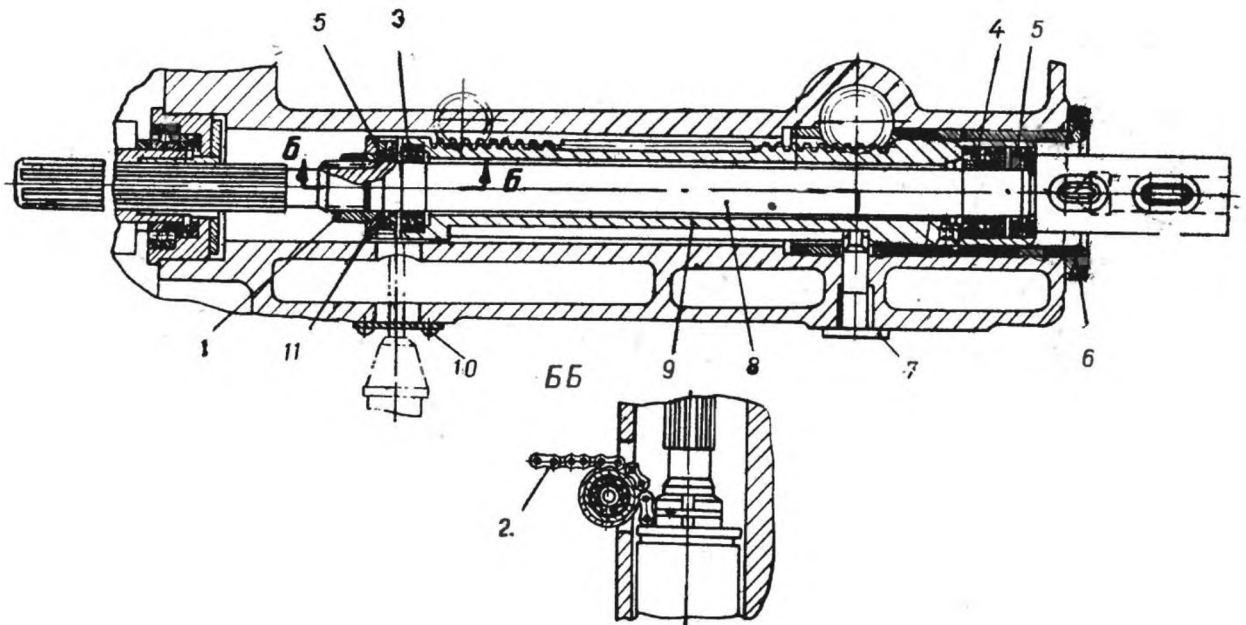


Рисунок 1.7 – Схема розбору шпindelя

5. Перед демонтажем корпусу механізму затиску свердлувальної голівки, голівку обов'язково підвісити тросом на крані.

Від'єднавши корпуси, зняти свердлувальну голівку з рукава.

2.3 Проектування технологічного процесу складання вузла

Розрахунок розмірних ланцюгів є ключовим етапом для визначення допустимих відхилень розмірів компонентів, що входять до складу збірної одиниці. Після завершення складання правильно встановлені допуски повинні автоматично забезпечувати точність з'єднувальних елементів. Відповідальність за якість машини лежить на технологіві разом із конструктором. Тому перед розробкою технологічного процесу виготовлення деталі необхідно переконатися в правильності визначених допусків і посадок. Для цього необхідно перевірити коректність побудови розмірних ланцюгів, обґрунтованість вибору точності вихідних елементів та правильність призначених допусків для компонентів. У разі виявлення помилок слід узгодити зміни з конструктором. Збільшення вимог до точності виготовлення деталей може сприяти підвищенню довговічності машини, проте це також може призвести до зростання витрат на її виробництво. Якщо ж вимоги до машини є нижчими за оптимальні, це може призвести до зниження довговічності та збільшення витрат на ремонт.

						КНУ.КМР.131.24.1-07.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2.3.1 Розрахунок лінійного розмірного ланцюга методом регулювання прокладкою

Для забезпечення ефективної роботи вузла необхідно зберігати відстань між правою кришкою та підшипником $A_{\Sigma\min}=0,05\text{мм}$; $A_{\Sigma\max}=1,25\text{мм}$. Таким чином, лінійний зазор (вихідна ланка) має такі значення: $A_{\Sigma} = 0_{+0,05}^{+1,25}$ мм, тобто $T_{\Sigma} = 1,2$ мм, $\Delta C_{\Sigma} = +0,65$ мм.

На всі ланки розмірного ланцюга призначаємо технологічно досяжні допуски і заповнюємо таблиця 2.4.

Визначаємо допуск замикаючої ланки:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{Ai} + \beta_i) \quad (2.1)$$

T_{Ai} – допуск ланки ланцюга, β_i – допуск биття торцю при ланках ланцюга

$$T_{\Sigma} = 1,75 + 0,12 \cdot 2 + 0,97 + 0,36 \cdot 2 + 0,62 + 0,02 + 0,06 + 0,1 \cdot 2 + 0,02 = 4,6 \text{ мм.}$$

Величина компенсації:

$$T_K = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}] \quad (2.2)$$

$$T_K = 4,6 - 1,2 = 3,4 \text{ мм.}$$

У якості прокладок використовуємо металевий лист, товщина якого S рівна:

$$S = A_{\text{комп}} = [T_{\Sigma}] = 1,2 \pm 0,1 \text{ мм}$$

Приймаємо допуск на товщину листа $T_{\text{комп}} = 0,2 \text{ мм}$, тобто $\Delta C_{\text{комп}} = 0 \text{ мм}$.

Попередня кількість прокладок в наборі:

$$Z = \frac{T_K}{[T_{\Sigma}]} \quad (2.3)$$

$$Z = \frac{3,4}{1,2} = 2,83$$

Приймаємо $Z = 3$ прокладки

Будуємо остаточний розмірний ланцюг з урахуванням компенсаційних вкладок. Вкладку визначаємо, як ланку A_8 .

Величина компенсатора:

$$A_8 = Z \cdot A_{\text{комп}} \quad (2.4)$$

$$A_8 = 3 \cdot 1,2 = 3,6 \text{ мм.}$$

Новий номінальний розмір замикаючої ланки:

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n A_i + \sum_{j=1}^m A_j \quad (2.5)$$

A_i – номінальний розмір ланки ланцюга, що збільшує;

A_j – номінальний розмір ланки ланцюга, що зменшує

$$A_{\Sigma} = (561 + 3,6) - (456 + 21 + 10 + 39 + 25 + 10) = 3,6 \text{ мм.}$$

Допуск для нового розміра визначаємо за виразом 2.1:

$$T'_{\Sigma} = 1,75 + 0,12 \cdot 2 + 0,97 + 0,36 \cdot 2 + 0,6 + 0,62 + 0,02 + 0,06 + 0,1 \cdot 2 + 0,02 = 5,2 \text{ мм.}$$

Визначаємо координату середини поля допуску:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.02.ПТПС</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta C'_{\text{комп}} = \sum_{i=1}^n (\Delta C'_i + \Delta \beta_i) - (\Delta C'_j + \Delta \beta_j) \quad (2.6)$$

$\Delta C'_i$ - координата середини поля допуску ланок, що збільшують;

$\Delta C'_j$ - координата середини поля допуску ланок, що зменшують;

$\Delta \beta_i$ та $\Delta \beta_j$ - допуск биття торцю при відповідних ланках.

$$\Delta C'_{\text{комп}} = \sum_{i=1}^n (0 + 0 + 0,05) - (-0,06 + 0 + 0 + 0,31 - 0,06 + 0,18 + 0,01 + 0,03 + 0,05 + 0,05) = -0,46$$

Визначаємо нову величину компенсації з виразу 2.2:

$$T'_K = 5,2 - 1,2 = 4 \text{ мм}$$

Остаточна кількість прокладок:

$$Z' = \frac{T'_K}{[T_\Sigma]} + 1 \quad (2.7)$$

$$Z' = \frac{4}{1,2} + 1 = 4,33$$

Остаточну приймаємо $Z = 4$ прокладки.

В якості залежної ланки обираємо ланку A_7 та визначаємо величину поправки:

$$\Delta' = [\Delta C_\Sigma] - \Delta C'_\Sigma + \frac{T'_\Sigma}{2} - \Delta C_{A_7} - A_{\text{комп}} \quad (2.8)$$

$$\Delta' = 0,65 - (-0,46) + \frac{5,2}{2} - 0,18 - 1,2 = 2,24 \text{ мм.}$$

Визначаємо нову середину координат:

$$\Delta C'_{A_7} = \Delta C_{A_7} + \Delta' \quad (2.9)$$

$$\Delta C'_{A_7} = 0,18 + 2,24 = 2,42 \text{ мм.}$$

Визначаємо граничні відхилення залежної ланки:

$$\begin{cases} es_{A_7} = \Delta C'_{A_7} + 0,5 \cdot A_{ck} \\ ei_{A_7} = \Delta C'_{A_7} - 0,5 \cdot A_{ck} \end{cases} \quad (2.10)$$

A_{ck} - середній розмір компенсатора.

$$\begin{cases} es_{A_7} = 2,42 + 0,5 \cdot 0,5 = 2,67 \\ ei_{A_7} = 2,42 - 0,5 \cdot 0,5 = 2,17 \end{cases}$$

$$A_7 = 10^{+2,67}_{+2,17}$$

Визначаємо середній розмір компенсаційної вкладки:

$$A_{CA_7} = A_{\text{комп}} + \Delta C_{\text{комп}} - \Delta C'_\Sigma + [\Delta C_\Sigma] \quad (2.11)$$

$$A_{CA_7} = 1,2 + 0 + 0,46 + 0,65 = 2,31 \text{ мм.}$$

Визначаємо максимальний та мінімальний розмір компенсатора:

$$A_{K \text{ max}} = A_{CA_7} + \frac{T'_K}{2} \quad (2.12)$$

					КНУ.КМР.131.24.1-07.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_{K \min} = A_{CA_7} - \frac{T'_K}{2} \quad (2.13)$$

$$A_{K \max} = 2,31 + 2 = 4,31 \text{ мм.}$$

$$A_{K \min} = 2,31 - 2 = 0,31 \text{ мм.}$$

Визначаємо максимальне та мінімальне число прокладок:

$$Z_{\max} = \frac{A_{K \max}}{[T_{\Sigma}]} \quad (2.14)$$

$$Z_{\min} = \frac{A_{K \min}}{[T_{\Sigma}]} \quad (2.15)$$

$$Z_{\max} = \frac{4,31}{1,2} = 3,6$$

Остаточно прийmemo $Z_{\max} = 4$.

$$Z_{\min} = \frac{0,31}{1,2} = 0,25$$

Остаточно прийmemo $Z_{\min} = 0$.

Визначаємо кількість прокладок у наборі:

$$Z = Z_{\max} - Z_{\min} = 4 - 0 = 4$$

Отже розрахунок проведено вірно.

2.3.2 Розрахунок кутових розмірних ланцюгів

При побудові кутового розмірного ланцюга отримаємо 4 перетини та відповідно 3 ланцюга: γ – визначає відносний зсув та перекиє у підшипникових опорах валу; β – перекиє блоку шестерень відносно опори 1; κ – перекиє зубчатого колеса відносно опори 1. Перш за все розраховуються зазори та точність ланцюга γ . Дані розрахунку заносяться до таблиці 2.5.

Оскільки у з'єднанні підшипникових опор з валом та корпусом буде забезпечуватись натяг, який не змінюватиметься при роботі коробки швидкостей верстата та не впливатиме на положення валу, то допуски зазорів на ці з'єднання приймаємо рівними 0.

Допуск на замикаючу ланку визначаємо ймовірнісним методом:

$$T_{e_{\Sigma}} = \sqrt{0,36 \cdot \sum_{i=1}^n T_{S_i}^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m e_j^2} \quad (2.16)$$

$$T_{e_{\Sigma}} = \sqrt{0,36 \cdot 0 + 0,56 \cdot (2 \cdot 0,0001 + 0,0001 + 0,0001 + 0,0016)} = 0,03 \text{ мм.}$$

Знайдене значення не перевищує допустиме. 0,054 мм.

Знайдемо величину перекосу в перетинах 2,3,4.

В перетині 2 перекиє не перевищить допуск на зсув.

В перетинах 3 та 4 знайдемо спрощено через відповідні пропорції:

$$\frac{P_{3\Sigma}}{35} = \frac{T_{e_{\Sigma}}}{528} \quad (2.17)$$

$$\frac{P_{4\Sigma}}{271} = \frac{T_{e_{\Sigma}}}{528} \quad (2.18)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.02.ПТПС</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З цих пропорцій виведемо формули:

$$P_{3\Sigma} = \frac{T_{e\Sigma} \cdot 35}{528} \quad (2.19)$$

$$P_{4\Sigma} = \frac{T_{e\Sigma} \cdot 271}{528} \quad (2.20)$$

$$P_{3\Sigma} = \frac{0,03 \cdot 35}{528} = 0,0021 \text{ мм.}$$

$$P_{4\Sigma} = \frac{0,03 \cdot 271}{528} = 0,015 \text{ мм.}$$

Перевіряємо правильність розрахунків визначивши похибку в перетинах 3 та 4. Загально похибка визначається:

$$\Delta_{e\Sigma} = \sqrt{P_{3\Sigma}^2 + T_{e\Sigma}^2} \quad (2.21)$$

Для перетину 3: $\Delta_{e\Sigma} = \sqrt{0,000004 + 0,0009} = 0,031$

Для перетину 4: $\Delta_{e\Sigma} = \sqrt{0,000225 + 0,0009} = 0,034$

Обидва значення не перевищують гарантований боковий зазор – 0,054 мм.

2.3.3 Розробка маршруту складання вузла

Під час складання механізмів верстата після ремонту, окрім загальних правил складання металорізальних верстатів, слід враховувати наведені нижче специфічні особливості, характерні для цього верстата.

При складанні колони необхідно приділити особливу увагу налаштуванню механізму затиску колони.

Якщо в ході ремонту були зняті двигуни обертання кранів, то при їх встановленні потрібно забезпечити відповідність фактичних показників кількості обертів і подачі шпинделя табличним значенням. Для цього в шестернях передбачені спеціальні отвори, які слід поєднати з виїмкою на кришці. Це забезпечить правильне положення кранів-виборців, при якому коробка швидкостей перемикається на 20 об/хв, а коробка подач — на 0,63 мм/об.

Після ремонту складається протокол випробувань радіально-свердлильного верстата моделі 2Н55 на точність, а дані вносяться до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Процес складання з нормуванням часу

№ оп.	Назва деталі, складальної одиниці, найменування операції	Інструменту, обладнання	Норми часу
1	2	3	4
1	Запресувати підшипник поз. 83 у корпус поз.5	Масляна ванна, підйомник	4,8
2	Напресувати підшипник поз.85 на вал поз.14	СМ160.05.01, прес	4,4
3	Посадити на вал поз.14 кільце поз.71 та блок зубчатих коліс поз.29		5,3
4	Пригвинтити кільце поз.72 та диск опорний поз.49 чотирма гвинтами поз.60	Викрутка	2,2

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.02.ПТПС</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
5	Встановити шпонку поз.77	Молоток DIN 1041	2
6	Напресувати колесо зубчасте поз.20	Підйомник СМ160.05.01, прес	2,2
7	Встановити кільце поз.72		0,8
8	Запресувати підшипник поз. 83 у корпус поз.5	Масляна ванна, прес підйомник СМ160.05.01	4,8
9	Встановити шпонку поз.78 на вал поз.15	Молоток DIN 1041	2
10	Напресувати колесо зубчасте поз.25 на вал поз.15 та встановити дистанційну втулку поз.45	Підйомник СМ160.05.01, прес	3,6
11	Встановити шпонку поз.78 на вал поз.15	Молоток 7850-0101 ГОСТ2310-77	2
12	Напресувати колесо зубчасте поз.24 на вал поз.15 та встановити дистанційну втулку поз.44	Підйомник СМ160.05.01, прес	3,6
13	Встановити шпонку поз.78 на вал поз.15	Молоток DIN 1041	2
14	Напресувати колесо зубчасте поз.22 на вал поз.15 та встановити дистанційну втулку поз.43	Підйомник СМ160.05.01, прес	3,6
15	Встановити шпонку поз.76 на вал поз.15	Молоток DIN 1041	2
16	Напресувати колесо зубчасте поз.21 та поз.22 на вал поз.15 та встановити втулку опорну поз.48	Підйомник СМ160.05.01, прес	5,7
17	Напресувати підшипник поз.85 на вал поз.15	Масляна ванна, прес підйомник СМ160.05.01	4,4
18	Посадити на вал поз.14 кільце поз.72 та поз.71, втулку опорну поз.47		2,3
19	Пригвинтити кільце поз.72 та диск опорний поз.49 чотирма гвинтами поз.60	Викрутка	2,2
20	Запресувати підшипник поз. 83 у корпус поз.5	Масляна ванна, підйомник СМ160.05.01	4,8
21	Напресувати підшипник поз.85 на вал поз.16	Масляна ванна, підйомник СМ160.05.01	4,8
22	Посадити на вал поз.16 кільце поз.71 та блок зубчатих коліс поз.30		5,3
23	Пригвинтити диск опорний притискний поз.49 чотирма гвинтами поз.60	Викрутка	1,8

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.02.ПТПС</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
24	Встановити дистанційну втулку поз.46		3,6
25	Встановити шпонку поз.80 та поз.81	Молоток DIN 1041	3,1
26	Напресувати колесо зубчасте поз.27 на вал поз.16 та загвинтити гайкою поз.67	Підйомник СМ160.05.01, прес	5,5
27	Запресувати стакан поз. 7 у корпус поз.5	Підйомник СМ160.05.01, прес	4,1
28	Запресувати два підшипник поз. 84 у стакан поз.7	Масляна ванна, прес	6,6
29	Пригвинтити кришку опори поз.9 шістьма гвинтами поз.64	Викрутка	2,5
30	Встановити на вал поз.17 кільце сальникове поз.90, кільце упорне поз.52 та закрутити гайкою поз.68		3,3
31	Пригвинтити маховик поз.42 до вала поз.17 гайкою поз.70	Ключ рожковий	1,8
32	Пригвинтити стакан в зборі до корпусу поз.5 чотирма гвинтами поз.59	Викрутка	2,2
33	Встановити на вал-черв'як поз.18 кільце упорне поз.53 та напресувати підшипник поз.83	Масляна ванна, прес	5,2
34	Запресувати підшипник поз.87 в стакан опорний поз.6	Масляна ванна, прес	4,8
35	Встановити стакан опорний поз.6 на вал-черв'як поз.18		3,3
36	Запресувати підшипник поз.87 в стакан опорний поз.6	Масляна ванна, прес	4,8
37	Загвинтити кільце упорне поз.52 гайкою поз.66 та застопорити гайку гвинтом поз.61	Викрутка, ключ рожковий	2,9
38	Пригвинтити кришку опори поз.8 до опорного стакану поз.6 чотирма гвинтами поз.57	Викрутка	1,6
39	Встановити шпонку поз.79	Молоток DIN 1041	2
40	Напресувати колесо зубчасте поз.27	Підйомник СМ160.05.01, прес	2,2
41	Встановити кільце поз.72		0,8
Загальний час на збирання			131,3хв.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.02.ПТПС</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ПРИ РЕМОНТНОМУ ВІДНОВЛЕНІ ВИРОБУ

3.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних проекту для відновлення деталі. Вид зношення поверхонь деталі

3.1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Вал-шліцьовий є частиною коробки подач верстата і служить для передачі обертового моменту.

Деталь отримує обертовий момент через шліцьову шестерню. В результаті тривалої експлуатації відбулося зношення шліців. При зносі шліців збільшуються бічні зазори між ними, внаслідок чого зростає робота удару, виникають перекося деталей, що викликають перевантаження окремих ділянок шліців.

Деталь «Вал-шліцьовий» виготовляється зі сталі 45 ДСТУ 7809:2015. Сталь 45 використовують в таких деталях, як осі, вали, плунжери, штоки, вали кулачкові, кільця, шпинделі, рейки, кулачки, зубчасті вінці, болти, напівосі та ін.

Можлива заміна матеріалу на сталь 40X ДСТУ 7806:2015, сталь 50 ДСТУ 7809:2015. Загальний вид представлено на рис. 3.1.

Дані про матеріал деталі та заміну приводяться у таблицях 3.1. та 3.2.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад матеріалу деталі

Склад	C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
Сталь 45	0,42-0,50	0,17-0,34	0,5-0,8	0,045	0,045	0,3	0,3
Сталь 50	0,47-0,55	0,17-0,37	0,5-0,8	0,04	0,035	0,3	0,25
Сталь 40X	0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,035	0,035	0,3	0,8-1,1

Таблиця 3.2 – Механічні властивості сталей

Властивості	σ_T , МПа	$\sigma_{вр}$, МПа	δ_5 , %	ψ , %	a_H , Дж/см ²	Твердість НВ
	не менш					Не більш
Сталь 45	360	610	16	40	50	241
Сталь 50	380	640	18	38	50	170
Сталь 40X	785	980	10	45	50	217

На основі даних, що наведені в таблицях, можна зробити висновок, що сталь 50 має найнижчі механічні властивості ніж сталь 40X. Таким чином, найкращим заміником сталі 45 є сталь 40X.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Касянець</i>			<i>Технологічна підготовка виробництва при ремонтному відновленні виробу</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						



Рисунок 3.1 – Модель деталі Вал-шліцьовий

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Вал – шліцьовий обертається в підшипниках. Частота оберту валу становить 315-1200 об/хв. Обертання валу призводить до стирання шийок під підшипники. Зношені поверхні валів відновлюються металізацією з подальшою механічною обробкою.

В результаті дії динамічних навантажень вал має вигин від осі.

$$T_{2_{\max}} = \frac{65,8}{0,25} \cdot 0,99^2 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 249 \text{ Нм}$$

Перед ремонтом проведемо аналіз технічних вимог які пред'являються до поверхонь що підлягають відновленню (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Технічні засоби на ремонт

Технічні вимоги	Аналіз технічних вимог.
Відхилення від співвісності 0,016 відносно бази В, Г	Невиконання вимог призведе до биття валу
Шліци d-6x26g6x32a11x6f8	Збільшені бічні зазори призводять до зростання роботи удару, виникають перекося деталей
Діаметр шийок під підшипники Ø40k6, Ra 0.8	невиконання призведе до ослаблення посадки підшипника та швидкого зносу шийки під підшипник

Ремонт Вал – шліцьовий верстата мод. 2Н55 виконується по початковому кресленню деталі (рис. 3.2).

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

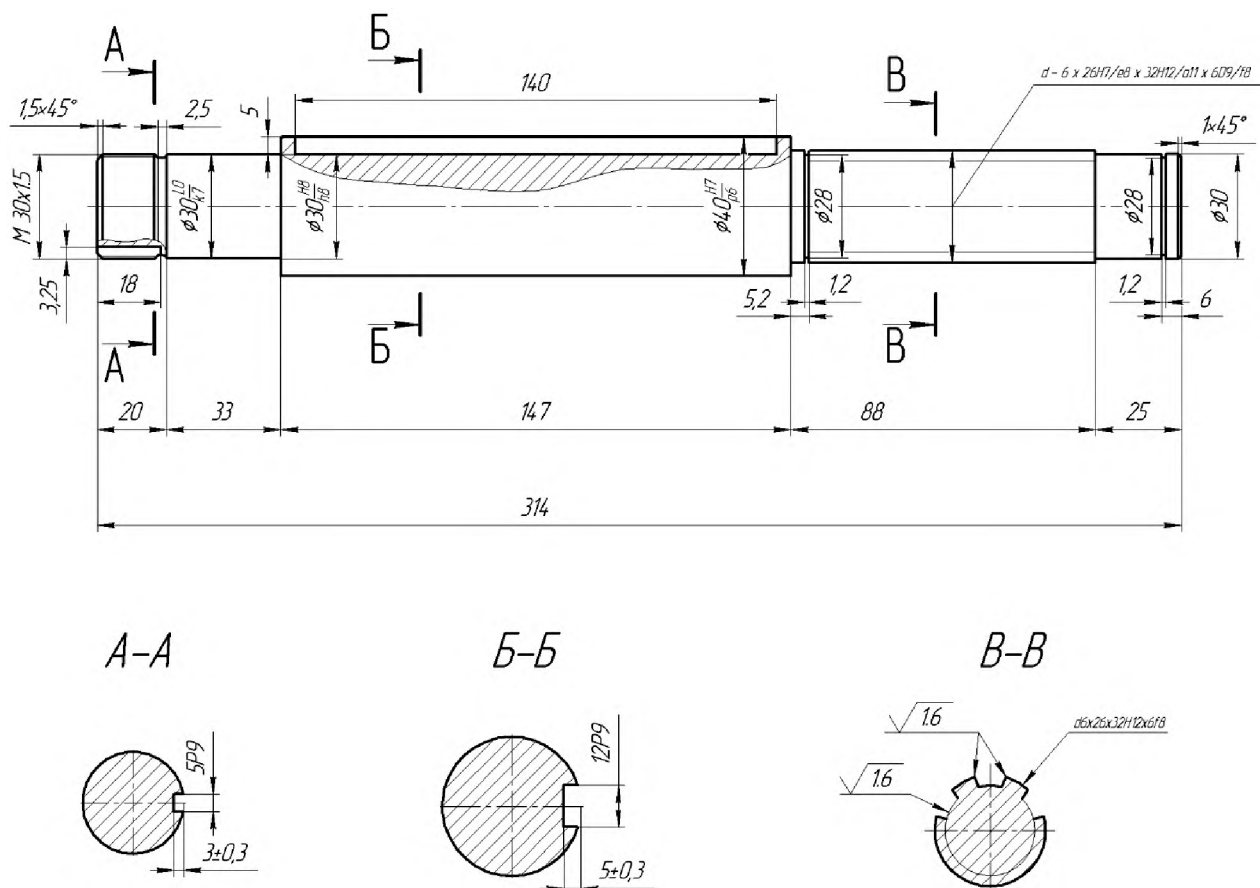


Рисунок 3.2 – Креслення Вал – шліцьовий

3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення деталі виконано на форматі А3 відповідно до стандарту. Деталь представлена на кресленні головним видом, перерізом А-А, що дають повне уявлення про форму деталі, оскільки вона є тілом обертання.

На кресленні проставлені всі лінійні та діаметральні розміри. Лінійні розміри проставлені координатним та ланцюговим методами. Основні розміри проставлені з граничними розмірами та вказана шорсткість поверхонь. Точність розмірів, які не вказані, позначена загальним надписом на полі креслення і відповідає ІТ 14 квалітету. В більшості випадків шорсткість поверхонь вказана, а не вказана складає Ra 3,2 мкм, про що вказує напис в правому верхньому куті.

В штампі креслення вказані матеріал деталі, її маса та масштаб креслення.

Таким чином, креслення надає повну інформацію по формі, розмірах, шорсткості, відхилення форми та розташування поверхонь, а також міцності зовнішніх поверхонь, тобто про якість деталі.

3.1.4 Якісна оцінка ремонтної технологічності конструкції деталі.

Проводимо класифікацію деталі Вал – шліцьовий згідно класифікатору ЄСКД. Таким чином, код класифікаційних групувань конструктивних ознак – 721672.

Деталь має розвинуті поверхні для установки та закріплення, що представлені циліндричними та торцевими поверхнями. Деталь не жорстка, що потребує підвищення жорсткості за допомогою верстатного устаткування.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ					

Профіль деталі дозволяє вільне підведення та відведення ріжучого та вимірювального інструмента.

Допуски розмірів поверхонь деталі представлені 6-14 квалітетами. Невказані розміри згідно технічним вимогам мають 14 квалітет. Поверхні деталі з шорсткістю Ra0,8 – 1,6. Невказана шорсткість складає 6,3, отже, ці поверхні піддають чорновій обробці. Необхідна точність та шорсткість досяжна при використанні верстатів та оснащення нормальної точності.

«Вал – шліцьовий» має форму ступінчатого валу і складається із тіл обертання. Також деталь має зручні поверхні для закріплення в трьох кулачковому патроні та установці на призми.

Деталь не є жорсткою, так як не виконується наступна умова:

$$l_{\max}/d_{\text{ср}} < 5,$$

$$313/40 < 5,$$

$$7,8 < 5,$$

що не дає можливість використання підвищених режимів різання та використання одночасної обробки декількома інструментами. Профіль деталі дозволяє вільне підведення та відведення ріжучого та вимірювального інструмента.

3.2 Проектування технологічного процесу ремонту деталі

3.2.1 Розробка технологічного способу дефектації

Ціль дефектації – виявити недоліки деталей, оцінити можливість їх ремонту або визначити необхідність заміни.

Під час дефектації та сортування деталі маркують фарбою: придатні позначають зеленим, непридатні – червоним, а ті, що підлягають відновленню, – жовтим. Формується дефектна відомість.

Таблиця 2.4 – Перелік швидкозношуваних деталей

Позначення	Найменування	Кільк.	Куди входить	Матеріал
2Н55.00.22.010СБ	Гайка біметалічна	1	Механізм підйому	Сталь 45 ДСТУ 7809:2015 Бронза ОЦС-5-5-5 ДСТУ 3474-96
2Н55.00.22.081	Камінь	1		Бронза ОЦС-5-5-5 ДСТУ 3474-96
2Н55.50.15.061	Пластина внутрішня	6	Фрикційна муфта	65Г-В-С-НО-3П 1,2x110 ГОСТ2283-69
2Н55.50.15.062	Пластина внутрішня	4		
2Н55.50.15.064	Пластина зовнішня	8		
2Н55.50.15.050СБ	Кільце гальмівне	1		
2Н55.50.091	Кільце	1		
2Н55.50.25.031	Черв'як	1	Вал черв'яка	Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015
2Н55.50.27.015	Колесо черв'ячне	1	Механізм подач	МС432-52 ДСТУ 8833:2019
2Н55.50.56.020СБ	Пружина спіральна	2	Противага	Стрічка 60С2А-7-С 1,75x35 L=3750 мм.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДЕФЕКТНА ВІДОМІСТЬ

Структурний підрозділ: відділ головного механіка

В процесі технічного огляду приводу головного руху верстата 2Н55, інв. № 2038 виявлені наступні дефекти:

Найменування деталі , номер креслення	Виявлені дефекти	Метод усунення дефектів	Кількість
1	2	3	4
Вал-шестерня	Змінання шпонкового пазу, знос шийок під підшипники, знос шліців	Обробка пазу до наступного стандартного розміру, відновлення посадочних місць та шліців	1
Колесо зубчасте	Змінання шпонкової канавки	Обробка паза під наступний стандартний розмір.	1
Підшипник 46309Е ДСТУ 9078:2021	Тріщини, забоїни, rischi на робочих поверхнях	Заміна на новий	1
Підшипник 66406 ДСТУ 9078:2021	Лущення робочих поверхонь і тіл кочення	Заміна на новий	1
Вал-шестерня	Вигин вала, знос шийок під підшипники, знос шліців.	Вирівняти вал, відновити посадочні місця та шліці.	1
Колесо зубчасте	Знос зубів по робочому профілю, тріщин у вінці	Заміна на нову деталь	1
Підшипник 308 ДСТУ ГОСТ 8338:2008	Збільшений радіальний зазор, тріщини, відколи, на робочих поверхнях	Заміна на новий	4
Блок зубчастих коліс	Тріщина у вінці	Заварювання тріщини	1
Підшипник 3608 ДСТУ 9080:20215	Лущення робочих поверхонь і тіл кочення	Заміна на новий	2

Голова комісії: головний механік _____

Члени комісії: механік цеху №2 _____

начальник дільниці _____

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.2 Розробка технологічного маршруту ремонту деталі

До коробки подач входять деталі типу шліцеві вали, вал-шестерні, зубчасті колеса, муфти, підшипники кочення. В якості ремонтної деталі був обраний вал-шліцевий. Маршрут технологічного процесу ремонтно-віновлювальних робіт «Вал-шліцевий» представлено в таблиці 3.5

Таблиця 3.5 – Маршрут технологічного процесу ремонтно-відновлювальних робіт

№ оп.	Найменування та зміст операції	Найменування обладнання	Модель облад.	Коротка характеристика устаткування
1	2	3	4	5
005	Попередня правка Попередньо правити вал на пресі	Ручний прес для правки валів	CP1800	Ручний гідравлічний прес, максимальний діаметр шийки вала 127мм, максимальне зусилля 10т
010	Токарна Вигладити центрові отвори	Токарний верстат	16К20	Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом 220мм Найбільша довжина заготовки 750-1500 мм Клас точності по – Н Потужність електродвигуна 10 кВт
015	Контрольна Контролювати биття валу	Центра, індикатор		
020	Остаточна правка Правити вал остаточно на пресі	Ручний прес для правки валів	CP1800	
025	Слюсарна Нанести на шліци повздожню риску	Молоток слюсарний Зубило		
030	Токарна Виконати роздачу шліців роликом до ширини шліца	Токарний верстат	16К20	
035	Наплавювальна Електро-зварюванням заварити канавки шліців	Електрод, державка електроду, зварювальний трансформатор	Електроди АНО-4 Інвертор ARC-200 (IGBT)	Інвертор для ручного дугового зварювання: напруга живлення, В – $220 \pm 10\%$; номінальний зварювальний струм, А (ПН) - 170 (100%); потужність, при номінальному струмі, кВт, не більш - 5,7

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5
040	Шліцефрезерна Фрезерувати шліці	Верстат	5350	Шліцефрезерний напівавтомат діаметр до 500мм, довжина деталі до 1000 мм
045	ТО Загартування шліців HRC = 42...46	Установка ТВЧ	HF-120	Високочастотний нагрівач 120 кВт, 30-80кГц
050	Круглошліфувальна Шліфувати зовнішній діаметр шліців Ø38H7	Шліфувальни й верстат	3M152BM	Круглошліфувальний верстат. Діаметр обробки 200 мм. Відстань між центрами 1000 мм
055	Шліцешліфувальна шліфувати шліці	Верстат	BC-815Ф4	Шліцешліфувальний верстат з ЧПК, аксимальні р-ри обробки d=200 мм, L=1300мм
060	Круглошліфувальна Шліфувати шийки вала Ø39,9 (Ø40k6) до усунення слідів зносу	Шліфувальний верстат	3M152BM	
065	Гальванічна Хромувати шийки вала	Гальванічна ванна	Саморегу- лююча ванна	250 г/л CaCO ₃ щільність струму 15-75 А/дм ²
070	Шліфувати шийки вала	Шліфувальний верстат	3M152BM	
075	Контрольна			

Вибір інструменту приводиться в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Вибір інструменту

№ оп.	Найменування операції	Розряд робіт	Різальний інструмент	Контрольний інструмент
1	2	3	4	5
005	Попередня правка	4		Індикатор електронний TESA DIGICO 205
010	Токарна	5	Центр для вигладжування отворів	Штангенциркуль ШЦ-II- 250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
015	Контрольна	5		Індикатор електронний TESA DIGICO 205

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5
020	Остаточна правка	4		
025	Слюсарна	6	Зубило слюсарне	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
030	Токарна	5	Оправка роликів	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
035	Зварювальна			
040	Шліцефрезерна	5	Фреза черв'ячна 1229577 DIN 3968	Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
045	ТО	5		Твердомір портативний ультразвуковий УЗИТ-3
050	Круглошліфувальна	4	Круг LucaAbrasive ПП 5 130x63x32 14A 20 P 7 B 32 A 2	Калібр-скоба
055	Шліцешліфувальна шліфувати шліці 618	5	Круг Tyrolit 14B1 127x95x8x32 5-8V15 DE544BS	Калібр для контролю шліцевих прямобічних з'єднань
060	Круглошліфувальна	5	Круг LucaAbrasive ПП 5 130x63x32 14A 20 P 7 B 32 A 2	Калібр-скоба
065	Гальванічна Хромувати шийки вала Ø 20,06 і Ø 25,06	4		
070	Круглошліфувальна	5	Круг LucaAbrasive ПП 5 130x63x32 14A 20 P 7 B 32 A 2	Калібр-скоба

3.2.3 Розробка технологічних операцій ремонту деталі

В процесі експлуатації вал – шліцевий отримав сильний знос. Сильно зношені шийки під підшипник, отже, утворився люфт, зношені шліци, отже, точності посадочних розмірів не забезпечується, тобто основні робочі поверхні валу втратили первинні параметри.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розробки технологічного процесу виготовлення необхідно вибрати заготовку, для чого були виконані наступні розрахунки.

Розрахунок припусків на діаметр заготовки:

Чистове точіння: $1,1 \cdot 1,3 = 1,43$ мм, відхилення складає $-0,22$ мм;

Чорнове точіння: $1,43 \cdot 60/40 = 2,14$ мм.

Найбільший граничний розмір деталі рівний 50 мм, тоді розрахунковий розмір заготовки рівний: $50 + 1,43 + 2,14 = 54,07$ мм.

Приймаємо заготовку: Круг В55 сталь 40Х

Робимо перевірку: $55 - 0,8 = 54,2$ $54,07$ мм

Розрахунок припусків на довжину заготовки

Чистове точіння: $1 \cdot 2 = 2$ мм

Чорнове точіння: $2 \cdot 60/40 = 3$ мм

Розрахункова довжина: $432 + 2 + 3 = 437$ мм, відхилення складає $-0,6$ мм

Приймаємо довжину заготовки 437 мм, відхилення складає $-0,6$ мм.

Окрім представлених вище розрахунків були визначені маси деталі і заготовки, а також коефіцієнт використання матеріалу

$M_3 = 7,9$ кг

$M_d = 7,2$ кг

$K = M_d / M_3 = 7,2 / 7,9 = 0,91$

Для виготовлення валу був узятий гарячекатаний прокат конструкційної сталі марки 40Х ГОСТ 4543-71. Термообробка – поліпшення (гарт і висока відпустка) НВ 250.280.

Короткий технологічний маршрут виготовлення валу:

005 Заготівельна

010 Токарна

015 Фрезерна

020 Термічна

025 Шліфувальна

030 Контрольна

Проведемо розрахунок норми часу на кожну операцію.

005 Заготівельна

Встановити, зняти

1. Загартувати деталь

4. Провести високу відпустку НВ 250...280.

$T_{пз} = 5$ хв

1. Відрізати заготовку

$t_0 = 7$ хв

$N_{вр} = T_{пз} + t_0 = 7 + 5 = 9$ хв

010 Токарна

А. Установити, зняти.

$t_{в1} = 0,43$ хв

$T_{пз} = 34$ хв

Приймаємо по довіднику $n = 1000$ об/хв, $S = 0,4$ мм/об

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Підрізати торець пов.1

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 25,5/(1000 \cdot 0,4) = 0,064 \text{ хв}$$

2. Центруємо отвір пов.1

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 9/(1000 \cdot 0,4) = 0,023 \text{ хв}$$

3. Свердлимо отвір пов.2

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 39/(1000 \cdot 0,4) = 0,097 \text{ хв}$$

4. Расстачиваем отвір пов.3

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 11/(1000 \cdot 0,4) = 0,027 \text{ хв}$$

5. Точимо фаску пов.4

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 3/(1000 \cdot 0,4) = 0,075 \text{ хв}$$

6. Точимо фаску пов.5

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 5/(1000 \cdot 0,4) = 0,012 \text{ хв}$$

7. Нарізуємо різьблення пов.2

$$t_0 = L/(n \cdot S) \cdot i \cdot q = 21/(1000 \cdot 0,2) \cdot 1 \cdot 1 = 0,1 \text{ хв}$$

8. Точимо пов.6

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 29/(1000 \cdot 0,4) = 0,072 \text{ хв}$$

9. Точимо канавку пов.7

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 3/(1000 \cdot 0,4) = 0,075 \text{ хв}$$

10. Точимо фаску пов.8

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 2/(1000 \cdot 0,4) = 0,005 \text{ хв}$$

11. Точимо фаску пов.9

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 2/(1000 \cdot 0,4) = 0,005 \text{ хв}$$

Визначаємо час на переходи

$$t_{в2} = 1,24 \text{ хв}$$

Б. Встановити, зняти.

1. Підрізати торець пов.10

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 18/(1000 \cdot 0,4) = 0,11 \text{ хв}$$

4. Центруємо отвір пов.10

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 8/(1000 \cdot 0,4) = 0,045 \text{ хв}$$

Визначаємо час на переходи

$$t_{в2} = 0,78 \text{ хв}$$

В. Установити, зняти

1. Точимо пов.11

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 204/(1000 \cdot 0,4) = 0,51 \text{ хв}$$

4. Точимо пов.12

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 15/(1000 \cdot 0,4) = 0,037 \text{ хв}$$

3. Точимо пов.13

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 134/(1000 \cdot 0,4) = 0,33 \text{ хв}$$

4. Точимо пов.14

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 21/(1000 \cdot 0,4) = 0,052 \text{ хв}$$

5. Точимо канавку пов.15

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 9/(1000 \cdot 0,4) = 0,022 \text{ хв}$$

6. Точимо канавку пов.16

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 11,5/(1000 \cdot 0,4) = 0,029 \text{ хв}$$

7. Точимо фаску пов.17

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 2/(1000 \cdot 0,4) = 0,005 \text{ хв}$$

8. Точимо фаску пов.18

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 2/(1000 \cdot 0,4) = 0,005 \text{ хв}$$

9. Точимо фаску пов.19

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 2/(1000 \cdot 0,4) = 0,005 \text{ хв}$$

10. Точимо фаску пов.20

$$t_0 = L/(n \cdot S) = 2/(1000 \cdot 0,4) = 0,005 \text{ хв}$$

$$N_{\text{вр}} = t_{\text{в1}} + T_{\text{пз}} + t_0 = 3,4 + 34 + 2,16 = 39,62 \text{ хв}$$

015 Фрезерна

Встановити, зняти.

$$t_{\text{в1}} = 0,21 \text{ хв}$$

$$T_{\text{пз}} = 30 \text{ хв}$$

1. Фрезерувати шліци пов.11

$$t_0 = L/(S \cdot m) \cdot 16 = 222/(315) \cdot 16 = 11,28 \text{ хв}$$

4. Фрезерувати шліци пов.11

$$t_0 = L/(S \cdot m) \cdot 8 = 136/(315) \cdot 8 = 3,45 \text{ хв}$$

$$N_{\text{вр}} = t_{\text{в1}} + T_{\text{пз}} + t_0 = 0,21 + 30 + 14,73 = 44,94 \text{ хв}$$

020 Термічна

Встановити, зняти

1. Загартувати деталь

4. Провести високу відпустку НВ 250...280.

020 Шліфувальна

Інструкція по техніці безпеки

А. Встановити, зняти.

$$t_{\text{в1}} = 0,28 \text{ хв}, T_{\text{п.з.}} = 18 \text{ хв}$$

1. Шліфувати пов.12

$$T_{\text{шт}} = 0,76 \text{ хв}$$

4. Шліфувати пов.13

$$T_{\text{шт}} = 1,63 \text{ хв}$$

3. Шліфувати пов.14

$$T_{\text{шт}} = 0,82 \text{ хв}$$

Б. Встановити, зняти.

$$t_{\text{в1}} = 0,11 \text{ хв}$$

1. Шліфувати пов.11

$$T_{\text{шт}} = 1,42 \text{ хв}$$

4. Шліфувати пов.6

$$T_{\text{шт}} = 0,94 \text{ хв}$$

$$N_{\text{вр}} = T_0 + t_{\text{в}} + T_{\text{п.з.}} = 5,96 + 18 + 0,28 = 23,96 \text{ хв}$$

030 Контрольна

Інструкція по техніці безпеки

Встановити, зняти

1. Контролювати деталь по всіх параметрах згідно робочого креслення.

$$N_{\text{вр.заг.}} = 9 + 39,62 + 44,94 + 23,96 = 117,52 \text{ хв} = 1,96 \text{ ч.}$$

Технологічні операції ремонту «Вал шліцьовий» представлено в табл. 3.7.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.7 – Ескізи операцій відновлення деталі

№ опер.	Найменування та зміст операції	Ескіз операції
1	2	3
005	Попередня правка Попередньо правити вал на пресі .	
010	Токарна Вигладити центрові отвори	
015	Контрольна Контролювати індикатором биття валу	
020	Остаточна правка Правити вал остаточно на пресі	
025	Слюсарна Нанести на кожний шліц повздовжню риску	
030	Токарна Виконати роздачу кожного шліца роликком до ширини шліца 6f8 мм	
035	Зварювальна Електрозварюванням заварити канавки шліців	
040	Шліцефрезерна Фрезерувати шліці в р-р 6,2	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ

Арк.

Продовження таблиці 3.7

1	2	3
045	ТО Закалка шліців HRC = 42...46	
050	Круглошліфувальна Шліфувати зовнішній діаметр шліців Ø38H7	
055	Шліцешліфувальна шліфувати шліці 6f6	
060	Круглошліфувальна Шліфувати шийки вала Ø39,9 (Ø40k6) до усунення слідів зносу	
065	Гальванічна Хромувати шийки вала Ø40,06	
070	Шліфувати шийки вала Ø 40k6	
075	Контрольна	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ

Арк.

3.2.4 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на ремонт

1. Визначаємо критичні розміри деталі, яка підлягає ремонту:

а) для з'єднання з зазором – діаметр зношеного валу в посадковому місці з шестернею $\varnothing 26 g6^{(+0,025}_{+0,03)}$,

$$d_3 = d_{h.\max.} - a_p \cdot ei \quad (3.1)$$

де $d_{h.\max.}$ – номінальний діаметр валу; $d_{h.\max.} = 26,025$ мм a_p – допуск на ремонт; 22 мкм ei – нижнє відхилення допуску на виготовлення; 0,003 мм

$$d_3 = 26,025 - 22 \cdot 0,003 = 25,959$$

2. Припуск і розмір валу після попередньої механічної обробки перед відновленням:

$$2z' = 2(R_{z3} + T_3), \text{ мм} \quad (3.2)$$

де $2z'$ – припуск на попередню механічну обробку; R_{z3} – шорсткість зношеної поверхні $R_{z3} = 80$ мкм; T_3 – дефектний шар зношеної поверхні, $T_3 = 2,0$ мм

$$2z' = 2(0,08 + 2,0) = 4,16 \text{ мм}$$

$$d_{n.o.} = d_3 - 2z' \quad (3.3)$$

де $d_{n.o.}$ – діаметр деталі після попередньої обробки;

$$d_{n.o.} = 26 - 4,16 = 21,84 \text{ мм}$$

3. Припуск на тонке точіння валу і її розмір після чистової токарної обробки:

$$2z'' = 2(R_{z_{ч.о.}} + T_{ч.о.}) \quad (3.4)$$

де $2z''$ – припуск на тонке точіння; $R_{z_{ч.о.}}$ – шорсткість поверхні після чистової обробки, 20 мкм $T_{ч.о.}$ – дефектний шар після чистової обробки відновленої деталі; 0,13 мм

$$2z'' = 2(0,002 + 0,13) = 0,3 \text{ мм}$$

$$d_{Т.Т.} = d_H + 2z''$$

$$d_{Т.Т.} = 26 + 0,3 = 26,3 \text{ мм}$$

де $d_{ч.о.}$ – діаметр відновленої деталі після чистової обробки.

4. Припуск на чистову механічну обробку валу і його розмір після напівчистової обробки:

$$2z''' = 2(R_{z_{н.ч.о.}} + T_{н.ч.о.}) \quad (3.5)$$

де $2z'''$ – припуск на чистове точіння; $R_{z_{н.ч.о.}}$ – шорсткість поверхні після напівчистової обробки, 40 мкм $T_{н.ч.о.}$ – дефектний шар після напівчистової обробки відновленої деталі; 0,4

мм

$$2z''' = 2(0,04 + 0,4) = 0,88 \text{ мм}$$

$$d_{н.ч.о.} = d_{н.ч.о.} + 2z'''$$

$$d_{н.ч.о.} = 26,3 + 0,88 = 27,18 \text{ мм}$$

де $d_{н.ч.о.}$ – діаметр відновленої деталі після напівчистової обробки.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Припуск на напівчистову механічну обробку вала і його розмір після чорнової обробки:

$$2z''' = 2(R_{z\text{Чорн.}} + T_{H.\text{Чорн.}}) \quad (3.6)$$

де $2z'''$ – припуск на напівчистове точіння;

$R_{z\text{Чорн.}}$ – шорсткість поверхні після чорнової обробки, 80 мкм

$T_{H.\text{Чорн.}}$ – дефектний шар після чорнової обробки відновленої деталі; 1,3 мм

$$2z''' = 2(0,08 + 1,3) = 2,76 \text{ мм}$$

$$d_{H.T.} = d_{\text{Чорн.}} + 2z'''$$

$$d_{H.T.} = 27,18 + 2,76 = 29,94 \text{ мм}$$

де $d_{\text{Чорн.}}$ – діаметр відновленої деталі після чорнової обробки.

6. Припуск на чорнову механічну обробку відновленого вала і його розмір після відновлення:

$$2z'''' = 2(R_{zB} + T_B) \quad (3.7)$$

де $2z''''$ – припуск на чорнову механічну обробку;

R_{zB} – шорсткість відновленої поверхні, 320 мкм

T_B – дефектний шар відновленої поверхні; 1,8 мм

$$d_B = d_{\text{Ч.}} + 2z''''$$

де d_B – діаметр деталі після відновлення;

$$d_B = 29,94 + 4,24 = 34,18 \text{ мм}$$

7. Товщина нарощування шару при відновленні валу:

$$h = \frac{d_B - d_{n.o.}}{2}$$

$$h = \frac{34,18 - 21,84}{2} = 6,17 \text{ мм}$$

3.2.5 Вибір режимів ремонту

Вибір проводимо для технологічної операції 035 – Наплавлення шліцьового валу

Автоматичне наплавлення під флюсовим шаром є одним із сучасних та поширених методів відновлення деталей на ремонтних підприємствах. Цей метод вперше розробили в Київському інституті електрозварювання ім. Є. О. Патона.

Під час такого наплавлення електрод здійснює два основних механізованих рухи: подача до поверхні деталі з урахуванням його розплавлення та переміщення вздовж зварювального шва.

Схема автоматичного дугового наплавлення деталей під шаром флюсу представлена на рис. 3.3. Цей метод забезпечує захист дуги від кисню й азоту повітря завдяки подачі флюсу в зону горіння дуги. Флюс, розплавляючись, утворює захисний шар, що оберігає метал від впливу довкілля.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

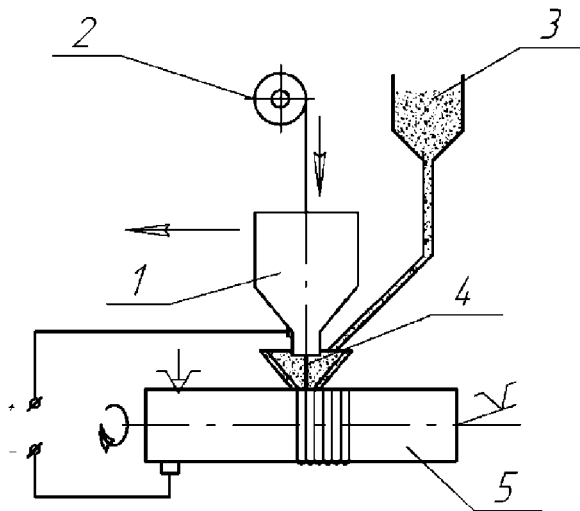


Рисунок 3.3 – Схема електродугового автоматичного наплавлення під флюсом:
 1 – апарат наплавлення; 2 – барабан з дротом; 3 – бункер із флюсом;
 4 – електродний дріт; 5 – деталь, що наплавляється

До дуги, яка виникає між електродом 3 і поверхнею обертової деталі 1, безперервно подається електродний дріт за допомогою спеціального пристрою (автомата), а гранульований флюс насипається з бункера шаром 50...60 мм. Дуга, занурена у флюс, горить під рідким шаром розплавленого флюсу в газовому середовищі. Рідкий флюс надійно захищає розплавлений метал від контакту з повітрям, зменшує розбризкування та покращує формування наплавленого шару 2, забезпечуючи ефективніше використання теплоти дуги й матеріалу електродного дроту.

При охолодженні утворюється шлакова кірка, яка уповільнює охолодження розплавленого металу і сприяє кращому формуванню його структури. Невеликий виліт електрода (відстань від мундштука до деталі) дозволяє збільшити щільність зварювальних струмів до 150...200 А/мм². Товщина наплавленого шару металу може змінюватися від 0,5 до 5 мм залежно від обраного режиму.

Обладнання для наплавлення під шаром флюсу складається зі зварювальної головки, джерела живлення і токарного або спеціалізованого верстата. Для механізованого наплавлення використовуються автомати (головки) А-580М, А-874Н, ОКС-1252М, А-384МК та інші, для напівавтоматичного зварювання – шлангові напівавтомати ПШ-54, ПДШМ-500. Живлення забезпечується зварювальними агрегатами типу ПС-300 і ПСГ-500, а також випрямлячами ВС-300 і ВДУ-504 зі спадною характеристикою.

Наплавлення переважно здійснюють на постійному струмі зворотної полярності, що підвищує стабільність процесу та раціональність використання теплоти дуги, спрямовуючи більше тепла до дроту і менше – до деталі. Фізико-механічні властивості наплавленого металу значною мірою залежать від вибору електродного дроту й флюсу. У ремонтному виробництві широко застосовуються електродні дроти таких марок: для низьковуглецевих сталей – Св 08, Св 08ГС та інші; для середньовуглецевих і низьколегованих сталей – дріт Нп-65, Нп-80, Нп-30ХГСА тощо.

Згідно з хімічним складом, плавлені флюси поділяють на два типи:

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ						

- висококремнієві марки АН-348А, ОСЦ-45 і АН-60, які забезпечують стабільне горіння дуги, хороше формування зварювальних валиків і мінімальну кількість пор у наплавленому металі;

- низькокремнієві безмарганцеві марки АН-20 і АН-30, які знижують ймовірність утворення гарячих тріщин та пор у наплавленому металі.

Плавлені флюси мають гарні захисні властивості, але не містять легуючих елементів. Керамічні флюси, крім компонентів плавлених флюсів, містять феросплави. Вони виготовляються шляхом змішування порошків вихідних матеріалів з рідким склом і подальшого гранулювання маси. Керамічні флюси мають легувальні властивості, завдяки наявності феросплавів, і найпоширенішими для наплавлення деталей є флюси АНК-18, АНК-348А і ЖСН.

Необхідні властивості наплавленого шару (твердість, зносостійкість) досягаються шляхом комбінації різних флюсів та електродного дроту (табл.3.8).

Таблиця 3.8 – Залежність твердості наплавленого шару від матеріалів

Флюс	Електродний дріт	Твердість шару після наплавлення, HRC
АН-348А	Св-08Г2С	18...20
	Св-18 ХГСА	25...28
	НП-40 ХІЗ	40...45
АНК-18	Св-08	38...43
	Св-08Г2С	41...45

Діаметр електродного дроту підбирають відповідно до діаметра деталі, яку потрібно наплавити та використовують дріт діаметром від 1,6 до 2,5 мм.

3.2.6 Вибір обладнання та матеріалів для наплавлення

Для наплавлення під шаром флюсу обираємо автомат А-384МК. Наплавлення здійснюється оголеною електродною дротом, який подається в зону горіння дуги через спеціальний механізм – головку автомата. Струм підводиться через ковзаючий контакт, виготовлений із міді, а флюс захищає зону наплавки від окислення.

Дріт у формі бухти встановлюється на обертовий барабан, а деталь фіксується на маніпуляторі. Зварювальна дуга живиться від перетворювача постійного струму.

Зварювальна головка виконує такі функції: подачу електродного дроту в зону зварювання, регулювання дуги, її запалювання на початку процесу та розривання наприкінці роботи. Регулювання швидкості подачі дроту здійснюється змінними шестернями механізму подачі, зі швидкістю від 28 до 225 м/год. Зварювальний струм, який може досягати 500А, залежить від швидкості наплавлення, подачі й діаметра дроту.

Для наплавлення сталевого валу марки Ст45 з метою підвищення зносостійкості поверхневого шару обираємо дріт Нп-30ХГСА діаметром Ø2 мм (ДСТУ 3671-97) та флюс АН-348А (DIN 32522), що забезпечить твердість наплавленого металу на рівні НВ 290-310.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.7 Розрахунок режимів наплавлення

Після наплавлення поверхня деталі має визначені геометричні параметри, які залежать від параметрів технологічних режимів наплавлення (рис. 3.4).

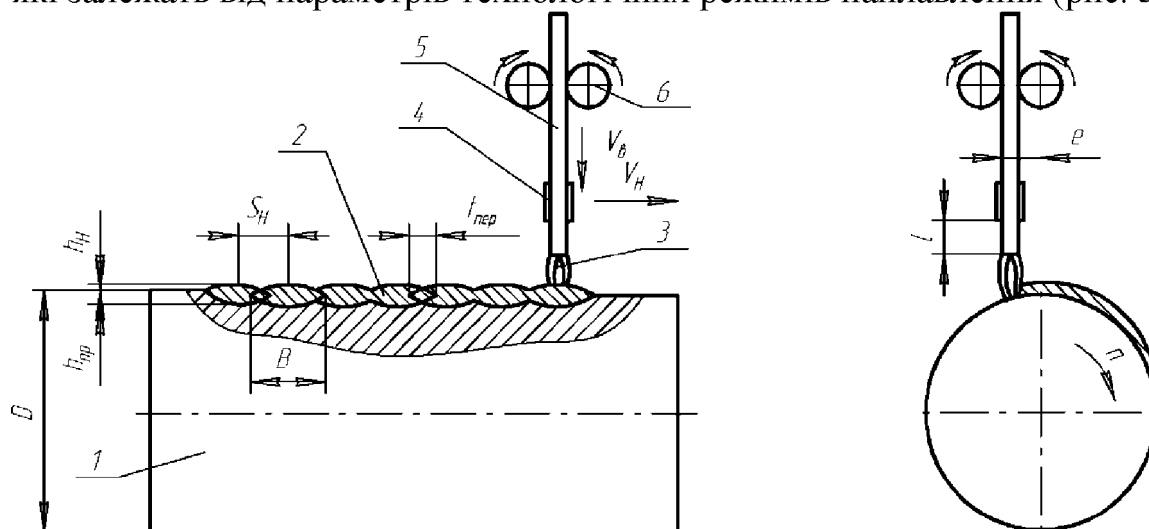


Рисунок 3.4 – Схема наплавлення:

1 – деталь; 2 – наплавлений шар; 3 – дуга; 4 – мундштук; 5 – електродний дріт; 6 – подавальний механізм; 7 – зміщення електрода від зеніту; 8 – виліт електрода

Висота наплавлення h_n має повністю компенсувати зношений шар, враховуючи величину максимального зносу та припуск на механічну обробку, тобто повинна виконуватись умова:

$$h = Z_{\max} + z \quad (2.8)$$

де Z_{\max} – максимальний знос,
 z – припуск на обробку.

$$h = 1,5 + 6,17 = 9,17 \text{ мм}$$

Для забезпечення щільності наплавленого шару та згладжування нерівностей, що дозволяє зменшити припуск на обробку і полегшує умови для механічної обробки, кожний наступний валик має перекривати попередній на 0,3...0,5 своєї ширини (B). Перекриття ($t_{пер}$) регулюється поздовжньою подачею електрода за один оберт деталі (крок наплавлення S_H).

Наплавлений валик повинен мати визначену форму, яка забезпечує повне проварювання по всій його поверхні і неглибоке проплавлення основного металу; це залежить від електричних параметрів електродугового процесу. Також враховують висоту наплавленого шару і діаметр деталі.

Отже, формування наплавленого шару на поверхні деталі заданого діаметра з необхідними якостями та геометричними характеристиками визначається в основному технологічними режимами, що залежать від кінематичних параметрів установки для наплавлення, діаметра деталі та електродного дроту, а також електричними параметрами дуги.

Залежність для визначення швидкості подачі електродного дроту і частоти обертання деталі:

					КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення швидкості подачі електродного дроту можна застосувати наступний підхід. Довжина електродного дроту, що подається механізмом за одиницю часу, чисельно відповідає швидкості подачі, а його маса обчислюється за формулою:

$$m_e = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} \cdot v_e \cdot \lambda_e \quad (3.9)$$

де d_e - відповідно діаметр електродного дроту, 2 мм,

v_e - швидкість подачі електродного дроту, 104 м/хв

λ_e - питома маса електродного дроту, $7,8 \cdot 10^{-6}$ г/мм³

За ту ж одиницю часу під впливом електричного струму маса електродного дроту m_e повинна розплавитись, що виражається співвідношенням:

$$m_e = \frac{3,14 \cdot 90^2}{4} \cdot 104 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 5,15 \text{ кг}$$

$$m_e^P = \alpha_P \cdot I_H \quad (3.10)$$

де α_P - коефіцієнт розплавлення металу електронного дроту;

I_H - струм наплавлення, 250А.

Для автоматичного наплавлення тіл обертання важливо визначити частоту обертання деталі. Цей параметр легко розрахувати, якщо відома швидкість наплавлення.

Для вирішення цієї задачі розглянемо об'ємний елемент наплавленого шару з прямокутним (з певними допущеннями) перерізом $S_H \times h_H$ і довжиною, яка дорівнює швидкості наплавлення.

Масу цього елемента можна визначити за допомогою наступного співвідношення:

$$m_H = S_H \cdot h_H \cdot v_H \cdot \gamma_{HM} \quad (3.11)$$

де γ_{HM} - питома маса наплавленого металу;

v_H - швидкість наплавлення (колова швидкість деталі), 16 м/хв.

S_H - крок наплавки, 4,0 мм

h_H - висота наплавленого шару, 3,0 мм

$$m_H = 4 \cdot 3 \cdot 16 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 3,27 \text{ г}$$

Враховуючи, що швидкість наплавлення чисельно дорівнює колівій швидкості деталі, можна записати:

$$v_H = \frac{\pi \cdot D_D \cdot n \cdot 60}{1000} \quad (3.12)$$

де v_H - швидкість наплавлення 18, м/год;

D_D - діаметр деталі, мм (для розрахунку приймається номінальний);

n - частота обертання деталі, хв.⁻¹. З формули одержимо:

$$n = 5,31 \cdot \frac{v_D}{D_D} \quad (3.13)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = 5,31 \cdot \frac{18}{90} = 0,98 \text{ об/хв}$$

При наплавленні тіл обертання слід враховувати можливість стікання наплавленого металу в напрямку обертання деталі. Для цього дугу (електрод) зміщують із zenіту деталі на 6 мм у бік, протилежний її обертанню.

Також на формування валика впливає виліт електрода, тобто довжина вільного кінця від мундштука. Зі збільшенням цього параметра зростає опір, що призводить до зменшення сили струму і глибини проплавлення. В певних умовах це може призвести до непроварювання основного металу.

Виліт кінця мундштука, 12 мм/

3.2.8 Нормування операцій ремонту

Виконуємо нормування операції 035 – Наплавлення

Норма часу на виконання наплавочних робіт складається з наступних елементів витрат часу.

$$T_n = T_0 + T_{\text{дон}} + T_{\text{доод}} + \frac{T_{\text{нз}}}{n} \quad (3.14)$$

де T_0 – основний час.

$T_{\text{дон}}$ – допоміжний час, 7,1 хв

$T_{\text{доод}}$ – додатковий час,

$T_{\text{нз}}$ – підготовчо-заключний час, 24,2 хв

n – кількість наплавляємих деталей у партії, 10 шт.

$$T_0 = \frac{\pi \cdot d \cdot \ell}{1000 \cdot V_n \cdot S} \quad (3.15)$$

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 372}{1000 \cdot 30 \cdot 4} = 0,37 \text{ год} = 22,2 \text{ хв}$$

де ℓ - довжина наплавляємої поверхні деталі, 372 мм

$$T_{\text{доод}} = T_{\text{он}} \cdot \frac{K}{100} \quad (3.16)$$

K – коефіцієнт, що враховує частку додаткового часу від основного і допоміжного, $K = 10\%$

$T_{\text{опер}}$ – оперативний час.

$$T_{\text{он}} = 22,2 + 7 = 29,7 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доод}} = 29,7 \cdot \frac{10}{100} = 2,97 \text{ хв.}$$

$$T_n = 22,2 + 7 + 2,97 + \frac{24}{10} = 35,07 \text{ хв.}$$

3.2.9 Ремонт напрямних консолі

Для проведення ремонту станини необхідно наступне обладнання, інструмент, пристрої та матеріалі: поздовжньо-шліфувальний верстат, електроталь, поздовжньо-стругальний верстат, широколезвийний стругальний

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

різець ВК6, абразивний круг ЧК175x50xКЧ8-80-50-СМ1-КБ, шабер 2850-0011 МН475-60, рамний рівень, перевірна лінійка ДСТУ ГОСТ 427:2009, кутова лінійка УТ-1-1000x55, індикатор електронний TESA DIGICO 205, шпindelна перевірна оправка, магнітна стійка, набір щупів, рамка 25x25, домкрати, звалювальні пристрої, прихвати, набір слюсарного інструменту, берлінська лазур Л-1, войлочний тампон, возик для обслуговування верстатів НК-41.

Таблиця 3.10 – Технологічний маршрут ремонту напрямних верстата (І)

№ оп.	Операція	Ескіз операції та перевірка
005	<p>I варіант</p> <p>Шліфувальна</p> <p>Встановити, вивірити та закріпити станину.</p> <p>Шліфувати напрямні станини 1,2,3 та 4.</p> <p>Перевірити відхилення.</p> <p>Переустановити станину та виставити перпендикулярність поверхонь 1,2,3 та 4 до геометричної вісі шпинделя.</p> <p>Шліфувати поверхні 5,6,7 та 8</p>	
010	Перевірити відхилення форми та розташування поверхонь з 1 по 8	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ

Арк.

Таблиця 3.11 – Технологічний маршрут ремонту напрямних верстата (II)

№ оп.	Склад операції	Ескіз операції та перевірка
005	<p>II Варіант</p> <p>Стругальна</p> <p>Встановити, вивернути та закріпити станину.</p> <p>Стругати напрямні 1,2,3 та 4</p>	
010	<p>Слюсарна</p> <p>Шабрувати поверхні 5, 6, 7 та 8 з підгонкою по впрямленим поверхням хобота та перевіркою паралельності до геометричної всі шпинделя.</p> <p>Провести декоративне шабрення поверхонь 1,2,3 та 4</p>	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ

Арк.

Таблиця 3.12 – Технологічний маршрут ремонту напрямних верстата (III)

№ оп.	Склад операції	Ескіз операції та перевірка
005	<p>III Варіант</p> <p>Слюсарна</p> <p>Встановити станину та вивірити по рівню напрямні 2 та 3.</p> <p>Щабрувати напрямні 2 та 3 з перевіркою по плиті на краску та перпендикулярності їх до геометричної вісі шпинделя.</p> <p>Шабрити напрямні 1 та 4 з перевіркою на фарбу по лінійці та відхиленням форми та розташування поверхонь.</p> <p>Щабрувати поверхні 5 та 8 з перевіркою непаралельності до геометричної вісі шпинделя.</p> <p>Щабрувати поверхні 6 та 7 з підгонкою по спряженим поверхням хобота.</p>	

3.2.10 Ремонт напрямних корпусу консолі

Ремонт корпусу фрезерного верстата є однією з найскладніших операцій. Головна проблема цього процесу полягає в необхідності забезпечення паралельності напрямних 1, 2, 3 і 4 щодо базової геометричної осі Б гвинта, а також в гарантуванні перпендикулярності цих напрямних до базової площини 9 та напрямних 7 і 8.

Для ремонту напрямних корпусу консолі, крім зазначеного, необхідно мати наступне обладнання, інструменти та прилади: перевірний кутник, перевірну циліндричну оправку з діаметром отвору під гвинт (база Б), пристрій для контролю перпендикулярності та мікрометр за стандартом ДСТУ ГОСТ 6507:2009.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ

Арк.

Таблиця 3.13 – Технологічний маршрут ремонту напрямних корпуса

№ оп.	Змст операції	Ескізи операції та перевірки
005	<p>Шліфувальна</p> <p>Встановити корпус консолі на стіл верстата.</p> <p>Вивірити поверхні 1,2 та 4 до геометричної вісі Б (отвір під гвинт). Закріпити деталь.</p> <p>Шліфувати поверхні 1,2,3,4,5 та 6.</p> <p>Переустановити деталь, вивірити та закріпити.</p> <p>Шліфувати поверхні 7 та 8.</p>	
010	<p>Слюсарна</p> <p>Встановити консоль на стенд.</p> <p>Шабрити кути 1 та 4, недоступні абразивному кругу.</p> <p>Встановити корпус консолі на горизонтально укладену станину.</p> <p>Прогнати напрямні 7 та 8 корпуса консолью спряженим поверхням станини шабренням з перевіркою на фарбу неперпендикулярність до напрямних 1,2,3 та 4</p>	 <p style="text-align: center;">Повернуто на 90°</p>

3.3 Технологічний процес виготовлення нової деталі замість зношеної

3.3.1 Опис конструкції деталі і аналіз її конструкції на технологічність

Дана деталь, колесо черв'ячне, є частиною радіально-свердлильного верстату моделі 2Н55, входить в механізм подач, вона в свою чергу входить в зачеплення з черв'яком. Черв'ячні передачі застосовують при необхідності передачі руху між перехресними валами. При обертанні черв'яка його витки плавно входять в зачеплення з зубами колеса та приводять його у рух.

Деталь виготовлено з сірого чавуну СЧ 30 ДСТУ 8833:2019. Чавун має властивості високої герметичності, середню міцність і гарну оброблюваність. В

					КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якості заміни обираємо СЧ 35 ДСТУ 8833:2019, що має схожий хімічний склад та механічні властивості по відношенню до основного матеріалу (табл. 3.14 і 3.15).

Таблиця 3.14 – Хімічний склад чавунів

Марка чавуну	C, %	Si, %	Mn, %	S, %	P, %
СЧ 30	3÷3,2	1,3÷1,9	0,7÷1,0	до 0,12	до 0,2
СЧ 35	2,9÷3	1,2÷1,5	0,7÷1,0	до 0,12	до 0,2

Таблиця 3.15 – Механічні властивості СЧ 30 ДСТУ 8833:2019 та його заміників

Марка чавуну	E 10 ⁻² , МПа	$\sigma_{вр}$, МПа	C Дж/(кг·град)	Твердість НВ 10 ⁻¹
СЧ 30	1300	300	525	163÷270
СЧ 35	1400	350	545	179÷290

Термообробка нашої деталі. Сірий чавун для зняття внутрішніх напружень і стабілізації розмірів чавунних виливків піддається низькотемпературного відпалу: повільного нагрівання до $t = 550^\circ \text{C}$, витримці при цій температурі 2-5 год., охолодженню разом з піччю до температури 200°C , а потім на повітрі.

3.3.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Для виконання аналізу якості поверхонь деталі колесо черв'ячне необхідно попередньо пронумерувати всі поверхні.

Позначення поверхонь деталі виконано на рисунку 3.5.

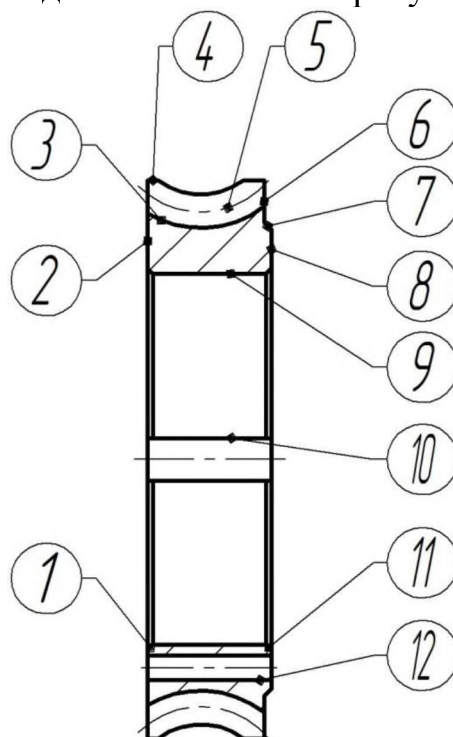


Рисунок 3.5 – Позначення поверхонь деталі колесо черв'ячне

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні поверхні служать для визначення положення деталі у вузлі. До них відносяться поверхня 8 – торець з шорсткістю Ra 3,2, поверхня 9 з Ø105H9 мм шорсткістю Ra 3,2.

До виконавчих відносяться зуби черв'яка, це поверхні 3, 4, 5.

Допоміжні поверхні служать для визначення положення деталей, що приєднуються до деталі, яка розглядається. До них відносяться поверхня шпонкового пазу та 3 отвори 12 з Ø7 мм та шорсткістю Ra 12,5.

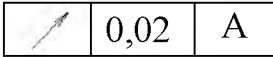

До спряжених поверхонь відносяться: поверхні торців, отвори та зуби, а також поверхня шпонкового пазу

До вільних поверхонь відносяться всі інші поверхні.

Отже, із вище перерахованого, можна зробити висновок, що якість та властивості поверхневого шару відрізняються для різних поверхонь. Для основних та виконавчих поверхонь потрібна висока шорсткість, середня точність. Точність та шорсткість вільних поверхонь не потребує бути високою.

У таблиці 3.16 приведені характеристики поверхонь.

Таблиця 3.16 – Характеристика поверхонь

№ з/п	Номінальний розмір, мм	Квалітет, IT	Граничні відхилення розміру	Шорсткість, Ra, мкм	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	1,5x45°	h14	0	12,5	
			-0,250		
2	35	h14	0	12,5	
			-0,620		
3	Ø130,5	h14	0	12,5	
			-1,000		
4	Ø158	h12	0	12,5	
			-0,400		
5	m=24, z=17	8-C		3,2	
6	33	h14	0	12,5	
			-0,620		
7	2x45°	h14	0	12,5	
			-0,250		
8	20	h11	0	3,2	
			-0,130		
9	Ø105	H9	+0,087	3,2	
			0		
10	12	N9	0	3,2	
			-0,043		
11	1,5x45°	h14	0	12,5	
			-0,250		
12	Ø7	H12	+0,150	12,5	
			0		

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ

Арк.

Таким чином, вимоги до шорсткості, квалітетів допусків, допуски відхилення від форми та розташування поверхонь, що позначені на кресленні, дають можливість обробки деталі на верстатах нормальної точності.

3.3.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні зображений головний вид та вид зліва деталі колесо черв'ячне. Цього достатньо для повного уявлення про форму деталі.

На деталі проставлені всі необхідні розміри. Розміри основних та допоміжних поверхонь мають квалітет допуску (деякі мають інформацію про граничні відхилення), проставлена шорсткість поверхонь.

На розміри деталі, що не мають позначення квалітету, призначається 14 квалітет, про що мається запис у технічних вимогах. А на поверхні, на яких немає шорсткості, призначається шорсткість Ra 12,5, що вказана у верхньому правому куті креслення.

На деталі не проставлена база та відхилення форми та розташування поверхонь. За базу приймаємо отвір Ø105H9 шорсткістю Ra 3,2 як найбільш точний. Назначаємо відхилення у вигляді радіального биття торець, поверхня 8. Таким чином зберігається умова $T_1 > T_2 > T_3$.

Основний напис містить всю необхідну інформацію, а саме матеріал деталі СЧ 30 ДСТУ 8833:2019, маса 3,5 кг, масштаб 1:1, назва – Колесо черв'ячне, шифр креслення. Таким чином креслення відповідає вимогам ЄСКД.

3.3.4 Аналіз технологічності деталі

Якісний аналіз технологічності

Проводимо класифікацію деталі колесо черв'ячне згідно класифікатору ЄСКД. Таким чином, код класифікаційних групувань конструктивних ознак – 710156.

Розглянемо та виберемо методи отримання заготовки деталі колесо черв'ячне.

При виборі відливки у якості заготовки з'являється необхідність використовувати матеріал із ливарними властивостями.

Деталь є жорсткою, так як виконується наступна умова:

$$\begin{aligned} l_{max}/d_{cp} &< 5, \\ 35/158 &< 5, \\ 0,22 &< 5, \end{aligned}$$

що дає можливість використання підвищених режимів різання, використання одночасної обробки декількома інструментами. Профіль деталі дозволяє вільне підведення та відведення ріжучого та вимірювального інструмента.

Допуски розмірів поверхонь деталі представлені 9-12 квалітетами. Невказані розміри згідно технічним вимогам мають 14 квалітет. Поверхні деталі з шорсткістю Ra 3,2 та 12,5. Необхідна точність та шорсткість досяжна при використанні верстатів та оснащення нормальної точності.

Кількісний аналіз технологічності

Коефіцієнт використання матеріалу:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{B.M.} = \frac{Q_D}{Q_3} = \frac{3,5}{5,8} = 0,61 \quad (3.17)$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{MH} = \frac{n}{N} = \frac{7}{14} = 0,5 \quad (3.18)$$

Коефіцієнт уніфікації повинен перевищувати 0,9. В нашому випадку $K_{ун}=0,62$, що говорить про значну кількість розмірів, що не належать до лінійних рядів.

Середня шорсткість

$$Ra_{CP} = \frac{\sum Ra \cdot n}{N} = \frac{3,2 \cdot 4 + 12,5 \cdot 8}{12} = 9,4 \quad (3.19)$$

Отже, вимоги до шорсткості деталі низькі.

Середня точність

$$IT_{CP} = \frac{\sum IT \cdot n}{N} = \frac{9 \cdot 3 + 11 + 12 \cdot 2 + 14 \cdot 6}{12} = 11,42 \quad (3.20)$$

Отже, вимоги до точності низькі.

Можна зробити висновок, що деталь колесо черв'ячне має низькі вимоги до точності, середні для шорсткості, що дозволяє оброблюватися на верстатах нормальної точності.

3.3.5 Вибір методу отримання заготовки. Призначення припусків табличним методом

3.3.5.1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовки

Головним у виборі заготовки є забезпечення заданого рівня якості готової деталі при її мінімальній собівартості. Собівартість деталі визначається сумою собівартості заготовки по калькуляції заготівельного цеху і собівартості її наступної обробки до досягнення заданих вимог якості згідно креслення.

Таблиця 3.17 – Матриця впливу факторів

Способи отримання заготовки	Фактори							Сума
	Розміри заготовки, маса	Необхідна точність якості поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма випуску	Виробничі можливості підприємства	Мікроструктура	Конфігурація заготовки	
Відливання:								
- в оболонкові форми	+	+	-	-	-	-	+	3
- під тиском	+	+	-	+	-	-	+	4
- в піщано-глинясті форми	+	+	-	+	+	+	+	6
- в кокіль	+	+	-	+	-	-	+	4

Виходячи з матриці впливу факторів можна зробити висновок, що найбільш раціональними методами отримання заготовок є лиття в піщано-глинясті форми.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проводимо техніко-економічний розрахунок заготовки.

Вартість заготовки обчислюється за формулою:

$$A = M \cdot C \cdot K_n \cdot K_c \cdot K_{оп} - (Q - q) \cdot Ц, \quad (3.21)$$

де M – маса заготовки, C – вихідна оптова ціна 1 кг заготовки ($C = 32,33$ грн. для чавуну), K_n – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки, K_c – коефіцієнт, що враховує виготовлення заготовок, $K_{оп}$ – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, q – чиста маса деталі, $Ц$ – ціна 1кг відходів ($Ц = 5$ грн.), $З_о$ – заробітна плата по операціям механічної обробки, грн.

Вартість відливки: $A = 5,8 \cdot 32,33 \cdot 0,831 \cdot 1 \cdot 0,86 - (5,8 - 3,5) \cdot 5 = 122,50$ грн.

Таким чином, можна зробити висновок, що лиття в якості є більш економічно вигідним.

3.3.5.2 Проектування заготовок

Лиття проводимо у піщано-глинясті форми. Виробництво механізоване серійне. Згідно з додатком 1 в залежності від способу лиття, габаритних розмірів та типу металу та сплаву назначаємо клас точності розмірів та мас та ряди припусків на механічну обробку відливок: $\frac{7-13T}{2-5}$, де в чисельнику вказані класи точності розмірів і мас, а в знаменнику – ряди припусків. Враховуючи умови виробництва, приймаємо $\frac{10}{3}$.

Проводимо перевірки виконуваності отворів та внутрішніх порожнин за умовою відсутності пригару стержня:

$$d_{min} = d_0 + 0,1S \quad (3.22)$$

де S – мінімальна товщина стінки, що прилягає, d_0 – вихідний діаметр.

В нашому випадку $S = (158 - 105) / 2 = 26,5$ мм, $d_0 = 7$ мм:

$d_{min} = 7 + 0,1 \cdot 26,5 = 9,65$ мм, приймаємо $d_{min} = 9$ мм.

Отже, отвір $\varnothing 105$ мм виконуваний. Отвори $\varnothing 7$ мм та фаски є не виконуваними й не раціональними. Дані проектування заносимо в таблицю 3.18.

Таблиця 3.18 – Данні проектування відливки

№	Номинальний розмір деталі, мм	Характеристика поверхні		Допуски розміру відливки, мм	Граничні відхилення	Основний припуск, мм	Додатковий припуск, мм	Розміри заготовки мм	Примітки
		IT	Ra						
1	$\varnothing 158$	h12	12,5	3,2	$\pm 1,6$	$4,2 \times 2$	–	$166,4 \pm 1,6$	$\Delta_{см} = \pm 0,8$
2	$\varnothing 105$	H9	3,2	3,2	$\pm 1,6$	$5,5 \times 2$	–	$94 \pm 1,6$	$\Delta_{см} = \pm 0,8$
3	35	14	3,2	2,2	$\pm 1,1$	$3,2 \times 2$	–	$41,4 \pm 1,1$	Короблення 0,6мм

Призначаємо допуски лінійних розмірів відливок, враховуючи, що допуски розмірів елементів відливки, що утворені однією частиною напівформи, встановлюють на 1-2 класу точніше.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Граничні відхилення призначаємо симетрично, бо всі поверхні підлягають механічній обробці. Визначаємо основні припуски на механічну обробку в залежності від допуску и ряду припуску.

Граничні відхилення зміщення елементів від номінального положення відливки по площині роз'єму становлять $\Delta_{см} = \pm 0,8$.

Відношення габаритних розмірів деталі складає 0,25, таким чином ступінь короблення від 1 до 7. Враховуючи конструкцію деталі, матеріал приймаємо ступінь короблення 5.

Отже граничне відхилення короблення приймаємо $\Delta_{кор.} = \pm 0,6$ мм.

Додаткові припуски не призначаємо так, як граничні відхилення зміщення і короблення не перевищують половину допуску.

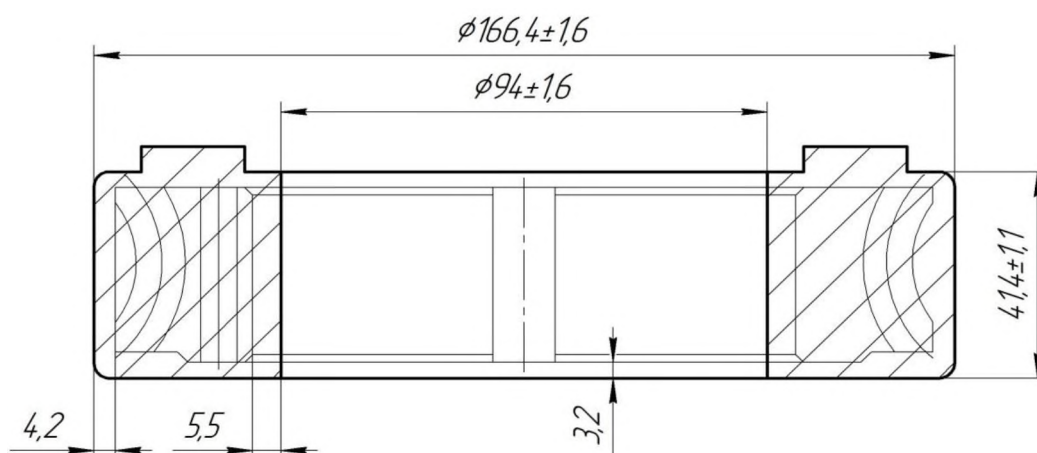


Рисунок 3.6 – Ескіз відливки

3.3.6 Вибір і обґрунтування баз

Колесо черв'ячне відноситься до деталей типу диск. Основними конструкторськими базами є: торець 8 довжиною 35 мм, основний отвір 9 $\phi 105$ мм та шпонковий паз 10.

Технологічними базами називають поверхні, які визначають розміщення деталі під час обробки на верстаті. До них відносяться зовнішня циліндрична поверхня 4 $\phi 158$ h12 мм та торець 8 (токарна чорнова), внутрішня циліндрична поверхня 9 $\phi 105$ H9 мм та торець 2 (токарна чистова).

Вимірвальні бази співпадають з конструкторськими основними базами.

Принцип суміщення баз виконується, так як в якості технологічних, вимірвальних та конструкторських баз використовуються одні і тіж поверхні.

Використання в якості технологічних баз конструкторських та застосування методу перекладання забезпечує зменшення похибки обробки.

Теоретична схема базування з вказівкою 6 опорних точок зображена на рисунку 3.7.

Використання однакових схем установки на багатьох операціях забезпечує виконання принципу єдності баз. На першій операції, в першу чергу, обробляються ті поверхні, які в подальшому будуть використовуватись в якості технологічних баз на більшості операцій.

					КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

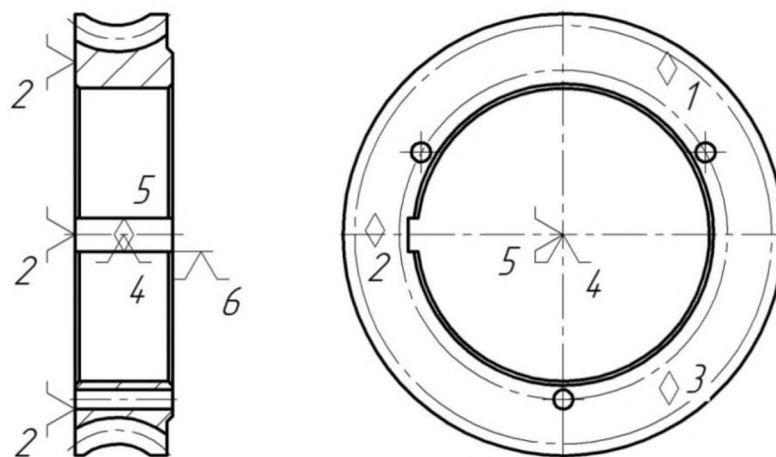


Рисунок 3.7 – Теоретична схема базування з указанням 6 опорних точок

На першій операції деталь закріплюють за так звані чорнові бази, що представлені поверхнею 4 $\varnothing 158h12$ мм та торець 8.

Схеми базування деталі на токарному верстаті при різних установах зображені на рисунку 3.8, на свердлильному, довбальному та зубофрезерному – рисунок 3.9.

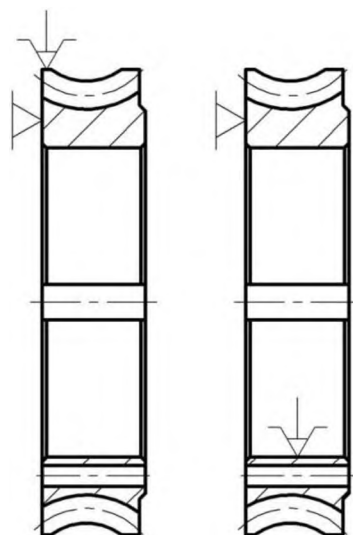


Рисунок 3.8 – Схема базування на токарному верстаті

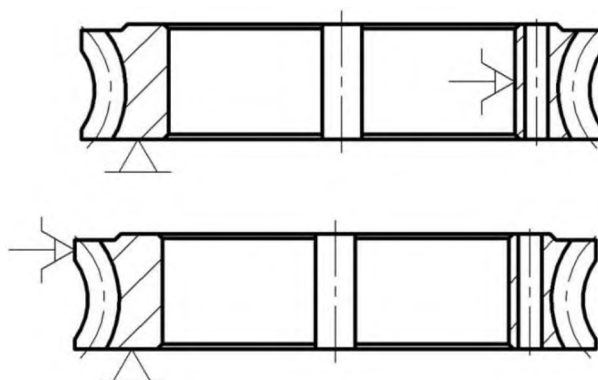


Рисунок 2.9 – Схема базування на свердлильному, довбальному та зубофрезерному верстатах

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Принцип єдності баз частково зберігається, це пояснюється наявністю переустановів на при обробці.

3.3.7 Розробка технологічного процесу обробки деталі
Розроблюємо технологічну послідовність обробки деталі (табл. 3.19).

Таблиця 2.19 – Маршрут обробки деталі

№	Найменування операції	Номер оброблюємої поверхні	Номер базуємої поверхні	Тип та модель верстата
005	Відпал			Піч
010	Токарна з ЧПК	Установ А: 6, 7, 8, 9	4, 2	16К30Ф305
	Перехід 1	Установ Б: 2, 3, 4	8, 9	
	Перехід 2	Установ А: 1, 2, 4	8, 9	
		Установ Б: 8, 9, 11	4, 2	
015	Свердлильна	12	2, 9	2Р135Ф2-1
020	Довбальна	9	2, 4	7Д420
025	Зубофрезерна	5	2, 9	5К301П
030	Технічний контроль			

3.3.8 Розробка технологічної операції

В залежності від моделі верстата, характеру обробки обираємо ріжучий, допоміжний та вимірювальний інструмент та заносимо до таблиці 3.20.

Таблиця 3.20 – Послідовність технологічних операцій

№ операції та переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
005	1 Термічна обробка 2 Відпал	
010	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний з ЧПК Spinner TC 65 MC 3. Перехід 1 Обробка торцевих та циліндричних поверхонь начорно 4. Перехід 2 Обробка торцевих та циліндричних поверхонь начисто	Патрон 7100-0011; Штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009 Різець токарний Mitsubishi державка PCLNR2020K12 з пластинами із твердого сплаву CVD, чорнова пластина – CNMG1204RP, чистова пластина – CNGG1204LP.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.20

№ операції та переходів	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
015	1. Свердлильна 2. Вертикально – свердлильний 2Р135Ф2-1 3. Обробка отворів	Свердло Mitsubishi MPS 1500S-DIN, D=7мм; патрон цанговий 2-50-26-110
020	1. Довбальна 2. Довбальний верстат 7Д420 3. Довбати шпонковий паз (t = 0,3 мм)	Різець довбальний, В=12мм, ВК8, 2180-0804 ДСТУ ГОСТ 10046:2008 Штангенциркуль ШЦ-II-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166:2009
025	1. Зубофрезерна 2. Зубофрезерний верстат 5К301П 3. Попереднє нарізання зубів, кінцеве нарізання зубів	Фреза 2510-4023 ДСТУ ГОСТ 9324:2009; шаблон К-88.
030	1. Контрольна 2. Стіл ОТК	

3.3.9 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Для всіх операцій, переходів режими різання та норми часу зводимо в таблицю 3.21.

Загальна тривалість обробки деталі складається з тривалості кожної операції:

$$T=T_1+T_2+T_3+T_4+T_5=11,06+6,35+4,61+3,94+15,66=41,62 \text{ хв.} \quad (3.23)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.21 – Режими різання та норми часу обробки деталі

№ операції	Назва операції, зміст переходів	Режими різання							Норми часу						
		D	l	t	S	V	n	i	T ₀	T _д	T _{оп}	T _{вдп} , T _{обсл}	T _{шт}	T _{шк}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
010 16К30Ф305	Токарна перехід 1: <u>Установ А</u>														
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1				
	2 Підрізати торець 8 в розмір 39,5±0,31	166,4	55	1,9	0,24	150	160	1	0,6	0,38					
	3 Точити поверхню 7 в розмір 2x45°	130	2	2	0,24	150	160	1	0,12	0,38					
	4 Підрізати торець 6 в розмір	130	25	3,3	0,24	150	160	2	0,72	0,46					
	5 Розточувати наскрізний отвір 9 в розмір 102±0,435	102	39,7	2	0,6	150	250	4	1,56	0,32					
	<u>Установ Б</u>														
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1				
	2 Підрізати торець 2 у розмір 37h14	166,4	55	2,5	0,24	150	160	1	0,82	0,38					
	3 Точити поверхню 3 R20	-	R20	-	0,24	150	160	4	1,86	0,38					
	4 Точити поверхню 4 в розмір Ø160 h14	166,4	37	6,4	0,24	150	160	3	0,92	0,32					
									M	6,6	3,62	10,22	0,72	10,94	11,06

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ

Арк.

Продовження таблиця 3.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
010 16K30Ф305	Токарна перехід 2: <u>Установ А</u>														
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1				
	2 Точити фаску 1,5x45°	-	1,5	1,5	0,4	140	160	1	0,10	0,32					
	3 Підрізати торець 2 у розмір 36,5h14, Ra12,5	160	50	0,5	0,4	140	160	1	0,42	0,38					
	3 Точити циліндричну пов. 4 в розмір	160	36,5	2	0,4	140	160	2	0,53	0,32					
	<u>Установ Б</u>														
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1				
	2 Підрізати торець 8 в розмір	130	25	1,5	0,4	140	160	2	0,49	0,38					
	5 Розточувати наскрізний отвір 11 в розмір	105	35	1,5	0,4	140	180	2	0,51	0,32					
									М	2,1	3,72				
015 2P135Ф2-1	Свердлувальна:														
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1				
	2 Центрувати 3 отвори	-	35	-	0,38	73,2	800	1	0,78	0,56					
	3 Свердли 3 наскрізних отвори Ø7мм	7	35	4,5	0,3	145	1400	1	1,02	0,84					
								М	1,8	2,4	4,2	0,29	4,49	4,61	
020 7Д420	Довбальна:														
	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1				
	2 Довбати шпонковий паз	-	-	2,5	0,5	92	-	2	1,8	0,77					
								М	1,8	1,77	3,57	0,25	3,82	3,94	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ

Арк.

Продовження таблиця 3.21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
025 5К301П	1 Встановити, закріпити, зняти	-	-	-	-	-	-	-	-	1					
	2 Нарізання зубів	-	-	0,45	1,7	46,8	140	2	12,5	1,02					
									М	12,5	2,02	14,52	1,02	15,54	15,66

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.03.ТПВРВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

4.1 Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК

Обробку деталі «Колесо черв'ячне» проводимо на токарному верстаті з ЧПК Spinner TC 65 MC. Верстат представлений на рис. 4.1, револьверна голівка на рис. 4.2.



Рисунок 4.1 – Верстат токарний з ЧПК Spinner TC 65 MC

Токарний верстат із ЧПК Spinner TC 65 MC — це високоточне обладнання для обробки деталей. Верстат призначений для токарної обробки, фрезерування, свердління та інших операцій, завдяки наявності потужного шпинделя, інструментальної револьверної головки та додаткових осей.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.04.МПОМО</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		<i>Касянець</i>						
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

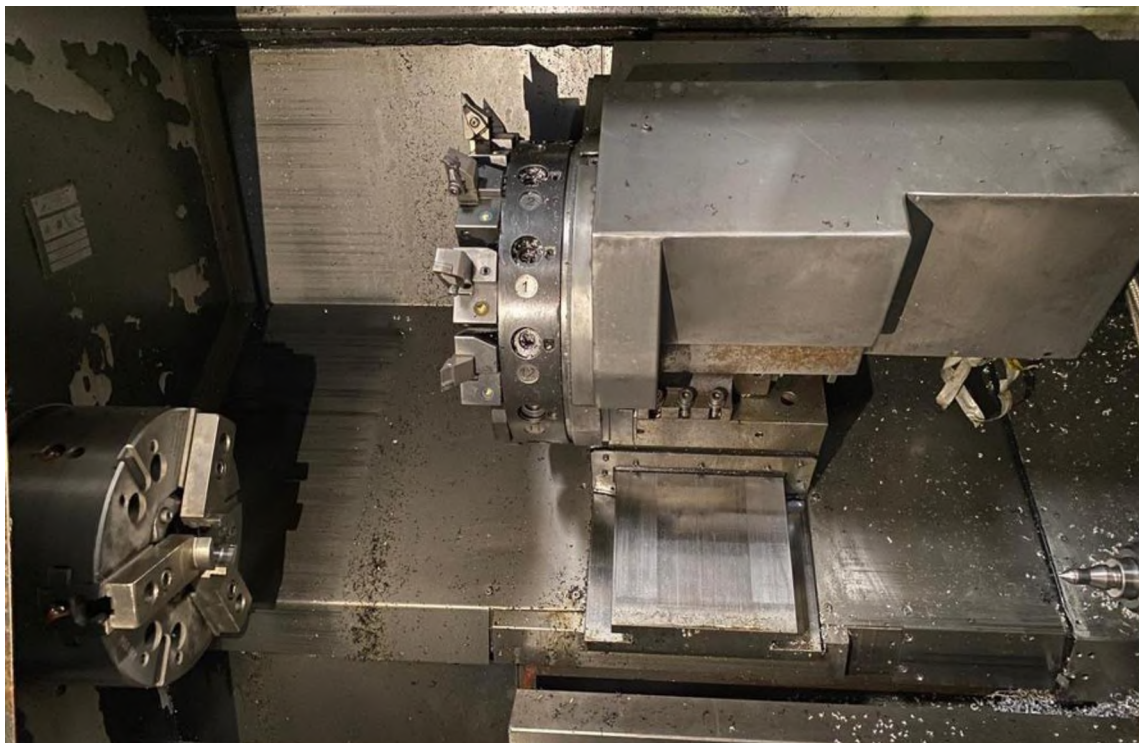


Рисунок 4.2 – Револьверна голівка та кулачковий патрон токарного верстату Spinner TC 65 MC

Основні технічні характеристики:

1. Діаметр обробки:
 - Максимальний діаметр обробки: до 300 мм.
 - Максимальна довжина обробки: до 600 мм.
2. Шпиндель:
 - Максимальний діаметр проточки через шпиндель: 65 мм.
 - Потужність основного шпинделя: до 22 кВт.
 - Максимальна швидкість обертання шпинделя: до 5 000 об/хв.
3. Вісь С:
 - Точність позиціонування осі С: $\pm 0,01^\circ$.
 - Обертання шпинделя у режимі осі С забезпечує можливість виконання фрезерувальних і свердловальних операцій.
4. Револьверна головка:
 - Кількість інструментів: 12 або 16 позицій.
 - Можливість встановлення приводного інструмента.
 - Максимальна швидкість приводного інструмента: до 12 000 об/хв.
5. Приводи:
 - Осі X, Z оснащені лінійними напрямними.
 - Висока швидкість подачі для швидкого позиціонування.
6. Система ЧПК:
 - Система керування: Fanuc.
 - Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для програмування операцій.
7. Інші характеристики:
 - Габаритні розміри верстата: приблизно 3000 × 1800 × 2000 мм.

						<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.04.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

- Вага верстата: близько 4500 кг.
- Можливість автоматизації: оснащення системою подачі заготовок або роботизованим маніпулятором.

Цей верстат ідеально підходить для серійного виробництва деталей, що вимагають високої точності обробки. Якщо потрібні більш детальні параметри чи документація, уточніть комплектацію верстата або зверніться до офіційного постачальника.

4.1.1 Різальний інструмент

На токарних операціях використовуємо наступний різальний інструмент: різець токарний Mitsubishi державка PCLNR2020K12 з пластинами із твердого сплаву CVD, чорнова пластина – CNMG1204RP, чистова пластина – CNGG1204LP (рис. 4.3).

Обозначение		Наличие		Обозначение пластины	Размеры (мм)					Аксессуары						
		R	L		H1	B	L1	L2	H2	F1	Опорная пластина	Штифт опорной пластины	Зажимной рычаг	Крепёжный винт	Ключ	
PCLNR/L1616H09		●	●	CNMG	09T300	16	16	100	22	16	20	LLSCN3T3	LLP13	LLCL13	LLCS106	HKY25R
2020K09		●	●		09T300	20	20	125	22	20	25	LLSCN3T3	LLP13	LLCL13	LLCS106	HKY25R
2525M09		●	●		09T300	25	25	150	22	25	32	LLSCN3T3	LLP13	LLCL13	LLCS106	HKY25R
2020K12		●	●	CNMA CNMG CNMM CNGG	120400	20	20	125	28	20	25	LLSCN42	LLP14	LLCL14	LLCS108	HKY30R
2525M12		●	●		120400	25	25	150	28	25	32	LLSCN42	LLP14	LLCL14	LLCS108	HKY30R
3225P12		●	●		120400	32	25	170	28	32	32	LLSCN42	LLP14	LLCL14	LLCS108	HKY30R
3232P16		●	●		160600	32	32	170	32	32	40	LLSCN53	LLP15	LLCL25	LLCS508	HKY30R
3232P19		●	●		190600	32	32	170	40	32	40	LLSCN63	LLP16	LLCL16	LLCS310	HKY40R
		●	●													

Рисунок 4.3 – Державка різця та пластини

4.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм

Розпочнемо розробку керуючої програми для обробки деталі «Колесо черв'ячне», для якої заздалегідь створено технологічний процес виготовлення. Програма призначена для виконання токарної операції на токарному верстаті з ЧПК Spinner TC 65 MC.

Розробка керуючої програми здійснюватиметься у програмному середовищі Autodesk FeatureCAM. Початкові дані включають 3D-креслення деталі «Колесо черв'ячне», розглянуте в першому розділі, та розроблений технологічний процес, зокрема токарну операцію.

У FeatureCAM було обрано відповідну стратегію обробки деталі, підбрано різальний інструмент, виконано необхідні коригування. У результаті отримано

					Арк.	
<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.04.МПОМО</i>						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

готову керуючу програму для обробки шестерні. Послідовність етапів розробки та перевірки програми наведена на рисунках 4.4-4.8.

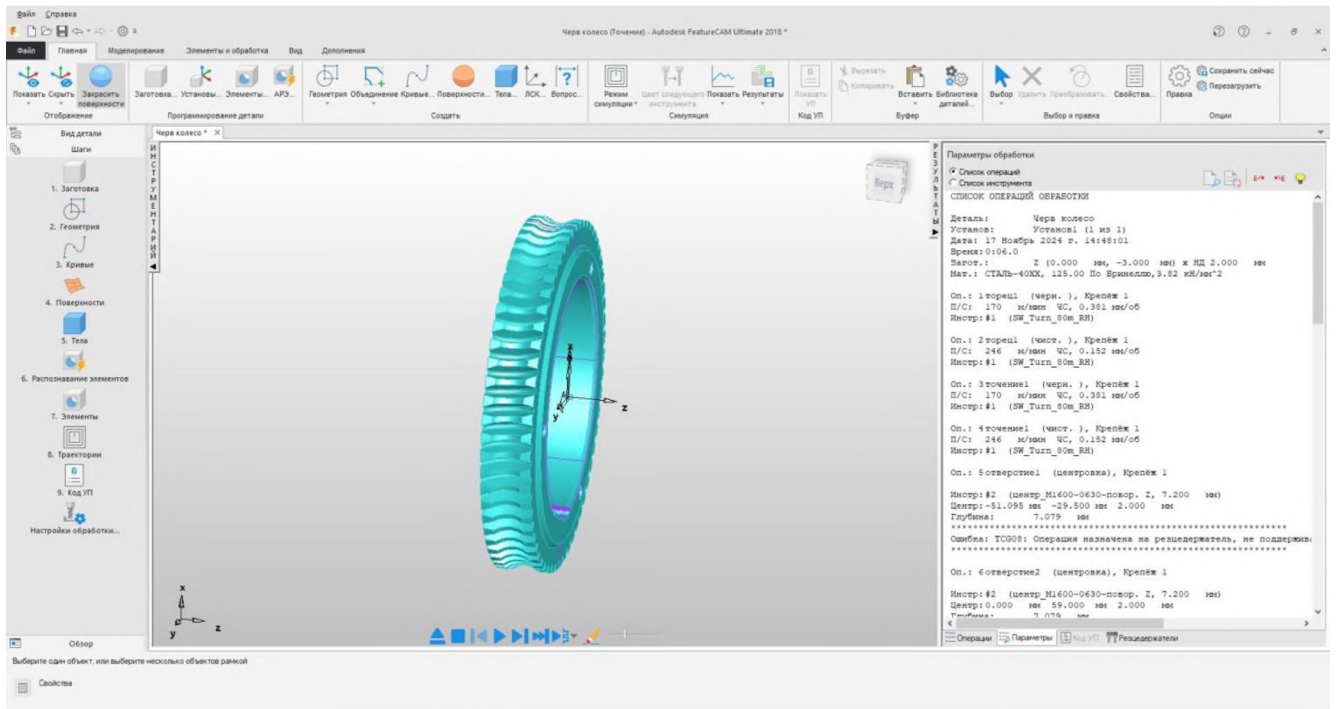


Рисунок 4.4 – Деталь «Колесо черв’ячне» у середовище FeatureCAM та список операцій обробки

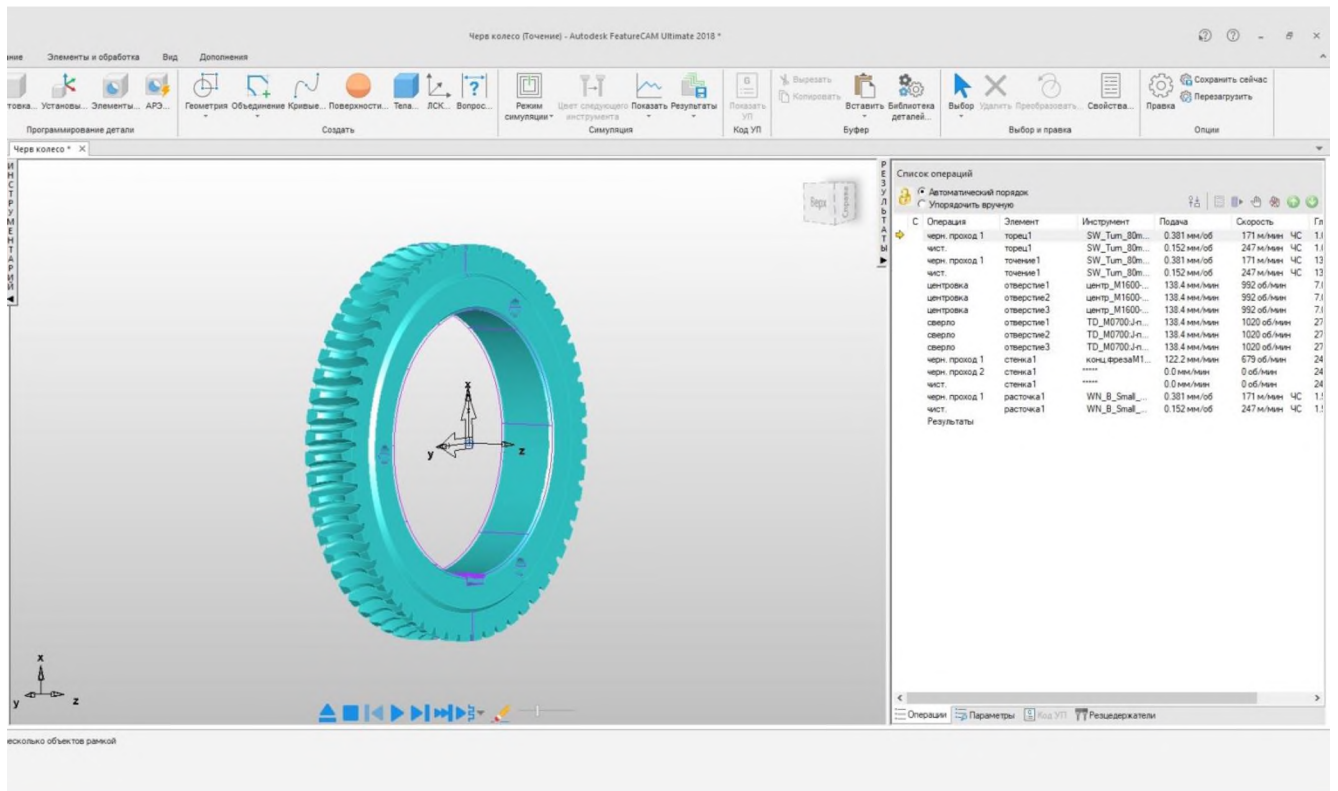


Рисунок 4.5 – Этапы обробки деталі «Колесо черв’ячне»

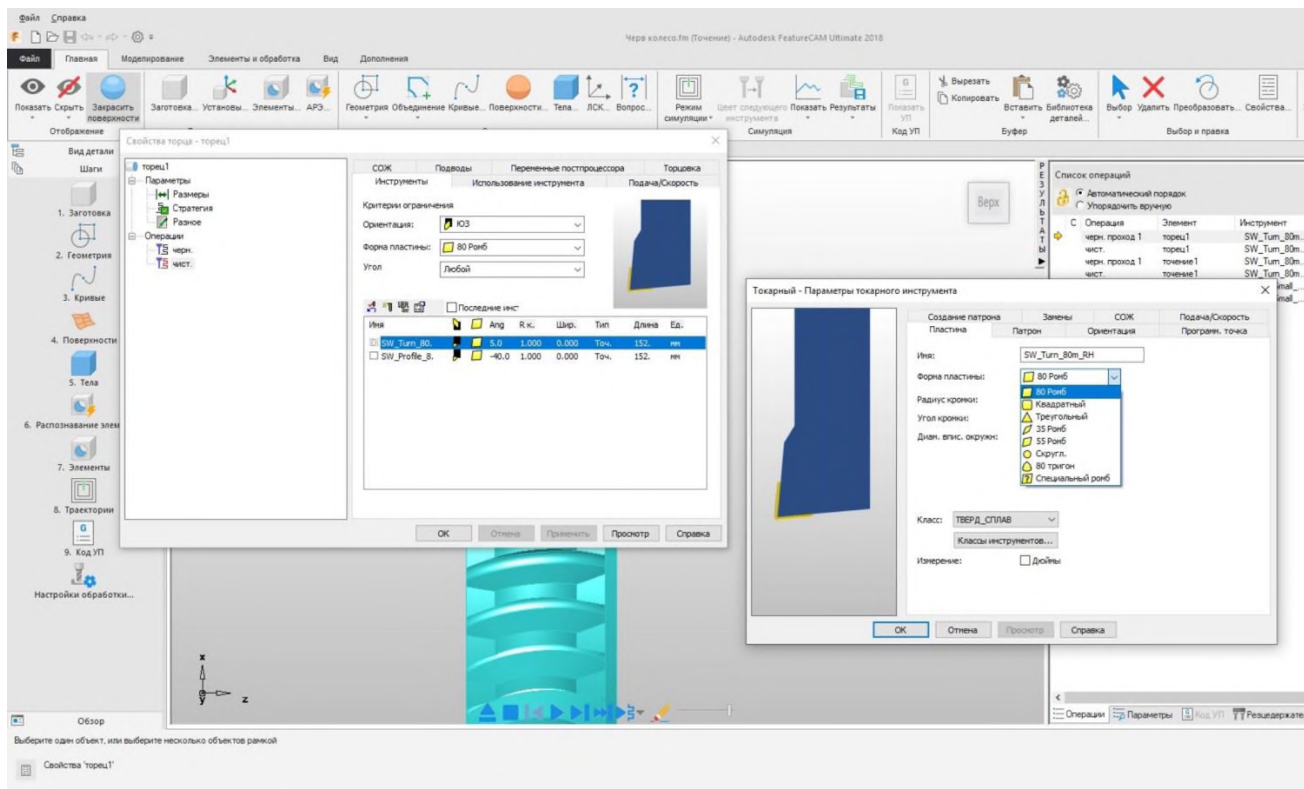


Рисунок 4.6 – Вибір різців для обробки деталі «Шестерня»

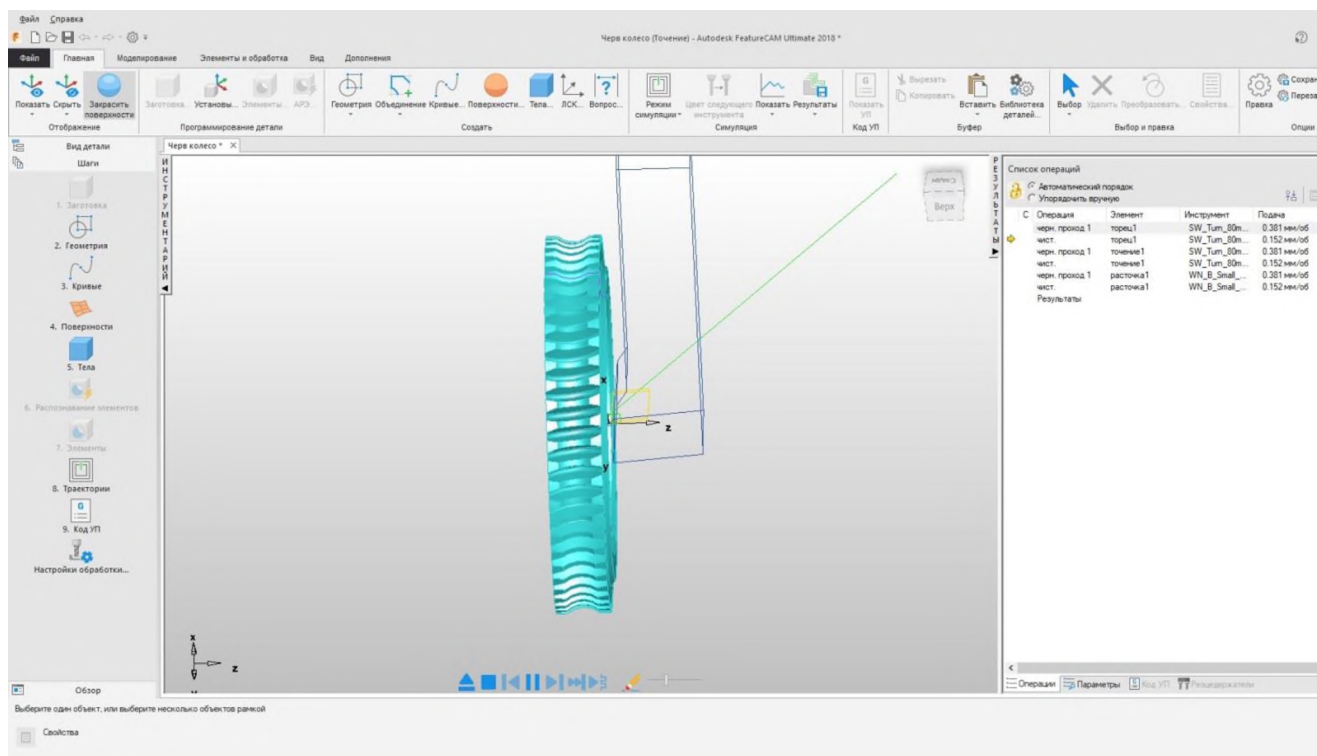


Рисунок 4.7 – Симуляція обробки деталі «Колесо черв'ячне» (точіння)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

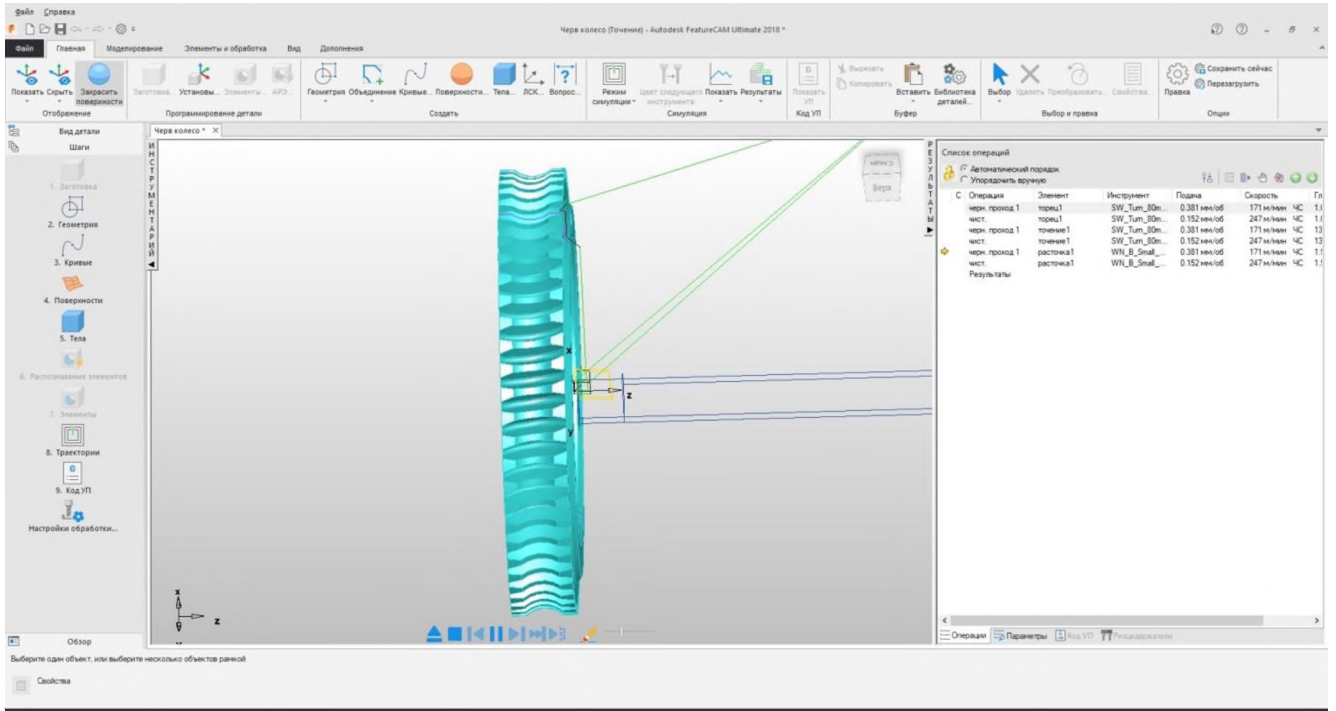


Рисунок 4.8 – Симуляція обробки деталі «Колесо черв'ячне» (розточування)

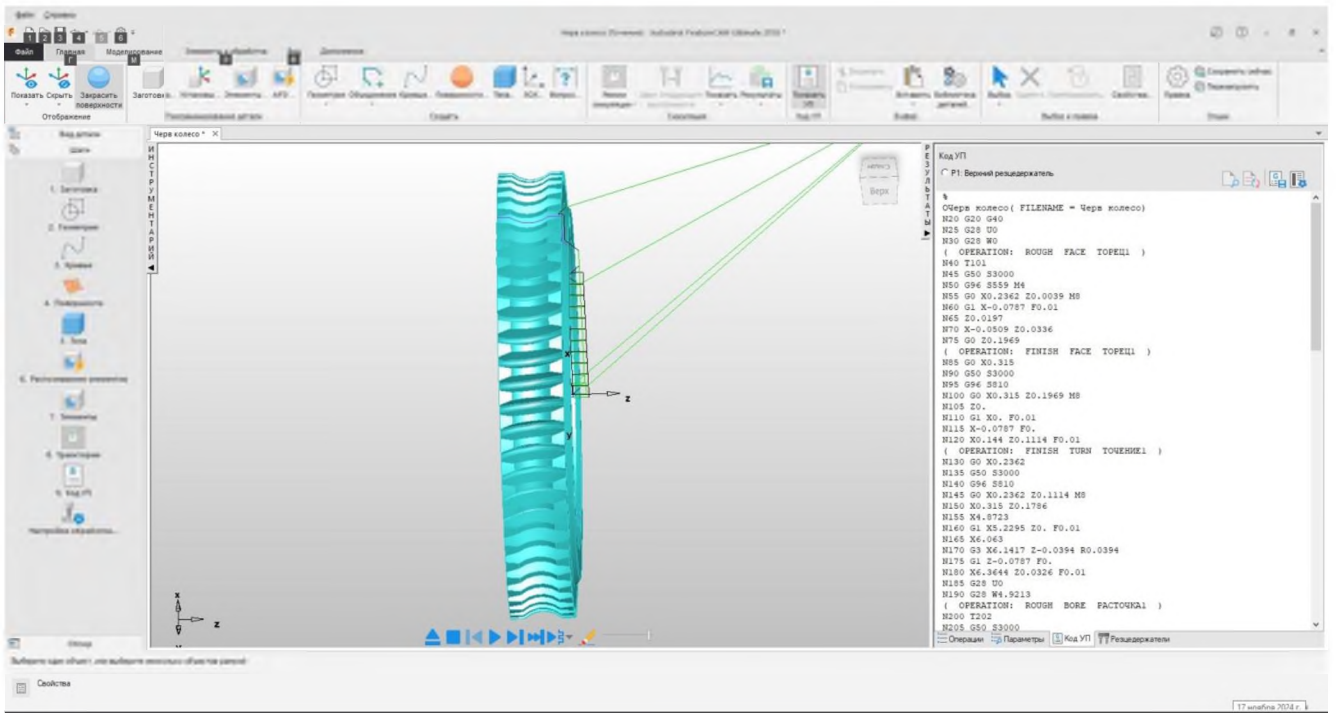


Рисунок 4.9 – Траєкторія руху інструмента та фрагмент керуючої програми

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Розробка оснащення для перевірки геометричної точності і жорсткості верстата

5.1.1 Перевірка площина робочої поверхні фундаментної плити

Рукав встановлюють у середнє положення по висоті на колоні (рис. 5.1). Свердлильну головку розміщують у середньому положенні на рукаві. Перевірку здійснюють у двох поздовжніх, трьох поперечних та двох діагональних перетинах плити. Використовують рівень для перевірки. На робочій поверхні плити встановлюють рівень у заданому напрямку. Вимірювання виконують поступово від ділянки до ділянки, з інтервалом не більше 360 мм у поздовжньому та 200 мм у поперечному напрямках. Початкова точка вимірювання в контрольованих перетинах має знаходитися приблизно на 180 мм від краю плити у поздовжньому та на 100 мм у поперечному напрямках.

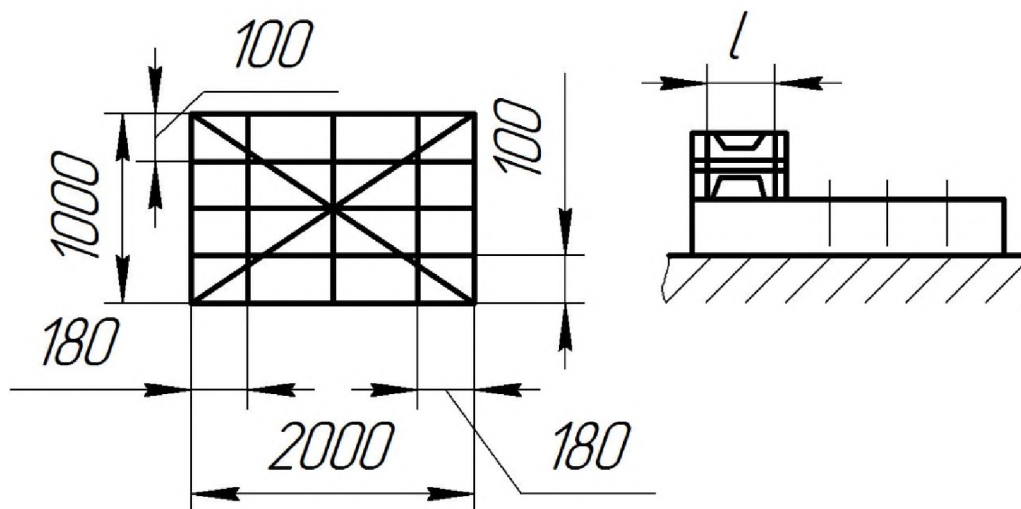


Рисунок 5.1 – Схема перевірки площини робочої поверхні фундаментної плити

5.1.2 Перевірка паралельності траєкторії переміщення свердлильної голівки по рукаву поверхні фундаментної плити

Рукав встановлюють у середнє положення по висоті на колоні та закріплюють разом із колоною. Перевірочну лінійку розміщують на опорах паралельно площині фундаментної плити (рис. 5.2). Кінці лінійки повинні бути на однаковій відстані від площини. Вимірювальну головку фіксують на шпинделі так, щоб її вимірювальний наконечник торкався робочої поверхні лінійки та був перпендикулярний до неї. Свердлильну головку переміщують по всій довжині ходу. Відхилення траєкторії переміщення від паралельності до площини визначається як найбільша різниця алгебраїчних показників вимірювальної голівки.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Касянець</i>			<i>Конструкторська підготовка виробництва</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>						
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

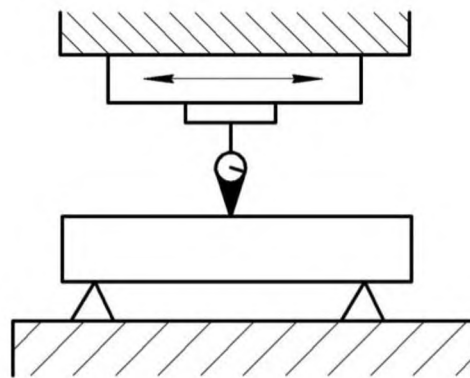


Рисунок 5.2 – Схема перевірки паралельності траєкторії переміщення свердильної голівки по рукаву поверхні фундаментної плити

Допускається відхилення шпинделя лише у напрямку до плити, коли свердильна голівка знаходиться в кінцевому положенні на рукаві.

5.1.3 Перевірка паралельності площини повороту рукава робочої поверхні фундаментної плити

Вимірювання проводять за допомогою вимірювальної голівки (рис. 5.3), закріпленої на шпинделі так, щоб її вимірювальний наконечник торкався робочої поверхні перевіркою лінійки та був перпендикулярний до неї (на довжині 300 мм).

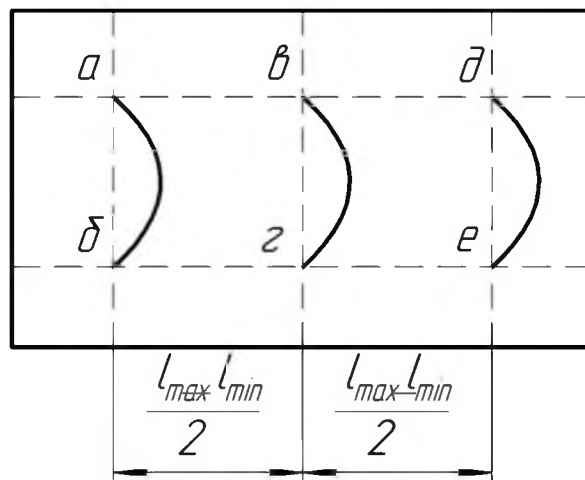


Рисунок 5.3 – Схема перевірки паралельності площини повороту рукава робочої поверхні фундаментної плити

Перевірочну лінійку встановлюють на опори на фундаментній плиті, паралельно базовій площині. Кінці лінійки мають бути розташовані на однаковій відстані від площини. Крайні точки вимірювання можуть знаходитися на будь-якій ділянці ширини базової площини плити. Вимірювання виконують у трьох положеннях шпинделя: на мінімальному вильоті (l_{\min}), на середньому положенні ходу голівки ($(l_{\max} - l_{\min})/2$), та на максимальному вильоті шпинделя (l_{\max}). У кожному з трьох положень голівку необхідно затиснути.

					КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1.4 Перевірка радіального биття конічного отвору шпинделя

Виконується перевірка радіального биття конічного отвору шпинделя (рис.

5.4):

- 1) біля торця шпинделя;
- 2) на відстані 300 мм.

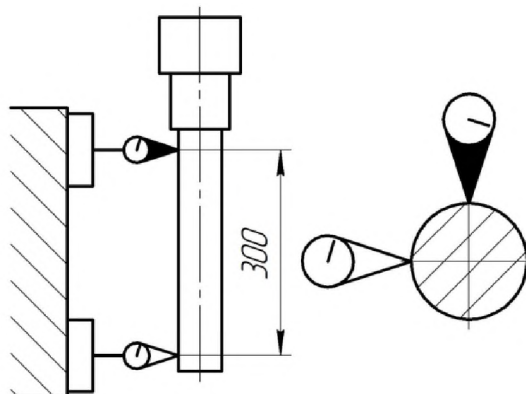


Рисунок 5.4 – Схема перевірки радіального биття конічного отвору шпинделя

В отвір шпинделя щільно встановлюється контрольна оправка з циліндричною робочою поверхнею. На плиті фіксують вимірювальну головку так, щоб її наконечник торкався циліндричної поверхні оправки і був спрямований перпендикулярно до її осі. Шпиндель повільно обертають, виконуючи вимірювання щонайменше у двох взаємно перпендикулярних площинах. За радіальне биття береться найбільше із зафіксованих значень.

Щоб уникнути впливу відхилень посадочної і циліндричної поверхні контрольної оправки, виміри проводять чотири рази, повертаючи оправку кожного разу на 90° навколо осі. Радіальне биття в кожному положенні відповідає найбільшій алгебраїчній різниці показів вимірювальної головки. Підсумкове значення радіального биття обчислюється як середнє арифметичне чотирьох вимірів.

5.1.5 Перевірка перпендикулярності осі обертання шпинделя до робочій поверхні фундаментної плити

Перед вимірюванням колону, рукав і свердловальну головку фіксують. Гільзу шпинделя висувають на 200 мм (рис. 5.5). Вимірювання проводять при різному положенні рукава на колоні: у верхньому, середньому та нижньому положеннях. У шпиндель вставляють колінчасту оправку з вимірювальною головкою так, щоб її наконечник торкався робочій поверхні перевіркової лінійки, розташованої на фундаментній плиті в поздовжньому, а потім у поперечному напрямку. Шпиндель з оправкою обертають на повний оберт, фіксуючи показання вимірювальної головки через кожні 90° . Відхилення від перпендикулярності осі до площини на відрізок 300 мм визначають за найбільшою алгебраїчною різницею показань вимірювальної головки в двох протилежних точках. У цьому випадку результат вимірювання включає осьове биття шпинделя. Щоб усунути осьове биття з результатів, вимірювання проводять двічі. Перед другим виміром оправку повертають навколо осі на 180° . Відхилення від перпендикулярності осі

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ						

до площини в цьому випадку дорівнює напівсумі результатів двох вимірів у діаметрально протилежних точках.

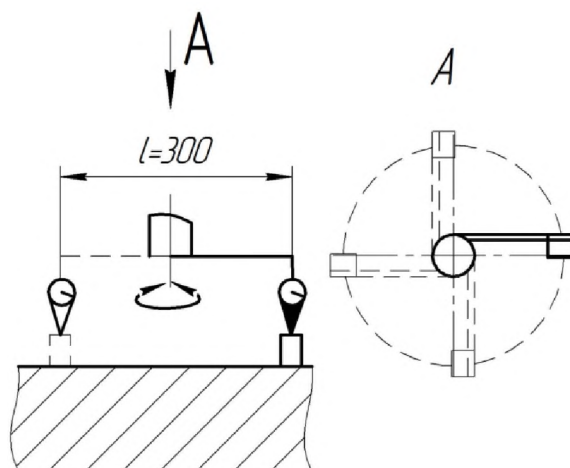


Рисунок 5.5 – Схема перевірки перпендикулярності осі обертання шпинделя до робочої поверхні фундаментної плити

Нахил кінця шпинделя в поздовжній площині верстата допускається тільки в бік колони.

5.1.6 Перевірка перпендикулярності траєкторії переміщення шпинделя до робочої поверхні фундаментної плити

Рукав встановлюють у середнє положення по висоті на колоні (рис. 5.6). Свердлильну головку також розміщують посередині рукава. Перед початком вимірювань колону, рукав і свердлильну головку фіксують. На робочій поверхні фундаментної плити встановлюють перевірочну лінійку спочатку в поздовжньому, а потім у поперечному напрямку. У центрі робочої поверхні лінійки розміщують перевірочний косинець так, щоб одна з його робочих площин була паралельною напрямку переміщення.

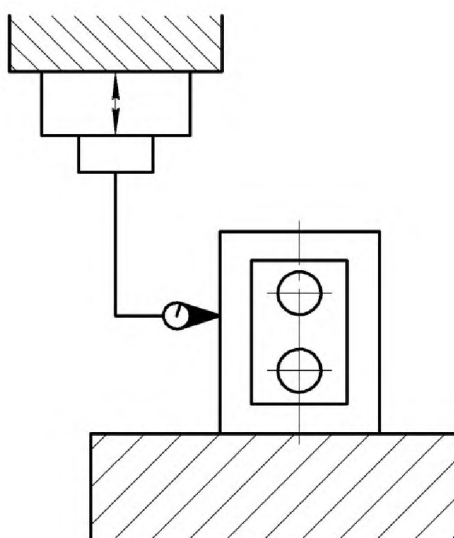


Рисунок 5.6 – Схема перевірки перпендикулярності траєкторії переміщення шпинделя до робочої поверхні фундаментної плити

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимірювальну головку закріплюють на шпинделі так, щоб її наконечник торкався робочій поверхні косинця, паралельної напрямку переміщення, і розташовувався перпендикулярно до неї. Гільзу шпинделя переміщують на всю довжину ходу, виконуючи виміри в двох взаємно перпендикулярних площинах. Відхилення від перпендикулярності траєкторії переміщення до площини визначається як найбільша алгебраїчна різниця показань вимірювальної головки на всій довжині ходу. Щоб усунути похибки, пов'язані з формою та відносним положенням робочих площин косинця, його повторно встановлюють з поворотом на 180° .

5.1.7 Перевірка перпендикулярності осі завантаженого шпинделя до робочій поверхні фундаментної плити

Виконується перевірка перпендикулярності осі шпинделя під навантаженням відносно робочій поверхні фундаментної плити (рис. 5.7):

- 1) у поздовжній площині верстата;
- 2) у поперечній площині верстата.

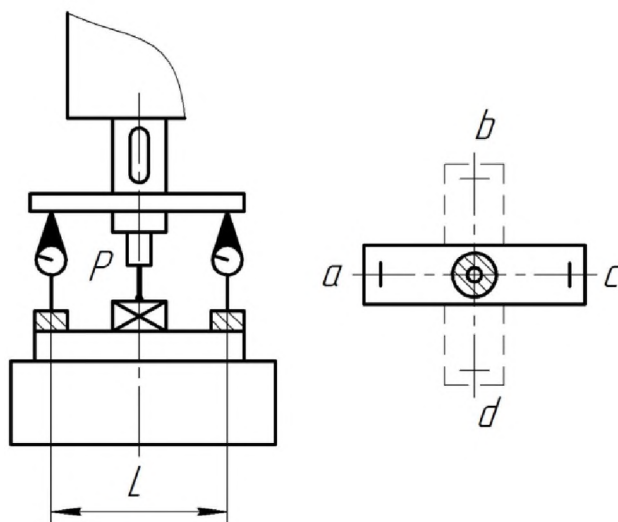


Рисунок 5.7 – Схема перевірки перпендикулярності осі завантаженого шпинделя до робочій поверхні фундаментної плити

Вимірювання проводиться при максимальному вильоті свердлильної голівки в найвищому положенні рукава. При цьому свердлильну голівку та рукав фіксують на фундаментній плиті, встановлюють кронштейн з висотою, достатньою для досягнення максимальної відстані до торця шпинделя разом із вимірювальними засобами. Дві вимірювальні головки закріплюють на двох вимірювальних стійках, розташованих симетрично відносно осі шпинделя на базовій плиті, таким чином, щоб наконечники вимірювачів були налаштовані для визначення відхилень. В отвір шпинделя вставляють оправку.

Шпиндель утримується у відведеному положенні. На базову плиту встановлюють динамометр стискання для контролю навантажувальної сили. За допомогою подачі шпинделя створюється плавно зростаюча навантажувальна сила до 15000 Н, спрямована вздовж осі шпинделя, з подальшим фіксуванням відхилень.

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ				

Відхилення перпендикулярності осі навантаженого шпинделя відносно робочої поверхні фундаментної плити визначають як різницю показань вимірювальних головок, розташованих на відстані $L = 1000$ мм.

5.2 Розробка методики експертизи верстата моделі 2Н55

5.2.1 Випробування верстата на холостому ході.

Перевірка методики за паспортними даними включає детальний огляд верстата з метою встановлення правильності його налаштування, точності ручного переміщення маховиків без люфтів, належного натягу ременів і ланцюгів, наявності залишків мастила та стану змащувальних отворів, рівня охолоджуючої рідини, а також наявності всіх таблиць і написів, необхідних для обслуговування. Після огляду переходять до випробувань на холостому ході: запускають верстат, перевіряють усі швидкості шпинделя, на останній зупиняють. Верстат працює до досягнення потрібної температури протягом 1,5-2 годин. Температура не повинна перевищувати наступні значення:

- для шпинделя $50 \pm C$;
- для підшипників ковзання $70 \pm C$;
- для підшипників кочення $40 \pm C$;
- для основних механічних вузлів – не вище $50 \pm C$;
- для масла – не більше $60 \pm C$.

Паралельно перевіряється механіка подовжніх і поперечних подач столу на всіх робочих і прискорених режимах. Необхідно впевнитися в справності всіх органів управління верстата, безперебійній роботі та своєчасній реакції автоматичних пристроїв. Для верстатів з автоматичними і напівавтоматичними циклами тестують чіткість і надійність циклу, особливо звертаючи увагу на систему змащення, гідро- та пневмосистеми, систему охолодження.

Робота верстата має бути плавною, без різких поштовхів і стороннього шуму, який зазвичай вказує на несправності. Шум на холостому ході має бути чутним на відстані 4-5 метрів. Зусилля на рукоятках і маховиках пересування не повинно перевищувати допустимі значення.

На холостому ході, відповідно до паспортних даних, перевіряють такі параметри:

- основні розміри верстата;
- характеристики електродвигуна, гідронасосів, пневмообладнання;
- частоту обертання шпинделя, подовжню і поперечну подачі, з фактичними значеннями, що не мають відхилятися від теоретичних більше ніж на $S10(I\zeta-1)$, де $I\zeta$ – геометричний знаменник ряду;
- тиск у гідросистемі;
- типорозмір і матеріал приводного пасу;
- наявність комплекту приладдя до верстата.

5.2.2 Випробування верстата при роботі під навантаженням

Це випробування дозволяє оцінити якість роботи верстата, тому воно повинно проводитися в умовах, максимально наближених до звичайних. Під час

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тестування обробляють зразки на середніх швидкостях обертання шпинделя, використовуючи добре заточений інструмент без охолодження. Режими налаштовують так, щоб навантаження не перевищувало номінальне протягом основного часу випробування, а лише періодично зростало на 25% понад номінальну потужність. Верстат повинен працювати під повним навантаженням щонайменше 30 хвилин. Якщо цільове призначення верстата з ЧПУ невідоме, тестування виконують у чорновому та чистовому режимах. Для чистового режиму на вертикально-фрезерному верстаті при обробці заготовки діаметром 50 мм і довжиною 200 мм з глибиною різання 1–1,5 мм подача повинна становити 0,2–0,3 мм/об. Оброблена поверхня має бути без видимих неозброєним оком слідів дроблення, вібрацій або нерівностей.

Для спеціальних, спеціалізованих та агрегатних верстатів, а також для верстатів з ЧПК, замовлених для обробки конкретних деталей, випробування проводять на обумовленому етапі, і продуктивність не повинна бути нижчою за вказану. Продуктивність верстата визначається кількістю деталей, оброблених за одиницю часу, що відповідають вимогам якості, точності та чистоти обробки. Якщо при виробничому випробуванні навантаження верстата за потужністю значно нижче номінального, додатково виконують тест під повним навантаженням.

Під час випробувань верстат повинен працювати безперебійно: не допускаються нерівномірність руху, перегрів підшипників, сильний шум та вібрації. Кількість обертів шпинделя при номінальному навантаженні не повинна відрізнятись від паспортного значення більше ніж на 5%. Також перевіряють надійність пристроїв захисту від перевантажень, гальм та муфт. Під час максимального навантаження та перевантаження на 25% фрикційний механізм не повинен вимикатися самовільно або буксувати.

5.3 Розрахунок ремонтного валу на міцність

Розрахунок першого валу коробки швидкостей:

Записуємо значення сил, що діють на вал.

Знаходимо обертовий момент на валу електродвигуна:

$$M_{кр} = 9550 \frac{N}{n_{дв}}, \quad (5.1)$$

де N – потужність електродвигуна, $N=13$ кВт.

$n_{дв}$ - число обертів електродвигуна, $n_{дв}=1460$ об/хв.

$$M = 9550 \frac{110}{1500} = 700,33 \text{ Нм};$$

Знаходимо обертовий момент на першому валу:

$$T_1 = M_{кр} \cdot \eta^2, \quad (5.2)$$

$$T = 700,33 \cdot 0,99^2 = 686,4 \text{ Нм}$$

Знаходимо окружні та радіальні сили які діють на перший вал:

$$P_{ок} = \frac{2T}{d}; \quad (5.3)$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ</i>					

$$P_{окр} = \frac{2 \cdot 686,4}{21 \cdot 6 \cdot 10^{-3}} = 10895,24H$$

$$P_p = 0,48 \cdot P_{окр};$$

$$P_p = 0,48 \cdot 10895,24 = 5229,72H;$$

Складаємо розрахункову схему вала (рис 5.9)

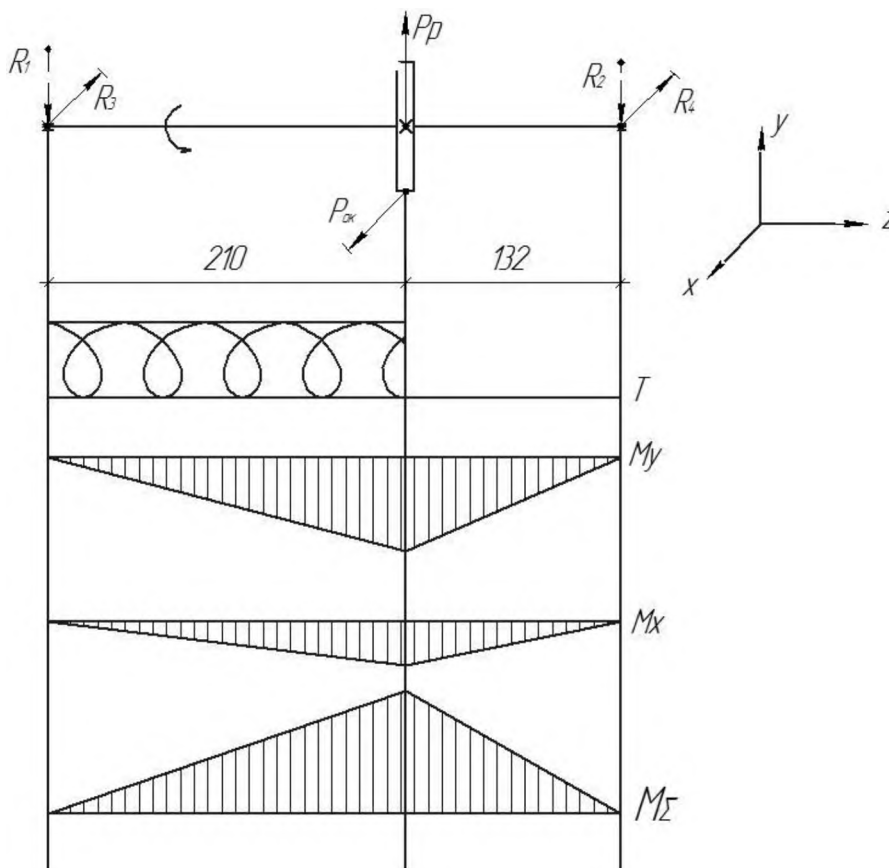


Рисунок 5.9 – Розрахункова схема та епюри першого вала коробки швидкостей

Складаємо та записуємо рівняння моментів відносно опор у вертикальній площині за формулами 5.5

$$\sum M_x = 0$$

$$M_{x_1} = 0 \begin{cases} -342 \cdot R_2 + P_p \cdot 210 = 0; \\ M_{x_2} = 0 \begin{cases} R_1 \cdot 342 - P_p \cdot 132 = 0; \end{cases} \end{cases} \quad (5.5)$$

$$342R_1 - 132P_p = 0$$

$$R_1 = 2018,49H$$

$$-342R_2 + P_p \cdot 210 = 0$$

$$342R_2 = P_p \cdot 210$$

$$R_2 = 3211,23H$$

Складаємо та записуємо рівняння моментів відносно опор в горизонтальній площині за формулою 5.6.

$$\sum M_y = 0$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ

Арк.

$$\begin{aligned}
 My_1 = 0 & \left\{ \begin{aligned} -P_{oo} \cdot 210 + R_4 \cdot 342 &= 0; \\ My_2 = 0 & \left\{ \begin{aligned} -R_3 \cdot 342 + P_{ok} \cdot 132 &= 0; \\ -210P_{ok} + -342R_4 &= 0 \\ 342R_4 - 210P_{ok} &= 0 \\ 342R_4 &= 2288000.4 \\ R_4 &= 6690.06H \\ -342 \cdot R_3 + 132 \cdot P_{ok} &= 0 \\ 342R_3 - 132 \cdot P_{ok} &= 0 \\ R_3 &= 4205.18H \end{aligned} \end{aligned} \right. \end{aligned} \quad (5.6)
 \end{aligned}$$

Перевірка

$$\begin{aligned}
 -R_1 - R_2 + P_p &= 0 \\
 R_3 + R_4 - P_{окр} &= 0 \\
 -2018,49 + 5229,72 - 3211,23 &= 0 \\
 4205,18 - 10895,24 + 6690,06 &= 0
 \end{aligned}$$

Будуємо епюри згинальних моментів (рисунок 5.9) та розраховуємо моменти:

$$\begin{aligned}
 Mx_1 &= R_1 \cdot 210 \cdot 10^{-3} = 423,88 \text{ H} \cdot \text{м}; \\
 Mx_2 &= R_2 \cdot 132 \cdot 10^{-3} = 423,88 \text{ H} \cdot \text{м}; \\
 My &= R_3 \cdot 210 \cdot 10^{-3} = 883,09 \text{ H} \cdot \text{м}; \\
 My &= R_4 \cdot 132 \cdot 10^{-3} = 883,09 \text{ H} \cdot \text{м}
 \end{aligned}$$

Визначаємо сумарний згинальний момент та еквівалентний момент у небезпечному перерізі за формулами:

$$M_{\Sigma} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}, \quad (5.7)$$

$$M_{\Sigma} = \sqrt{M_{x2}^2 + M_y^2} = \sqrt{423,88^2 + 883,09^2} = 979,55 \text{ H} \cdot \text{м}; \text{ небезпечний переріз}$$

$$M_{\vartheta} = \sqrt{M_{\Sigma}^2 + T^2}, \quad (5.8)$$

$$M_{\vartheta} = \sqrt{979,55^2 + 686,4^2} = 1196,1 \text{ H} \cdot \text{м};$$

Визначаємо діаметр вала в небезпечному перерізі за формулою 5.9:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\vartheta} \cdot 10^3}{0,1 \cdot [\sigma]}} \text{ мм}, \quad (5.9)$$

де $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$ - допустима напруга на згинання.

$$d = \sqrt[3]{\frac{1196,1 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 160}} = 42,13 \text{ мм};$$

$$d \approx 43 \text{ мм}.$$

Визначаємо статичну міцність в небезпечному перерізі:

Розрахункова напруга на згинання:

$$\sigma = \frac{M_{\vartheta}}{W}$$

Розрахункова напруга на крутіння:

					КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau = \frac{T}{W_{пол}}$$

$$W = \frac{\Pi d^3}{32} = \frac{3.14 \cdot (43 \cdot 10^{-3})^3}{32} = 7,8 \cdot 10^{-6}$$

$$W_{пол} = \frac{\Pi d^3}{16} = \frac{3.14 \cdot (43 \cdot 10^{-3})^3}{16} = 15,6 \cdot 10^{-6}$$

$$\sigma = \frac{1196,1}{7,8 \cdot 10^{-6}} = 153,35 \cdot 10^6 \text{ Н / мм}^2$$

$$\tau = \frac{686,4}{15,6 \cdot 10^{-6}} = 44 \cdot 10^6 \text{ Н / мм}^2$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності при згинанні, формула 5.10:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_T}{\sigma_{изг}}, \quad (5.10)$$

де $\sigma_T = 650 \text{ Н / мм}^2$ - границя міцності.

$$n_1 = \frac{650}{153,35} = 4,24$$

Визначаємо коефіцієнти запасу міцності при крученні, формула 5.11:

$$n_{\tau} = \frac{\tau_T}{\tau_{кр}}, \quad (5.11)$$

де $\tau_T = 390 \text{ Н / мм}^2$ - границя текучості.

$$n_2 = \frac{390}{44} = 8,86$$

Визначаємо сумарний запас міцності, формула 5.12:

$$n_{\Sigma} = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}}, \quad (5.12)$$

$$n_T = \frac{4,24 \cdot 8,86}{\sqrt{4,24^2 + 8,86^2}} = \frac{37,5664}{\sqrt{17,9776 + 78,4996}} = \frac{37,5664}{9,82} = 3,83.$$

Розрахунок запасу міцності на втому, формула 4.13:

$$n = \frac{n_{\sigma} - n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}} \geq 1,5. \quad (5.13)$$

Розраховуємо запас міцності на втому на вигин, формула 5.14:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \cdot K_{\sigma} \cdot (K_d \cdot K_f) + \sigma_m \cdot \psi_{\sigma}}. \quad (5.14)$$

Розраховуємо запас міцності на втому на кручення, формула 5.15:

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\tau_a \cdot K_{\tau} \cdot (K_d \cdot K_f) + \tau_m \cdot \psi_{\tau}}. \quad (5.15)$$

Розрахунок на втому виконують по номінальному навантаженню, а цикли напруги приймають симетричними для напруги вигину і від нульовими для напруги крутіння, формули 5.16; 5.17. У такому випадку:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_m = 0; \quad \sigma_a = \frac{M_{uz}}{0,1 \cdot d^3}, \quad (5.16)$$

$$\tau_m = \tau_a = \frac{0,5 \cdot M_{кр}}{0,2 \cdot d^3}, \quad (5.17)$$

σ_{-1} ; τ_{-1} – це допустима напруга вигину та крутіння при циклічному навантаженні;

σ_a ; τ_a – напруга вигину та від нульові напруги кручення;

K_σ ; K_τ – розрахункові коефіцієнти концентрації напруги;

K_d ; K_f – коефіцієнт впливу абсолютних розмірів та шорсткості;

ψ_σ ; ψ_τ – коефіцієнти, які враховують пульсацію напруги.

$$\sigma_a = \frac{979,55 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 43^3} = 123,20 \text{ МПа};$$

$$\tau_a = \frac{0,5 \cdot 686,4 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 43^3} = 21,58 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{-1} = 380; \quad \tau_{-1} = 230; \quad \psi_\sigma = 0,1; \quad \psi_\tau = 0,05.$$

$$K_d = 1,15;$$

$$K_f = 1,18;$$

$$K_\sigma = 1,7;$$

$$K_\tau = 2,65$$

Розраховуємо запас міцності на втому на вигин,

$$n_\sigma = \frac{380}{123,20 \cdot 1,7 \cdot (1,15 \cdot 1,18) + 0,1 \cdot 0} = 1,34;$$

Розраховуємо запас міцності на втому на кручення,

$$n_\tau = \frac{230}{21,58 \cdot 2,65 \cdot (0,73 \cdot 1,18) + 21,58 \cdot 0,05} = 4,57;$$

Сумарний запас міцності:

$$n_\Sigma = \frac{1,34 \cdot 4,57}{\sqrt{1,34^2 + 4,57^2}} = 4,5 > 1,5 \text{ умова виконується}$$

5.4 Проектування контрольного пристосування

Ми здійснюємо проектування контрольного пристрою для перевірки відхилення форми та розташування поверхонь шліцьового валу (див. рис. 5.10). Під час контролю індикатор підводять до контрольованої поверхні, а обертаючи деталь, фіксують покази індикатора.

Вибір засобів контролю повинен базуватися на допустимій похибці. Контрольний пристрій слід обирати з точністю, яка вища на порядок, ніж вимоги, зазначені в робочому кресленні деталі. Ми обрали електронний індикатор лінійних переміщень TESA DIGICO від компанії Hexagon Metrology TESA (Швейцарія).

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

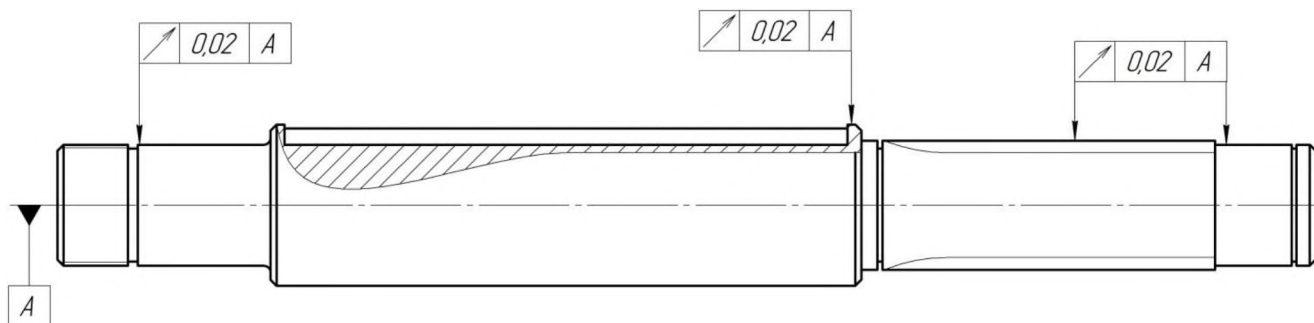


Рисунок 5.10 – Відхилення форми та розташування поверхні вал шліцьовий

Таблиця 5.2 – Характеристика контрольного приладу

Діапазон вимірювань, мм/дюйм	Дискретність цифрової шкали, мм/дюйм	Найбільша похибка, мкм	Габаритні розміри, ММ	
			А	В
12,5/0,5	0,01 / 0,0005	1	65,9	53,4

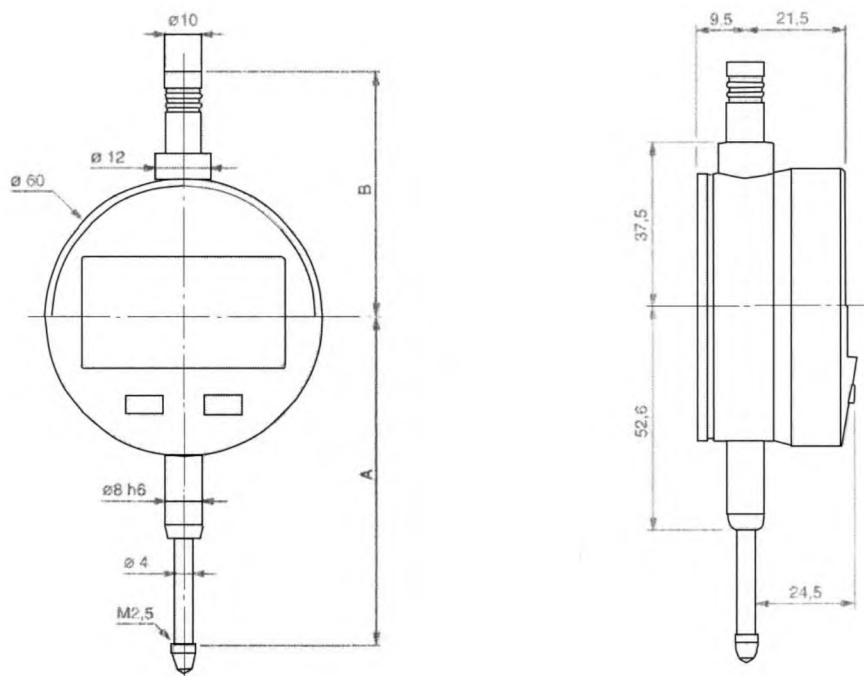


Рисунок 5.11 – Індикатор TESA

5.4.1 Розрахунок точності контрольного пристрою.

Розрахунок точності контрольного пристрою виконувати в такій послідовності:

- 1) визначити допустиму похибку контролю.
- 2) визначити сумарну похибку контролю.

Сумарна похибка контролю визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{л.р.} + \Delta_{н.н} + \Delta_{у.е} + \sqrt{\Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{\sigma_{эф}}^2 + \Delta_{\sigma_{вип.}}^2 + \Delta_3^2 + \Delta_{в.л.}^2}, \quad (5.18)$$

Необхідно виявити та розрахувати складові сумарної похибки контролю.

Допустима похибка контролю може досягати від 8% до 30% від допуску на розмір, що контролюється.

Допустима похибка вимірювання буде:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ					

$$[\Delta] = 0,08 \div 0,3 \cdot T, \quad (5.19)$$

де $[\Delta]$ – допустима похибка вимірювання;
 T – допуск на параметр, який контролюється.

$$[\Delta] = 0,3 \cdot 0,02 = 0,006 \text{ мм.}$$

Залежно від величини допустимого відхилення контрольованого параметра, вибираємо вимірювальний прилад, який повинен мати точність на порядок вищу. Оскільки у вимірювальному пристрої буде встановлено еталон, а датчики будуть обнулені, похибка виготовлення установочних елементів $\Delta_{y.e}$ дорівнює допустимому відхиленню еталона. Похибка базування відсутня, оскільки деталь встановлена на конструкторську базу. Також відсутня похибка деформації, оскільки деталь має достатню жорсткість і не потребує закріплення. Для цього пристрою сумарна похибка контролю визначається за певною формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y.e} + \sqrt{\Delta_{\text{вин.}}^2 + \Delta_{\text{в.п.}}^2}, \quad (5.20)$$

Випадкові похибки визначаються:

$$\Delta_{\text{вин.}} = 0,04 \cdot T \quad (5.21)$$

$$\Delta_{\text{в.п.}} = 0,04 \cdot 0,02 = 0,0008 \text{ мм.}$$

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y.e} + \sqrt{0,0008^2 + 0,01^2} = \Delta_{y.e} + 0,01.$$

Прирівнюємо та округлюємо $\Delta_{\Sigma} = [\Delta]$, отримуємо:

$$0,006 = \Delta_{y.e} + 0,01;$$

$$\Delta_{y.e} = 0,01 - 0,006 = 0,004 \text{ мм.}$$

Якщо допуск на еталон становитиме менше ніж 0,004 мм, то похибка вимірювання залишатиметься в межах допустимого значення.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.05.КПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу

6.1.1 Визначення кількості ремонтного устаткування

Визначимо кількість ремонтного обладнання у відповідності до специфікації ремонтної ділянки.

Кількість умовних ремонтних одиниць визначимо за формулою:

$$N = n \cdot R \quad (6.1)$$

де n – кількість верстатів даного типу на ділянці, од;

R – ремонтна складність верстатів.

Розрахунок здійснюється за кожним видом обладнання, а отримані результати заносяться до табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Кошторис-специфікація ремонтної ділянки

№ з/п	Найменування обладнання	Марка устаткування	Кількість ремонт. одиниць, од (п)	Ремонт. складність (R)	Кількість умовних ремонт. одиниць, (N)	Первинна вартість устаткуван. тис.грн(Вп ^{*1})
1.	Токарні напівавтомати універсальні	1К282	15	50	750	104,6
2.	Гвинторізний	1А660	16	44	704	52,6
3.	Радіально-свердлильні	2Н55	18	13	234	72
4.	Плоскошліфувальні	3Б732	17	19,5	331,5	129
5.	Центрувальний	2231	19	4	76	68
6.	Шевінгувальний	5М714	20	10	200	115
7.	Карусельно-фрезерні	621Б	21	14	294	129
8.	Продольно-стругальні	7134	16	27	432	79
9.	Вертикально-протяжні	7А705В	12	7	84	75
10.	Гвинторізний	1660А	10	61	610	62,2
Разом			164		3715,5	886,4

6.1.2 Техніко-економічний розрахунок

Розрахунок тривалості ремонтного циклу (год.):

$$T_{\text{год}} = \beta_n \cdot \beta_m \cdot \beta_y \cdot \beta_t \cdot A_{\text{год}} \quad (6.2)$$

де β_n – коефіцієнт, що враховує тип виробництва; β_m – коефіцієнт, що враховує вид матеріалу що обробляється; β_y – коефіцієнт, що враховує умови експлуатації верстату ($\beta_y = 1,1$); β_t – коефіцієнт, що враховує вагові характеристики верстату; $A_{\text{год}}$ – показник, що враховує тривалість експлуатації верстатів у часі, год ($A_{\text{год}} = 23000$ год).

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Касянець</i>			Організаційно- економічна підготовка виробництва		
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Затверд.		<i>Рязанцев</i>					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						1	
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23М</i>		

$$T_{\text{ц}}=1,5 \cdot 0,7 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 23000=26565 \text{ год.}$$

Розрахунок ремонтного циклу (рік):

$$T_{\text{цр}}=T_{\text{цгод}}/T_{\text{р}} \quad (6.3)$$

де $T_{\text{цгод}}$ – тривалість ремонтного циклу у годинах для всіх видів ремонтів за i -м видом обладнання, год; $T_{\text{р}}$ – річний фонд робочого часу для всіх видів обладнання за i -м видом ремонту, год.

$$T_{\text{цр}}=26565/3984=6,668 \text{ років.}$$

Розрахунок структури ремонтного циклу:

$$K - П - O = 1 - 5 - 6 \text{ для усіх верстатів,}$$

де K – капітальний ремонт, $П$ – поточний ремонт, O – огляд.

Розрахунок коефіцієнту циклічності:

$$K_{\text{ц}} = n / T_{\text{цр}} \quad (6.4)$$

$$K_{\text{цк}} = n_{\text{к}} / T_{\text{цр}} \quad K_{\text{цк}} = 1 / 6,668 = 0,149$$

$$K_{\text{цп}} = n_{\text{п}} / T_{\text{цр}} \quad K_{\text{цп}} = 5 / 6,668 = 0,749$$

$$K_{\text{цо}} = n_{\text{o}} / T_{\text{цр}} \quad K_{\text{цо}} = 6 / 6,668 = 0,899$$

де $n_{\text{к}}$, $n_{\text{п}}$, n_{o} - кількість капітальних ремонтів, поточних ремонтів і оглядів в ремонтному циклі за i -м видом обладнання.

Розрахунок кількості умовних ремонтних одиниць устаткування, що знаходиться у ремонті за рік:

$$N_{\text{р}} = K_{\text{ц}} \cdot N \quad (6.5)$$

де $N_{\text{кi}}$, $N_{\text{пi}}$, $N_{\text{o i}}$ - кількість устаткування для всіх видів ремонтів за i -м видом обладнання, од.

$$N_{\text{рк}} = K_{\text{цк}} \cdot N_{\text{к}} \quad N_{\text{рк}} = 0,149 \cdot 234 = 34,866$$

$$N_{\text{рп}} = K_{\text{цп}} \cdot N_{\text{п}} \quad N_{\text{рп}} = 0,749 \cdot 234 = 175,266$$

$$N_{\text{ро}} = K_{\text{цо}} \cdot N_{\text{o}} \quad N_{\text{ро}} = 0,899 \cdot 234 = 210,366$$

Дані показники розраховують для всіх видів устаткування. Отримані результати заносимо до табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Кількість умовних ремонтних одиниць, що знаходяться в ремонті за рік.

Назва устаткування	Кількість ремонт. одиниць (п)	Ремонтна складність (R)	Кількість умовних ремонт. одиниць (N)	Тривалість ремонт циклу (T _{цр})	Структура (O-П-K)	Коеф. циклічності (K _{цi})			Кількість ремонтних одиниць (N _{рi})		
						O	П	K	O	П	K
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Токарні напівавтомати універсальні	15	50	750	9,002	1-5-6	0,666	0,555	0,111	499,5	416,25	83,25
Гвинторізний	16	44	704	9,002	1-5-6	0,666	0,555	0,111	468,86	390,72	78,144

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ

Арк.

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Радіально-свердлильні	18	13	234	6,668	1-5-6	0,899	0,749	0,149	210,366	175,266	34,866
Плоскошліфувальні	17	19,5	331,5	6,668	1-5-6	0,899	0,749	0,149	298,0185	248,2935	49,393
Центрувальний	19	4	76	6,668	1-5-6	0,899	0,749	0,149	68,324	56,924	11,324
Шевінгувальний	20	10	200	6,668	1-5-6	0,899	0,749	0,149	179,	149,8	29,8
Карусельно-фрезерні	21	14	294	9,002	1-5-6	0,666	0,555	0,111	8	163,17	32,634
Продольно-стругальні	16	27	432	9,002	1-5-6	0,666	0,555	0,111	195,804	239,76	47,952
Вертикально-протяжні	12	7	84	6,668	1-5-6	0,899	0,749	0,149	287,712	62,916	12,516
Гвинторізний	10	61	610	9,002	1-5-6	0,666	0,555	0,111	75,516	338,55	67,71
Разом	164		3715,5	78,348					2291,105	2241,65	447,5895

6.1.3 Розрахунок часу простою устаткування і ефективного робочого часу

Визначаємо час простою устаткування:

$$T_{пр} = N_{пр} \cdot R, \quad (6.6)$$

де $N_{прК}$, $N_{прП}$, $N_{прО}$ – норматив простоїв обладнання у ремонті за видом ремонту за і-м видом обладнання; R – ремонтна складність за і-м видом обладнання.

$$N_{прП} = 0,33$$

$$T_{прП} = N_{прП} \cdot R$$

$$T_{прП} = 0,33 \cdot 13 = 4,29$$

$$N_{прК} = 0,54$$

$$T_{прК} = N_{прК} \cdot R$$

$$T_{прК} = 0,54 \cdot 13 = 7,02$$

$$N_{прО} = 0,12$$

$$T_{прО} = N_{прО} \cdot R$$

$$T_{прО} = 0,12 \cdot 13 = 1,56$$

Визначаємо загальну тривалість простою:

$$T_{прзар} = T_{прК} + T_{прП} + T_{прО} \quad (6.7)$$

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ</i>						

$$T_{\text{пр}_{\text{зар}}} = 7,02 + 4,23 + 1,56 = 12,81$$

Розрахунок ефективного фонду робочого часу:

$$T_{\text{еф}} = (T_{\text{к}} - T_{\text{в}} - T_{\text{св}}) - T_{\text{пр}_{\text{зар}}}, \quad (6.8)$$

$$T_{\text{еф}} = (365 - 106 - 10) - 12,81 = 236,19 \text{ дні.}$$

де $T_{\text{к}}$ – календарний час роботи устаткування, дні; $T_{\text{в}}$ – кількість вихідних днів, дні; $T_{\text{св}}$ – кількість святкових днів, дні.

Розрахунок проводиться за кожним видом обладнання, а отримані результати заносяться до табл. 6.3.

Таблиця 6.3 – Розрахунок часу простоїв та ефективного часу роботи виробничого обладнання

№ з/п	Назва обладнання	Час простоїв, дні				Ефективний фонд робочого часу, $T_{\text{еф}_i}$
		$T_{\text{пр}_{\text{К}_i}}$	$T_{\text{пр}_{\text{П}_i}}$	$T_{\text{пр}_{\text{О}_i}}$	$T_{\text{пр}_{\text{зар}_i}}$	
1.	1К282	27	16,5	6	50,5	198,5
2.	1А660	23,76	14,52	5,28	43,56	205,44
3.	2М57	7,02	4,29	1,56	12,81	236,19
4.	3Б732	10,53	6,435	2,34	19,305	229,695
5.	2231	2,16	1,32	0,48	3,96	245,04
6.	5М714	5,4	3,3	1,2	9	239,1
7.	621Б	7,56	4,62	1,68	9	235,14
8.	7134	14,58	8,91	3,24	13,86	222,27
9.	7А705В	3,78	2,31	0,84	26,73	242,07
10.	1660А	32,94	20,13	7,32	6,93	188,61
	Разом	134,73	82,335	29,94	195,655	2242,06

Розрахунок річної трудомісткості:

$$T_{\text{е}} = T_{\text{е}} \cdot N_{\text{р}}, \quad \text{чол.-год} \quad (6.9)$$

де $T_{\text{е}}$ – трудомісткість на одну ремонтну одиницю за видами ремонтів (О,П,К) у відповідності до нормативів, чол.-год; $N_{\text{р}}$ – кількість умовних ремонтних одиниць устаткування, од. (табл. 6.2).

Отримані результати зводимо до табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок трудомісткості робітників

Вид ремонту	Nr, од	Трудомісткість на одну ремонтну одиницю ($T_{\text{е}}$), чол.-год			Річна трудомісткість ($T_{\text{е}}$), чол.-год		
		Слюсарі	Верстатники	Інші	Слюсарі	Верстатники	Інші
Капітальний	447,589	23	10	2	10294,55	4475,89	895,178
Поточний	2241,65	16	7	0,5	35866,4	15691,55	1120,825
Оглядовий	2291,105	5,32	2,08	-	12188,68	4765,498	-
Разом	4980,345	44,32	19,08	2,5	58349,63	24932,94	88389,71

При плануванні виконавців ремонту, нами планується розподіл загального обсягу ремонтних робіт між наступними працівниками за розрядами (табл. 6.5).

									Арк.
					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 6.5 – Планування трудомісткості робіт за розрядами по окремим категоріям працівників

Професія	Розряди					Всього трудомісткість, год
	II	III	IV	V	VI	
Слюсар		35009,778	14587,407	8752,444		58349,63
Верстатник			12466,47	9474,517	2991,953	24932,94
Інші		63640,591	24749,119			11744,4
Разом		63640,59	24749,12	88389,71	2991,953	11744,4

6.1.4 Розрахунок чисельності ремонтної бригади

Таким чином, розрахуємо облікову чисельність ($Ч_{\text{обл}}$) виконавців ремонтних робіт за розрядами

$$Ч_{\text{обл}} = T_e / \text{ФРЧеф}, \quad (6.10)$$

де T_e – трудомісткість ремонтників за категорією та розрядом, чол.-год;
ФРЧеф – ефективний фонд робочого часу, год.

Розрахунок облікової чисельності проводиться окремо для кожної категорії працівників (наприклад, слюсарі, верстатники тощо) та за розрядами в кожній категорії. Отримані дані фіксуються у таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Чисельність ремонтної бригади, чол.

Професія	Розряди					Всього робітників, чол
	II	III	IV	V	VI	
Слюсар		20	9	5		34
Верстатник			8	6	2	16
Інші		36	14			50
Разом		56	31	11	2	100

Ремонтна бригада складається зі 100 чол.

6.1.5 Розрахунок річного фонду заробітної плати

$$\text{ФОП}_{\text{тар}i} = T_{e_i} \cdot C_i, \text{ грн} \quad (6.11)$$

де T_{e_i} – трудомісткість ремонтників за категорією та розрядом, чол.-год;
 C_i – тарифна ставка у відповідності до категорії та розряду працівника.

Отримані результати зводимо до табл. 6.7.

Таблиця 6.7 – Розрахунок річного тарифного фонду оплати праці робітників ремонтної бригади

Професія	Тарифний ФОП у відповідності до розряду, грн					Всього, грн
	II	III	IV	V	VI	
Слюсар		287,081	1261,9	77,897		491,159
Верстатник			114,7	90,766	30,518	235,976
Інші		507,852	205,418			713,26
Разом		794,933	446,29029	168,663	30,518	1440,404

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ					

Загальний обсяг доплат до фонду оплати праці (ФОП_{дод}) складає 25% до тарифного:

$$\text{ФОП}_{\text{дод}} = \text{ФОП}_{\text{тар}} \cdot 0,25, \text{ грн} \quad (6.12)$$

де ФОП_{тар} - загальний тарифний фонд оплати праці всіх робітників-ремонтників, грн.

$$\text{ФОП}_{\text{дод}} = 1440,404 \cdot 0,25 = 360,101 \text{ тис.грн}$$

Премія, що нараховується до тарифного фонду оплати праці (ФОП_{пр}) складає 35...40%.

$$\text{ФОП}_{\text{пр}} = \text{ФОП}_{\text{тар}} \cdot 0,35, \text{ грн} \quad (6.13)$$

$$\text{ФОП}_{\text{дод}} = 2576,034 \cdot 0,35 = 504,145 \text{ тис.грн}$$

Загальний річний фонд оплати праці (ФОП_{заг}) визначаємо за формулою:

$$\text{ФОП}_{\text{заг}} = \text{ФОП}_{\text{тар}} + \text{ФОП}_{\text{дод}} + \text{ФОП}_{\text{пр}}, \text{ грн} \quad (6.14)$$

$$\text{ФОП}_{\text{заг}} = 1440,404 + 360,101 + 504,145 = 2304,65 \text{ тис.грн}$$

Відрахування на соціальні заходи розраховуються у розмірі 39...41% від загального фонду оплати праці та розраховується:

$$\text{Всз} = \text{ФОП}_{\text{заг}} \cdot 0,39 \dots 0,41, \text{ грн} \quad (6.15)$$

$$\text{Всз} = 2304,65 \cdot 0,4 = 921,86 \text{ тис.грн}$$

6.1.6 Розрахунок матеріальних витрат на ремонт

Розраховуємо кількість витратних матеріалів:

$$M_B = 1,05 \cdot N_M \cdot (N_{PK} + N_{PI}) \cdot (1 + K_0) \cdot K_d, \text{ кг} \quad (6.18)$$

де N_M - норма витрат матеріалів, кг; N_P - кількість умовних ремонтних одиниць, од (табл. 6.2); K_0 - корегуючий коефіцієнт на проведення даних видів ремонту; K_d - коефіцієнт, що враховує частину деталей власного виробництва, що припадає на частину купованих на стороні.

$$M_{B1} = 1,05 \cdot 0,6 \cdot (447,5895 + 2241,65) \cdot (1 + 0,15) \cdot 0,16 = 311,737$$

$$M_{B2} = 1,05 \cdot 7,4 \cdot (447,5895 + 2241,65) \cdot (1 + 0,26) \cdot 0,16 = 4212,511$$

$$M_{B3} = 1,05 \cdot 5,2 \cdot (447,5895 + 2241,65) \cdot (1 + 0,15) \cdot 0,16 = 2701,718$$

$$M_{B4} = 1,05 \cdot 3,9 \cdot (447,5895 + 2241,65) \cdot (1 + 0,25) \cdot 0,16 = 2202,487$$

$$M_{B5} = 1,05 \cdot 1,89 \cdot (447,5895 + 2241,65) \cdot (1 + 0,25) \cdot 0,16 = 1067,359$$

$$M_{B6} = 1,05 \cdot 0,755 \cdot (447,5895 + 2241,65) \cdot (1 + 0,25) \cdot 0,16 = 426,379$$

Загальна вартість на кожен i -й вид матеріалу (M_{Bi}) визначається за формулою:

$$M_{Bi} = M_{Bi} \cdot C_{Mi}, \text{ грн} \quad (6.19)$$

де M_{Bi} - кількість кожного i -го виду матеріалів, кг; C_{Mi} - ціна на кожний i -й вид матеріалів, грн.

$$M_{B1} = 311,737 \cdot 9,7 = 3023,849$$

$$M_{B2} = 4212,511 \cdot 27 = 113737,797$$

$$M_{B3} = 2701,718 \cdot 39,3 = 106177,517$$

$$M_{B4} = 2202,487 \cdot 8,25 = 18170,518$$

$$M_{B5} = 1067,359 \cdot 43,2 = 46109,909$$

$$M_{B6} = 426,379 \cdot 330 = 140705,07$$

Розрахунки проводять за певними видами матеріалів, що приведені у табл. 6.8.

						Арк.
					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ</i>	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.8 – Матеріальні витрати на ремонт

Найменування	Кількість (M_B), кг	Вартість (C_M), грн.	Сума (M_B), грн.
Сталеве лиття	311,737	9,7	3023,849
Сталь вуглецева	4212,511	27	113737,797
Сталь легована	2701,718	39,3	106177,517
Чавунне лиття	2202,487	8,25	18170,518
Алюмінієве лиття	1067,359	43,2	46109,909
Бронзове лиття	426,379	330	140705,07
Всього	10922,191	457,45	427924,66

Щоб виготовити запасні частини для ремонту обладнання, необхідні верстати. Для визначення їх кількості необхідно застосувати формулу:

$$N_B = \frac{T_{e_{верст}}}{T_{eф_{сер}} \cdot K_3}, \text{од} \quad (6.16)$$

де $T_{e_{верст}}$ - трудомісткість роботи верстатника, чол.-год (табл. 6.4); $T_{eф_{сер}}$ – ефективний середній час роботи обладнання, год; K_3 – коефіцієнт завантаження устаткування.

$$N_B = \frac{24932,94}{3984 \cdot 0,85} = 7,36 \approx 8, \text{од}$$

Таблиця 6.9 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Тип обладнання	Модель	Кількість (N_B), од	Габаритні розміри	Потужність обладнання (N_V)	Норма амортизації (N_A), %	Ціна обладнання (V_P), тис грн	Амортизація (A_B), тис.грн
Токарно-гвинторізний	16K30	1	5545×2010×1545	22,8	3,3	288	2,904
Вертикально-свердлильний	2Н118	1	970х590х2080	1,5	3,3	98	0,264
Кругло-шліфувальний	3М193	1	6710х2650х1850	21,5	3,3	720	3,96
Кругло-шліфувальний	3Б151	1	3100х2100х1500	7,5	3,3	233	1,089
Вертикально-фрезерувальний	6540	1	2655х2640х2785	7,5	3,3	810	3,63
Довбальний	7А420М	1	3030х2175х3010	10	3,3	365	2,145
Свердлильно-фрезерувально-розточний	21104П7Ф4	1	3420х2850х3190	7,5	3,3	845	4,785
Напівавтомат фрезерний вертикальний	53А20	1	3150х1815х2300	2,2	3,3	465	2,145
Всього		8		80,5		3824	20,922

Для розрахунку амортизаційних відрахувань (A_B) використовуємо формулу:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ				

$$A_s = B_n \cdot \frac{H_a}{100}, \text{ грн} \quad (6.17)$$

де B_n – первісна вартість виробничого устаткування, грн.;
 H_a – норма амортизація даної групи устаткування, %.

$$A = 120 \cdot \frac{3,3}{100} = 3,96$$

Отримані результати за розрахунками зводимо до табл. 6.9.

6.1.7 Розрахунок енерговитрат

Загальна площа визначається за формулою:

$$S = \sum N_{Bi} \cdot H_{Si}, \text{ м}^2 \quad (6.18)$$

де N_{Bi} – кількість верстатів кожного і-го типу, зайнятих у ремонті;
 H_{Si} – середня площа, яку займає і-й верстат, м^2 .

$$S = 1 \cdot 30 + 1 \cdot 10 + 1 \cdot 30 + 1 \cdot 30 + 1 \cdot 30 + 1 \cdot 30 + 1 \cdot 30 + 1 \cdot 15 = 205 \text{ м}^2$$

Таким чином, витрати на освітлення площі, яку займають верстати, використаємо формулу:

$$V_{e.s.} = 0,015 \cdot S \cdot C_e \cdot T_{ef_{сер}}, \text{ грн} \quad (6.19)$$

де S – загальна площа, яку займають верстати, що зайняті у ремонті, м^2 ;

C_e – вартість 1 кВт·год енергії, дорівнює, грн;

$T_{ef_{сер}}$ – ефективний середній час роботи обладнання, год;

$$V_{e.s.} = 0,015 \cdot 205 \cdot 0,45 \cdot 1992 = 2756,43 \text{ грн} = 2,756 \text{ тис. грн}$$

Річні втрати електроенергії для двигунів дільниці, кВт·год:

$$W = \frac{N_y \cdot T_{e_{верст}} \cdot k_3 \cdot k_0}{h_c \cdot h_m}, \text{ кВт} \quad (6.20)$$

де N_y – сумарна потужність верстатів, зайнятих у ремонті, кВт (табл. 6.10);

$T_{e_{верст}}$ – трудомісткість роботи верстатника, чол.-год (табл 5.4);

k_3 – коефіцієнт завантаження устаткування;

$$W = \frac{80,5 \cdot 24932,94 \cdot 0,8 \cdot 0,06}{0,95 \cdot 0,9} = 112679,392 \text{ кВт}$$

Вартість електроенергії для виробничих потреб:

$$V_{e.w} = W \cdot C_e, \text{ грн} \quad (6.21)$$

$$V_{e.w} = 112679,392 \cdot 0,45 = 50705,727 \text{ грн} = 50,705 \text{ тис. грн}$$

Загальні витрати на електроенергію, що витрачається під час ремонту визначаються за формулою:

$$V_e = V_{e.s.} + V_{e.w} \quad (6.22)$$

$$V_e = 2,756 + 50,705 = 53,461 \text{ тис. грн}$$

6.1.8 Розрахунок витрат на управління

Річний фонд оплати праці керівника (ФОПр_{кер}) складе:

$$\text{ФОПр}_{\text{кер}} = T_{ок} \cdot 12, \text{ грн} \quad (6.23)$$

де $T_{ок}$ – тарифний оклад керівника на місяць, грн.

$$\text{ФОПр}_{\text{кер}} = 3500 \cdot 12 / 1000 = 42 \text{ тис. грн}$$

Загальний обсяг доплат до фонду оплати праці (ФОПД_{кер}) складає 25% до тарифного:

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ					

$$\text{ФОП}_{\text{Дкер}} = \text{ФОП}_{\text{Пркер}} \cdot 0,25, \text{ грн} \quad (6.24)$$

де $\text{ФОП}_{\text{Пркер}}$ - річний фонд оплати праці керівника, грн.

$$\text{ФОП}_{\text{Дкер}} = 42 \cdot 0,25 = 10,5 \text{ тис.грн}$$

Премія, що нараховується до тарифного фонду оплати праці ($\text{ФОП}_{\text{Пркер}}$) складає 35...40%.

$$\text{ФОП}_{\text{Пркер}} = \text{ФОП}_{\text{Пркер}} \cdot 0,35, \text{ грн} \quad (6.25)$$

$$\text{ФОП}_{\text{Пркер}} = 42 \cdot 0,35 = 14,7$$

Загальний річний фонд оплати праці ($\text{ФОП}_{\text{заг}}$) визначаємо за формулою:

$$\text{ФОП}_{\text{загкер}} = \text{ФОП}_{\text{Пркер}} + \text{ФОП}_{\text{Дкер}} + \text{ФОП}_{\text{Пркер}}, \text{ грн} \quad (6.26)$$

$$\text{ФОП}_{\text{загкер}} = 14,7 + 42 + 10,5 = 67,2 \text{ тис.грн}$$

Відрахування на соціальні заходи розраховуються у розмірі 39...41% від загального фонду оплати праці та розраховується:

$$\text{Всз}_{\text{кер}} = \text{ФОП}_{\text{загкер}} \cdot 0,39 \dots 0,4, \text{ грн.} \quad (6.27)$$

$$\text{Всз}_{\text{кер}} = 67,2 \cdot 0,4 = 26,88 \text{ тис.грн}$$

6.1.9 Розрахунок загальної суми загальновиробничих витрат на ремонт виробничого обладнання

Щоб визначити загальну суму витрат на ремонт виробничого обладнання підприємства, потрібно врахувати всі попередньо розраховані витрати.

$$\text{В}_{\text{заг}} = \text{ФОП}_{\text{заг}} + \text{Всз} + \text{Ав} + \text{МВ} + \text{В}_e + \text{ФОП}_{\text{загкер}} + \text{Всз}_{\text{кер}} + \text{Інші}, \text{ грн.}$$

де $\text{ФОП}_{\text{заг}}$ - фонд оплати праці робітників, зайнятих ремонтом обладнання, грн.; Всз - відрахування на соціальні заходи із фонду оплати праці робітників, грн.; Ав - амортизаційні відрахування, грн.; МВ - матеріальні витрати, грн.; В_e - витрати на електроенергію, грн.; $\text{ФОП}_{\text{загкер}}$ - фонд оплати праці керівника, грн.; $\text{Всз}_{\text{кер}}$ - відрахування на соціальні заходи їх фонду оплати праці керівника, грн.; Інші - інші загальновиробничі витрати на ремонтні роботи, які приймаються у розмірі 1-4% від всіх попередніх, грн.

$$\text{В}_{\text{заг}} = 2304,65 + 921,86 + 20,922 + 427,924 + 53,461 + 67,2 + 26,88 + 76,45794 = 3899,355$$

6.1.10 Планування кошторису загальновиробничих витрат на ремонт виробничого обладнання

Спочатку необхідно визначити загальні витрати трудомісткості на проведення ремонтів за формулою:

$$\text{Т}_e = \text{Т}_{e\text{к}} + \text{Т}_{e\text{п}} + \text{Т}_{e\text{о}}, \quad (6.28)$$

де $\text{Т}_{e\text{к}}$, $\text{Т}_{e\text{п}}$, $\text{Т}_{e\text{о}}$ - трудомісткість проведенні капітального, поточного та оглядового ремонтів, чол.-год.

$$\text{Т}_e = 15665,62 + 52678,78 + 16954,18 = 85298,57$$

Визначаємо частину капітального ремонту у загальній трудомісткості:

$$\text{Ч}_{\text{к}}, \% = \text{Т}_{e\text{к}} / \text{Т}_e \cdot 100\%. \quad (6.29)$$

$$\text{Ч}_{\text{к}} = 15665,62 / 85298,57 \cdot 100\% = 18,365$$

Визначаємо частину поточного ремонту:

$$\text{Ч}_{\text{п}}, \% = \text{Т}_{e\text{п}} / \text{Т}_e \cdot 100\%. \quad (6.30)$$

$$\text{Ч}_{\text{п}} = 52678,78 / 85298,57 \cdot 100\% = 61,758$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо частину поточного ремонту:

$$\begin{aligned} \text{Ч}_O, \% &= \text{Te}_O / \text{Te} \cdot 100\% \\ \text{Ч}_O &= 16954,18 / 85298,57 \cdot 100\% = 19,876 \end{aligned} \quad (6.31)$$

Таблиця 6.10 – Планування кошторису загальновиборничих витрат на ремонт устаткування

Стаття витрат	Загальна сума, грн	За видами ремонту, грн		
		В _К =17%	В _П =60%	В _О =23%
Матеріальні витрати, у тому числі:	481,385	81,835	288,831	110,719
- на сировину та матеріали	427,924	72,747	256,754	98,423
- на електроенергію	53,461	9,088	32,077	12,296
Витрати на оплату праці	2371,85	403,215	1423,110	545,526
Відрахування на соціальні заходи	948,74	161,286	569,244	218,210
Амортизація	20,922	3,557	12,553	4,812
Інші витрати	76,45794	12,998	45,875	17,585
Всього	3899,355	662,890	2339,613	896,852

У відповідності до частини розподіляємо загальну суму витрат між ремонтами:

- для капітального:

$$\begin{aligned} K &= V_{\text{заг}} \cdot \frac{\text{Ч}_K, \%}{100} \\ K &= 3899,355 \cdot \frac{18,365}{100} = 716,141 \end{aligned} \quad (6.32)$$

- для поточного:

$$\begin{aligned} \Pi &= V_{\text{заг}} \cdot \frac{\text{Ч}_\Pi, \%}{100} \\ \Pi &= 3899,355 \cdot \frac{61,758}{100} = 2408,167 \end{aligned} \quad (6.33)$$

- для оглядів:

$$\begin{aligned} O &= V_{\text{заг}} \cdot \frac{\text{Ч}_O, \%}{100} \\ O &= 3899,355 \cdot \frac{19,876}{100} = 775,0465 \end{aligned} \quad (6.34)$$

де $V_{\text{заг}}$ - загальна сума витрат на ремонт устаткування, грн.

Отримані результати заносимо у табл. 6.10.

6.1.11 Оцінка доцільності проведення ремонтних робіт

Визначаємо частину витрат на ремонт верстата 2Н55 (К, П, О):

- сума витрат на капітальний ремонт для одного умовного верстату (B_K):

$$B_K = \frac{B_K}{Np_K} \quad (6.35)$$

де B_K - витрати на проведення капітального ремонту, грн.; Np_K - кількість умовних ремонтних одиниць, що знаходиться на капітальному ремонті, од.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_K = 662,890 / 447,589 = 1,481 \text{ тис.грн.}$$

- сума витрат на поточний ремонт (V_{Π}):

$$V_{\Pi} = \frac{B_{\Pi}}{Np_{\Pi}}, \quad (6.36)$$

де V_{Π} - витрати на проведення поточного ремонту, грн.; Np_{Π} – кількість умовних ремонтних одиниць, що знаходиться на поточному ремонті, од.

$$V_{\Pi} = 2339,613 / 2241,65 = 1,044 \text{ тис.грн.}$$

- сума витрат на огляді (V_O):

$$V_O = \frac{B_O}{Np_O}, \quad (6.37)$$

де V_O - витрати на проведення огляду, грн.; Np_O – кількість умовних ремонтних одиниць, що знаходиться на огляді, од.

$$V_O = 896,852 / 2291,105 = 0,391 \text{ тис.грн}$$

Визначимо загальну суму витрат для обраного i-го верстату ($V_{\text{зар } i}$):

$$V_{\text{зар}} = V_K + V_{\Pi} + V_O \quad (6.38)$$

$$V_{\text{зар}} = 1,481 + 1,044 + 0,391 = 2,845 \text{ тис.грн}$$

При порівнянні двох варіантів: ремонту та покупки нового верстату, необхідно врахувати, що проект буде ефективним, якщо сума ремонту ($V_{\text{зар } i}$) не буде перевищувати 20% від вартості верстату ($V_{\Pi i}$).

Тобто необхідно, щоб

$$V_{\text{зар}} < V_{\Pi i} \cdot 0,2. \quad (6.39)$$

$$2,845 \text{ тис.грн.} < 17,73 \text{ тис.грн.}$$

Таким чином умов виконується, а отже капітальний ремонт верстата 2Н55 є доцільним.

6.2 Техніка безпеки та екологія виробництва при ремонті верстату 2Н55

6.2.1 Екологічна безпека ремонтного виробництва

Капітальний ремонт радіально свердлильного верстату моделі 2Н55 є важливим етапом у його експлуатації та утриманні, оскільки забезпечує тривалу і безвідмовну роботу обладнання. Проте цей процес пов'язаний не лише з технічними аспектами, а й з екологічними питаннями, які стають дедалі актуальнішими в умовах сучасного виробництва.

6.2.1.1 Вплив на навколишнє середовище

1. Викиди забруднюючих речовин: Під час капітального ремонту можуть відбуватися викиди шкідливих речовин, таких як метали, масла та інші рідини. Це може призвести до забруднення повітря, води та ґрунту. Тому важливо передбачити відповідні заходи для зменшення викидів.

2. Шумове забруднення: Ремонтні роботи можуть супроводжуватися значним шумом, що негативно впливає на працівників та навколишні райони. Використання шумозахисних технологій і обладнання може зменшити негативний вплив.

3. Управління відходами: У процесі ремонту утворюється значна кількість відходів, зокрема металічні частини, старі мастила та інші матеріали. Ефективне

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ

управління відходами, включаючи їх переробку та утилізацію, є необхідним кроком для зменшення впливу на екологію.

6.2.1.2 Екологічно чисті технології

Для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище під час капітального ремонту слід впроваджувати екологічно чисті технології:

1. Використання безвідходних технологій: Це передбачає оптимізацію виробничих процесів, які зменшують утворення відходів. Наприклад, застосування технологій, що забезпечують максимальне використання сировини.

2. Застосування екологічно чистих матеріалів: Використання мастил та інших матеріалів, що не містять шкідливих хімічних сполук, дозволяє знизити ризик забруднення.

3. Впровадження системи моніторингу: Регулярний контроль за викидами та відходами може забезпечити своєчасне виявлення та усунення екологічних ризиків.

6.2.1.3 Соціальна відповідальність підприємства

Екологічні аспекти ремонту радіально свердлильного верстату моделі 2H55 також пов'язані із соціальною відповідальністю підприємства. Компанії, які дотримуються екологічних норм і стандартів, здобувають кращу репутацію, підвищують довіру споживачів і отримують конкурентні переваги на ринку.

1. Навчання працівників: Важливо проводити тренінги для працівників щодо екологічних практик, безпеки та охорони праці під час проведення ремонтних робіт.

2. Співпраця з екологічними організаціями: Співпраця з місцевими екологічними організаціями може сприяти реалізації ефективних програм, спрямованих на зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

6.2.1.4 Висновки

Капітальний ремонт радіально свердлильного верстату моделі 2H55 є важливим етапом у підтриманні його ефективності та продуктивності. Однак, екологічні аспекти цього процесу не можуть бути проігноровані. Впровадження екологічно чистих технологій, ефективне управління відходами та дотримання екологічних норм є необхідними умовами для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Таким чином, підприємства, що реалізують екологічні ініціативи, не лише покращують свою репутацію, але й роблять внесок у стале розвиток.

6.2.2 Техніка безпеки при ремонтному виробництві

Техніка безпеки в ремонтному цеху є надзвичайно важливою частиною процесу капітального ремонту обладнання, зокрема радіально свердлильного верстата моделі 2H55. Дотримання заходів безпеки дозволяє знизити ризики травматизму, забезпечити безперебійну роботу та зберегти здоров'я працівників. Ось розгорнута відповідь на цю тему.

					КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2.2.1 Загальні вимоги до техніки безпеки

Перед початком капітального ремонту верстата необхідно провести інструктаж усіх працівників щодо техніки безпеки, який має включати:

1. Ознайомлення з інструкціями: Працівники повинні ознайомитися з інструкцією з експлуатації та ремонту верстата 2H55, а також з нормативними документами, що регламентують виконання робіт.

2. Особисті засоби захисту (ОЗЗ): Обов'язкове використання захисного одягу, окулярів, рукавичок та іншого відповідного обладнання.

6.2.2.2 Підготовка до ремонту

Перед початком робіт необхідно виконати наступні етапи:

1. Огляд робочого місця: Переконайтеся, що робоча зона є чистою та вільною від зайвих предметів. Всі інструменти і матеріали повинні бути упорядковані.

2. Вимкнення електроживлення: Перед початком ремонту слід відключити верстат від електромережі та забезпечити, щоб ніхто не міг випадково його включити під час виконання робіт.

6.2.2.3 Порядок виконання ремонту

Під час капітального ремонту необхідно дотримуватись таких заходів безпеки:

1. Система блокування: Використання системи блокування, щоб запобігти випадковому пуску обладнання. Важливо закрити усі вимикачі та мати в наявності блокування.

2. Правильна техніка виконання робіт: Всі роботи повинні виконуватись згідно з технологічними картами, щоб уникнути травмування. При підйомі важких частин використовувати механізми підйому або спеціальні інструменти.

6.2.2.4 Ризики та їх запобігання

Під час виконання капітального ремонту існують різні ризики, які потрібно врахувати:

1. Електричні травми: У разі роботи з електрообладнанням необхідно дотримуватись електробезпеки, використовувати ізольовані інструменти та перевіряти справність електропроводки.

2. Механічні травми: При роботі з важкими деталями та інструментами важливо використовувати захисні щитки та дотримуватись безпечної дистанції.

3. Хімічні небезпеки: Якщо під час ремонту використовуються хімічні засоби, слід дотримуватись відповідних заходів безпеки: використовувати рукавички, маски, а також забезпечити провітрювання.

6.2.2.5 Завершення робіт

Після закінчення капітального ремонту важливо:

1. Перевірка обладнання: Перед запуском верстата після ремонту необхідно провести перевірку його роботи на безпеку.

					КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Упорядкування робочого місця: Після завершення всіх робіт необхідно прибрати робоче місце, упорядкувати інструменти та відходи.

6.2.2.6 Висновок

Дотримання техніки безпеки в ремонтному цеху під час капітального ремонту радіально свердлильного верстата моделі 2Н55 є невід'ємною частиною процесу. Всі працівники повинні усвідомлювати важливість безпеки і вживати необхідних заходів для запобігання нещасним випадкам. Лише завдяки дотриманню всіх правил і норм можна забезпечити безпечні умови праці і якісний ремонт обладнання.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ

МОДЕРНІЗАЦІЯ РАДІАЛЬНО-СВЕРДЛИЛЬНОГО ВЕРСТАТА 2Н55

Модернізація радіально-свердильного верстата може значно підвищити його ефективність, точність і безпеку. У якості модернізації радіально-свердильного верстата моделі 2Н55 пропонуємо наступні варіанти.

7.1 Колона радіально-свердильного верстата

Запропонована конструкція колони (рис. 7.1) радіально-свердлувального верстата відрізняється від відомих рішень тим, що для регулювання положення осі поворотної гільзи в просторі нижня опора виконана таким чином: її підшипник встановлений зовнішнім кільцем у розточці поворотної гільзи, а внутрішнім кільцем – на цапфі фланця, що жорстко з'єднаний із цоколем. При цьому вісь цапфи зміщена ексцентрично відносно осі фланця.

Поворотна гільза 1 змонтована в цоколі 2 на верхній 3 і нижній 4 роликів опорних кочення. Цоколь 2 закріплений нерухомо на плиті 5 за допомогою гвинтів 6. Нижня опора 4 виконана як роликовий підшипник із регульованим радіальним зазором, внутрішнє кільце якого встановлене на конічну цапфу фланця 7. Зовнішня посадкова поверхня фланця 7 виконана з ексцентриситетом відносно конічної поверхні цапфи. Фланець 7 закріплений на цоколі 2 за допомогою гвинтів 8.

Зазор у нижній опорі регулюється за допомогою гайки 9, яка фіксується гвинтом 10.

Після регулювання внутрішнє кільце підшипника закріплюється гвинтами 11. Зміна ексцентриситету здійснюється шляхом повороту фланця 7 в основі 2 на кут, що визначається розташуванням гвинтів 8.

На гільзу 1 встановлене гальмівне кільце 12, зовнішня конусна поверхня якого, при опусканні гільзи, заклинюється у конічному розточенні основи 2, забезпечуючи фіксацію гільзи від обертання. Вертикальне переміщення гільзи 1 для затиску і розтиснення здійснюється спеціальним механізмом, розташованим у верхній частині гільзи, що спирається на нерухому трубу 13.

Оскільки затискний елемент розташований безпосередньо у верхній опорі, вплив зазорів у цій опорі при затиснутій гільзі мінімізований, тому регулювання радіального зазору тут не потрібне.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.07.КОЕПР</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Касянець</i>			<i>Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечасів</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		

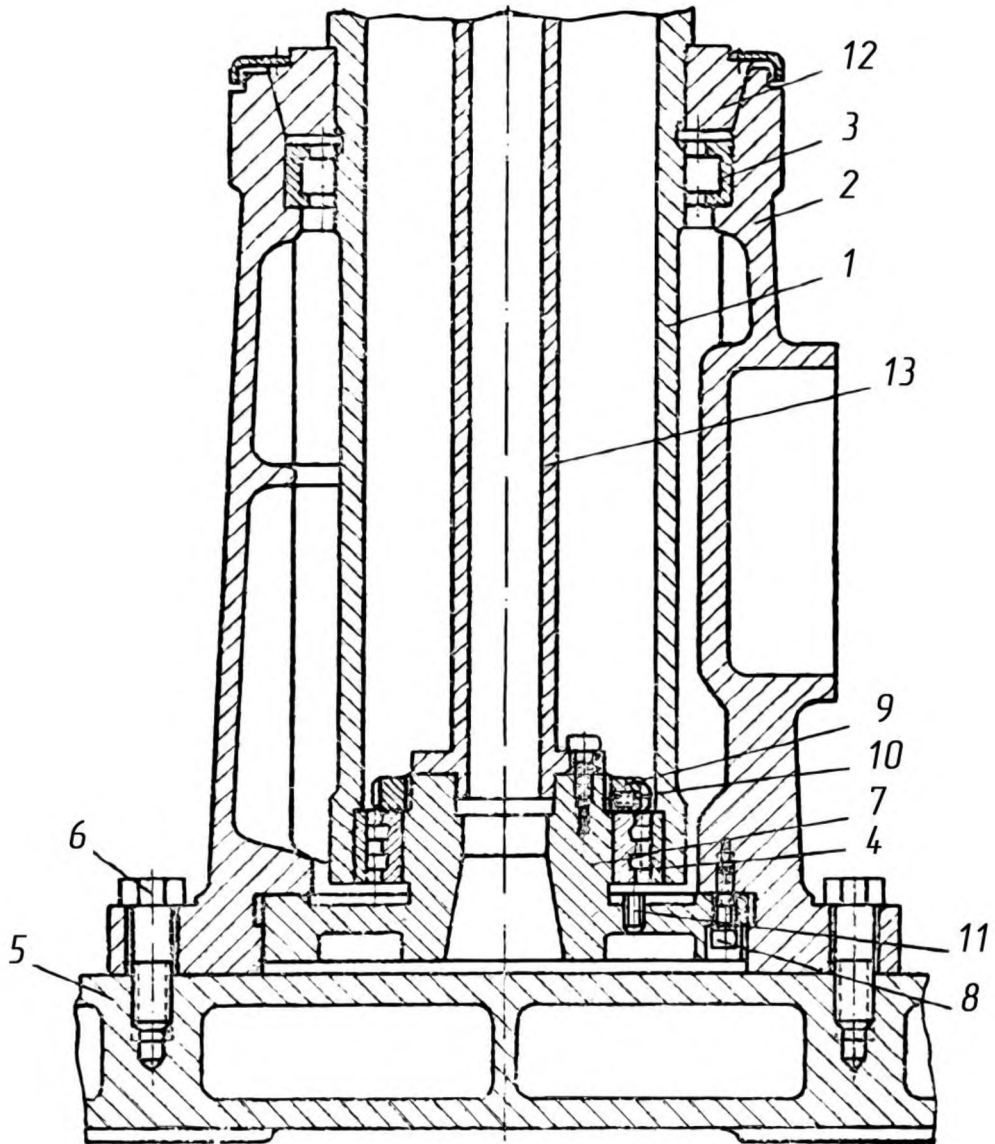


Рисунок 7.1 – Колонна радіально-свердильного верстату

7.2 Підвищення довговічності свердильної головки

Збільшення довговічності досягається шляхом усунення тертя ковзання між корпусом свердильної головки та вертикальною площиною гострокутної напрямної під час руху свердильної головки у віджатому стані по напрямним рукава

На рисунку 7.2 представлено загальний вигляд радіально-свердильного верстату, а на рисунку 7.3 зображено вузол I.

На колоні 1 верстату закріплений рукав 2, на якому розташовані прямокутна 3 та гострокутна 4 напрямні. На них за допомогою опорних роликів 6, 7 і віджимних роликів 8 закріплена свердильна голівка 5. Опорні та віджимні ролики змонтовані в корпусі свердильної голівки 5 на ексцентрикових вісях 9, 10 і 11. Вісь 11 при цьому виконує роль цапфи 12, яка з'єднана з шийкою 13 через

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пружну перемичку 14, розташовану паралельно вертикальній площині 15 гострокутної напрямної 4.

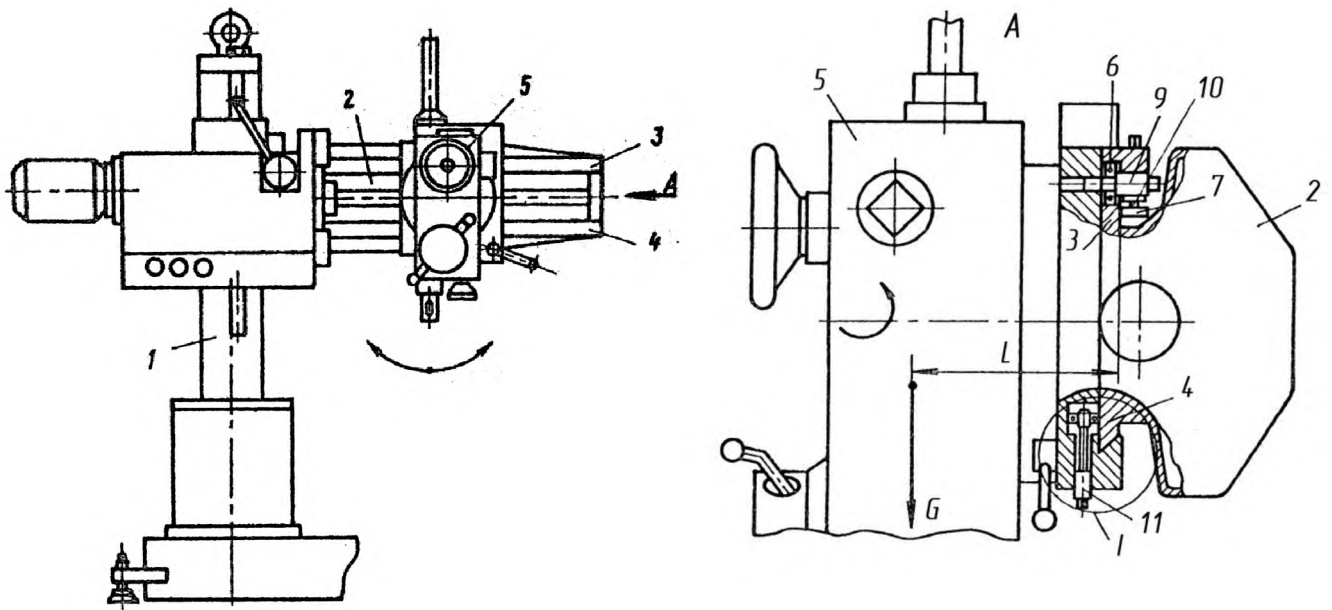


Рисунок 7.2 – Радіально-свердлильний верстат

Під час розблокування свердлильної голівки 5 між її корпусом та вертикальною площиною 15 гострокутної напрямної 4 виникає зазор С, оскільки ролики 8 віджимають корпус голівки 5, компенсуючи момент від ваги голівки G за допомогою пружних перемичок 14 вісі 11 віджимних елементів 8. Завдяки цьому під час переміщення голівки 5 по напрямних 3 і 4 рукава 2 між контактуючими поверхнями утворюється лише тертя кочення, що підвищує довговічність верстата.

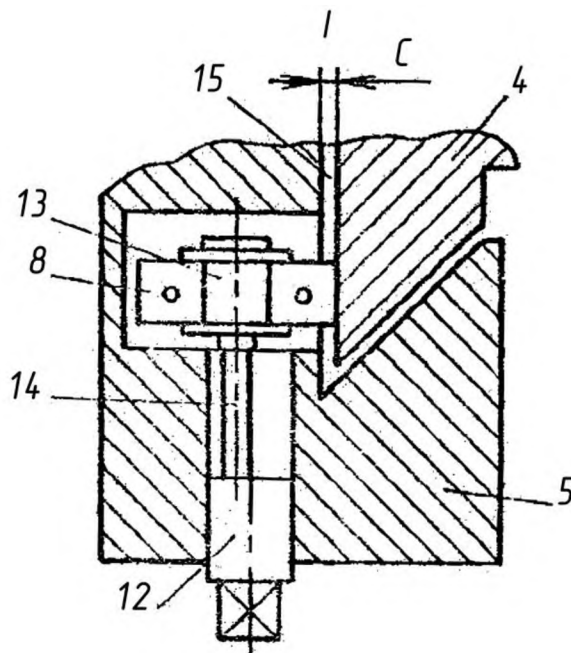


Рисунок 7.3 – Вузол I радіально-свердлильного верстата

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.3 Механізм кутового повороту рукава

Механізм для повороту рукава виконаний як додаткова втулка, що охоплює основну втулку, з якою жорстко з'єднаний корпус редуктора. Зубчасте колесо редуктора взаємодіє з приводом, що здійснює вертикальне переміщення рукава. На зовнішніх поверхнях обох втулок розміщені зубці, призначені для зчеплення з черв'яками, які встановлені в додатковій втулці та рукаві.

Радіально-свердлильний верстат, згідно з пунктом 1, відрізняється тим, що привід вертикального переміщення реалізовано у вигляді гвинтової передачі, гайка якої з'єднана з зубчастим колесом. Колесо та внутрішня втулка оснащені шкалами для відліку кутових координат.

Цей винахід спрямований на підвищення точності обробки та спрощення конструкції верстата, забезпечуючи паралельний рух інструменту відносно оброблюваних поверхонь і використання механізму кутового повороту рукава в спрощеній конфігурації.

На рис. 7.4 показано радіально-свердлильний верстат з перетином А-А, на рис. 7.5 – схема переміщення осі повороту рукава в просторі.

Радіально-свердлильний верстат включає станину 1 з колоною напямної 2, де розміщено привід 3 для вертикальних переміщень. За допомогою ходового гвинта 4 і гайки 5, з'єднаної з черв'ячним колесом 6, рукав 7 з шпindelною коробкою 8 рухається. Рукав встановлений на колоні 2 через дві циліндричні втулки 9 і 10, осі отворів яких нахилені під кутом ψ до зовнішньої поверхні. Втулка 9 закріплена до корпусу 11 черв'ячного редуктора та обертається разом з ним при обертанні черв'яка 12; відлік координат здійснюється по шкалі 13. Зубці черв'ячного колеса втулки 9 взаємодіють з черв'яком 14 у втулці 10. Зубці на зовнішній поверхні втулки 10 входять в зачеплення з черв'яком 15, закріпленим у корпусі рукава 7.

При обертанні черв'яка 14 відбувається поворот втулки 10 відносно втулки 9, що змінює нахил осі втулки 10, по якій обертається рукав 7 за допомогою черв'яка 15. Відлік координат ведеться по шкалі 16.

У початковому положенні вісь зовнішньої поверхні втулки 10 (позначимо її як OO_1) збігається з віссю O_z колони 2. Коли втулка 10 обертається навколо втулки 9, вісь OO_1 описує конус з кутом розкриття, що дорівнює ψ , оскільки обертання втулки 10 здійснюється по зовнішній поверхні втулки 9, чия вісь OO_2 нахилена відносно вертикалі на кут ψ . Черв'як 14 повертає втулку 10 відносно втулки 9 на кут β , завдяки чому вісь зовнішньої поверхні OO_1 втулки 10, а отже, і вісь обертання рукава, відхиляється від вертикалі на кут γ . Зв'язок між цими кутами можна виразити наступним чином:

$$\text{з } \triangle OAB \text{ } AB = 2R \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right); OA=OB=R, \quad (7.1)$$

$$\text{з } \triangle O_2AB \text{ } AB = 2r \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right); AO_2=BO_2=r, \quad (7.2)$$

$$\text{з } \triangle OAO_2r = R \cdot \sin \psi, \quad (7.3)$$

$$\sin\left(\frac{\gamma}{2}\right) = \sin \psi \cdot \sin\left(\frac{\beta}{2}\right); \gamma = 2 \arcsin \left(\sin \psi \cdot \sin \frac{\beta}{2} \right). \quad (7.4)$$

					КНУ.КМР.131.24.1-07.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

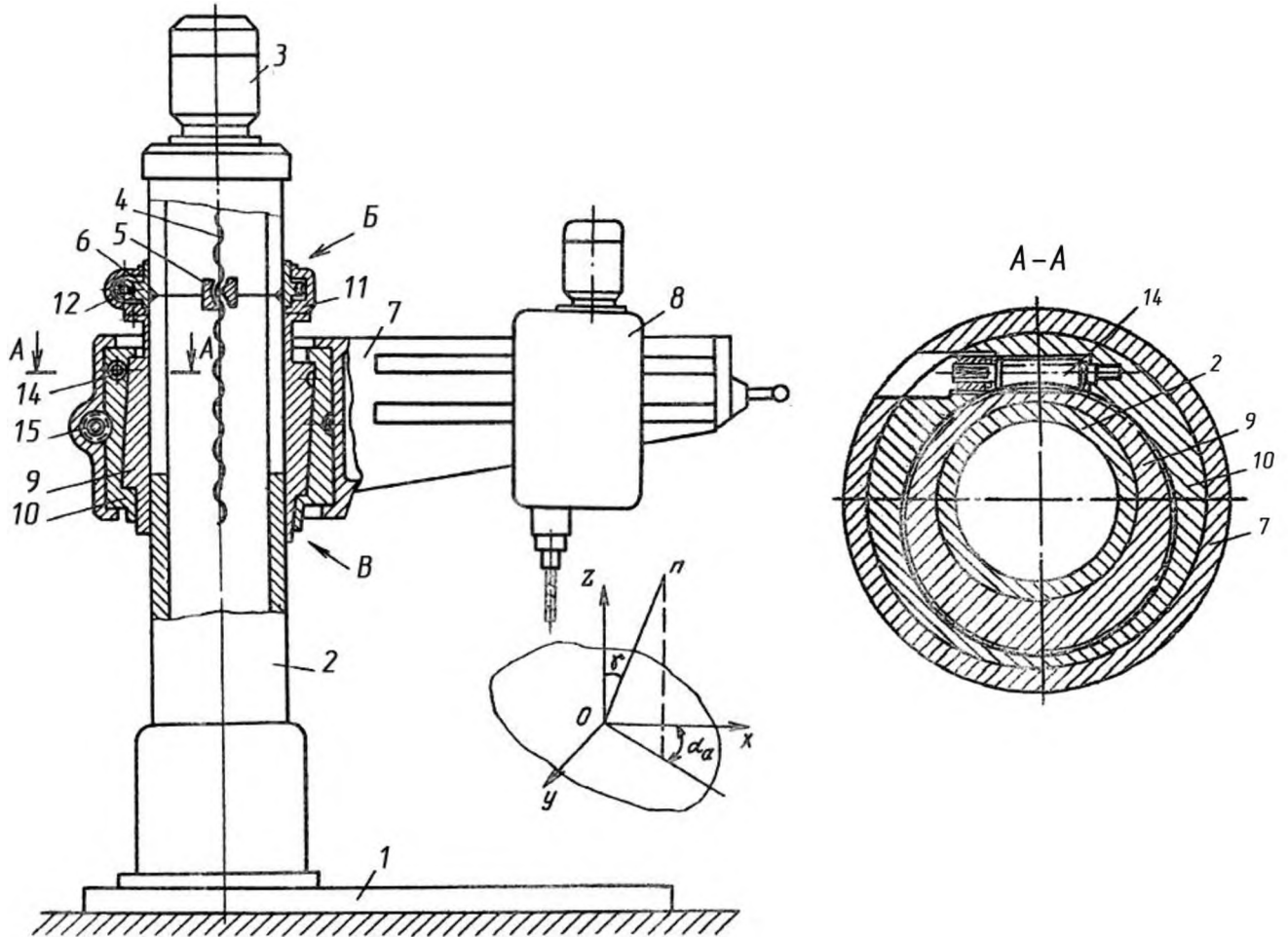


Рисунок 7.4 – Радіально-свердлильний верстат з перетином рукава

При подальшому спільному обертанні втулок 9 і 10 за допомогою черв'яка 12 навколо колони, нахилена вісь OO_γ утворює конус з кутом при вершині γ , при цьому точка B на цій осі описує коло радіусом $O_\gamma B = AB \cdot \sin((\pi - \gamma)/2)$. Проекція осі обертання рукава OO_γ на горизонтальну площину E утворює кут α з віссю абсцис. Визначається залежність кута α від кута β – відносного повороту втулок.

Позначають точку перетину прямої AO_2 з віссю O_1X як точку C і розглядають площини D, E, F . Площина D перпендикулярна до площини F , оскільки пряма OO_2 лежить у площині D і перпендикулярна до F , як висота конуса з основою радіусу r . Пряма AO знаходиться у площині D і перпендикулярна до площини E , тому площина E перпендикулярна площині D . Отже, відрізок прямої BC перпендикулярний AO_2 , як слід перетину площин E і F з перетином площин D і F . Таким чином, трикутники $\triangle ACB$ і $\triangle O_\gamma CB$ є прямокутними. З прямокутного трикутника $O_\gamma BC$:

$$\sin \alpha = \frac{BC}{O_\gamma B} \quad (7.5)$$

$$\text{з } \triangle O_1 AB \quad O_\gamma B = AB \cdot \sin\left(\frac{\pi - \gamma}{2}\right); \quad (7.6)$$

$$\text{з } \triangle ABC \quad BC = AB \cdot \sin\left(\frac{\pi - \beta}{2}\right); \quad (7.7)$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-07.07.КОЕПР					

$$\sin \alpha = \frac{\cos(\frac{\beta}{2})}{\cos(\frac{\gamma}{2})}, \alpha = \arcsin \frac{\cos(\frac{\beta}{2})}{\cos(\frac{\gamma}{2})} \quad (7.8)$$

Нехай нормаль n до оброблюваної площини утворює кут γ з вертикаллю, а її проекція на горизонтальну площину складає кут α_{ar} з віссю абсцис. У такому разі додатковий кут спільного повороту втулок 9 і 10 відносно колони, при нахилі осі повороту втулки 10 на кут γ , дорівнює:

$$\alpha_{ar} - \alpha = \alpha_{доб.} \quad (7.9)$$

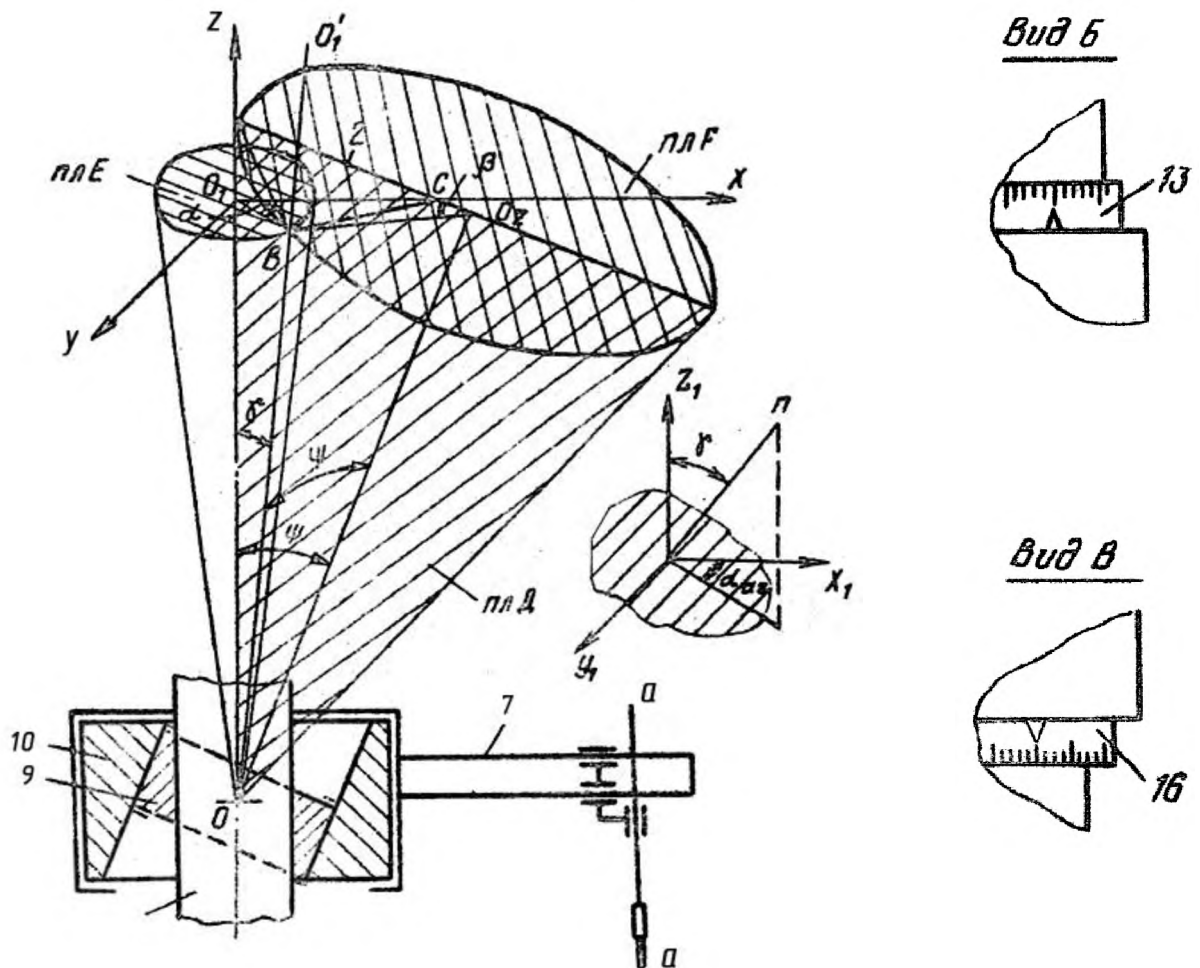


Рисунок 7.5 – Схема переміщення осі повороту рукава в просторі

При повороті втулок 9 і 10 на цей кут, вісь інструменту стає перпендикулярною до оброблюваної площини, оскільки пряма aa паралельна осі OO_1 зовнішньої поверхні втулки 10. Використовуючи привід 3 і обертаючи рукав 7 по зовнішній поверхні втулки 10 за допомогою черв'яка 15, інструмент підводять до зони обробки та виконують технологічну операцію.

7.4 Сенсори для контролю процесу обробки

Модернізація радіально-свердлильного верстата за допомогою додавання сенсорів для контролю процесу обробки може значно підвищити ефективність, точність і безпеку роботи.

					КНУ.КМР.131.24.1-07.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Такого роду модернізація дозволить покращити точності обробки (використання сенсорів для контролю параметрів обробки); забезпечити безпеку (виявлення аномалій у процесі, які можуть призвести до аварій); вести моніторинг стану обладнання (запобігання поломкам через своєчасну діагностику).

Розташування сенсорів:

1. Сенсори температури і тиску можуть бути встановлені на охолоджувальних системах.
2. Оптичні датчики слід розмістити на верстаті, щоб забезпечити моніторинг положення інструмента.
3. Акустичні сенсори можна розташувати на корпусі верстата для виявлення вібрацій.

7.4.1 Оптичні датчики

Оптичні датчики – для визначення положення інструмента і точності свердління.

Для визначення положення інструмента і точності свердління можна використовувати оптичний енкадер Renishaw OMP60 – оптичний датчик для вимірювання позицій на станках з ЧПК, що забезпечує високу точність позиціонування.

Компактний тригерний контактний 3D датчик. Надійна технологія передачі модульованого оптичного сигналу. Чудові характеристики зменшення кількості шлюбу і підвищення прибутку.



Рисунок 7.6 – Оптичний датчик Renishaw OMP60

Ці датчики можуть бути інтегровані у систему автоматизації для підвищення точності і ефективності свердління

7.4.2 Сенсори тиску

Сенсори тиску – для контролю тиску в системі охолодження, що дозволить уникнути перегріву.

Пропонуємо сенсори тиску, які підходять для контролю тиску в системі охолодження верстата: Honeywell ASDX Series – мікропроцесорний датчик тиску.

Діапазон: від 0 до 30 бар.

Вихід: аналоговий (0,5-4,5 В).

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальна робоча температура: +105 С

Мінімальна робоча температура: -20 °С

Особливості: Компактний розмір, висока надійність.

Модернізація радіально-свердлильного верстата за допомогою сенсорів забезпечить не тільки підвищення точності обробки, але й збільшить безпеку та надійність роботи. Завдяки інтеграції нових технологій, підприємство зможе підвищити свою конкурентоспроможність на ринку.

7.5 Вибір нових електродвигунів для верстата

7.5.1 Двигун головного приводу

Для виконання процесу свердління обираємо асинхронний двигун (рис. 7.7) з короткозамкненим ротором серії 160S6Y3.

$P_{\text{НОМ}} = 12\text{кВт}$; $n_{\text{НОМ}} = 1550\text{ об/мин}$; $\eta_{\text{НОМ}} = 82\%$; $\cos\varphi_{\text{НОМ}} = 0.85$; $M = 108\text{ Н м}$

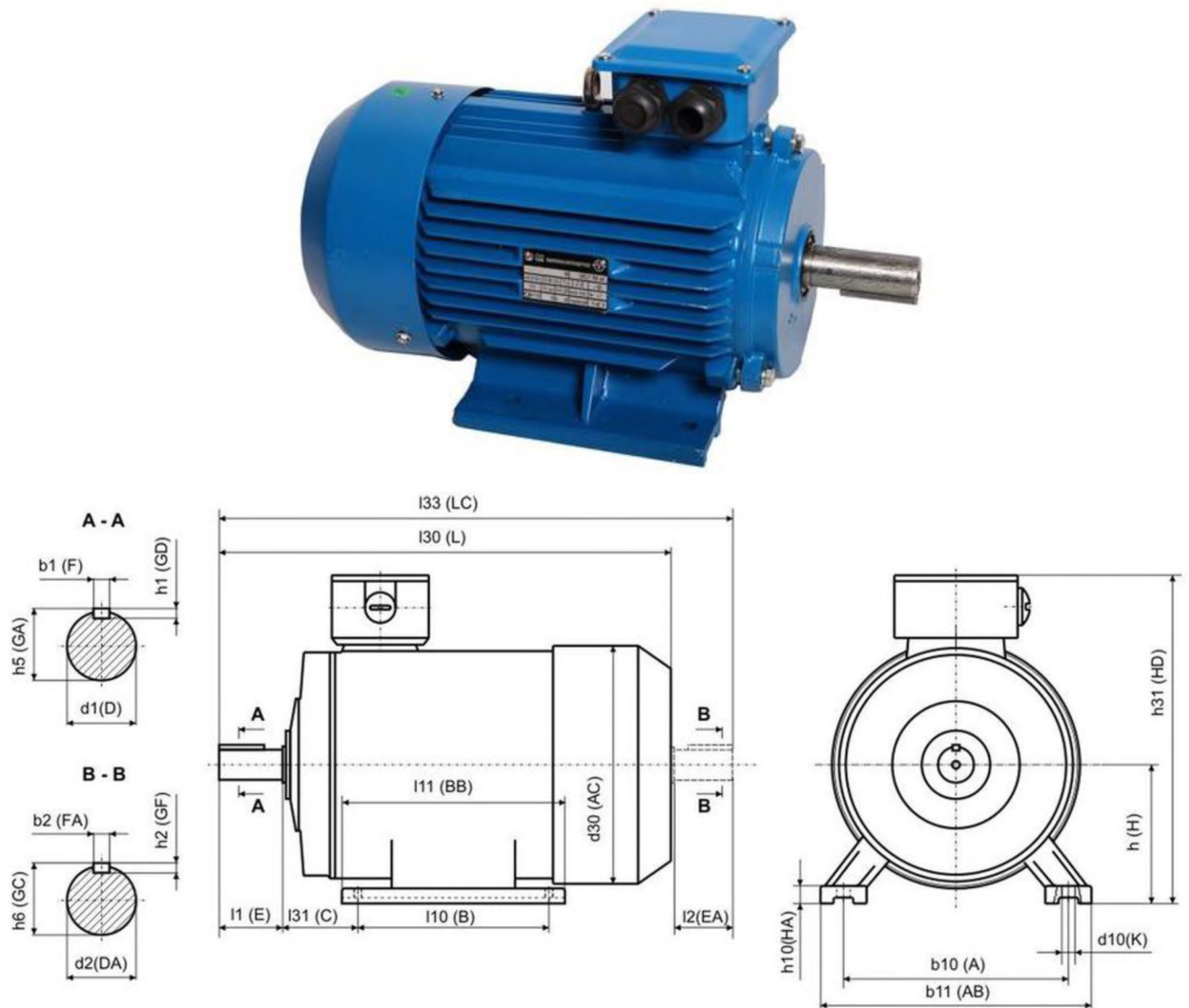


Рисунок 7.7 – Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором серії 160S6Y3

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.5.2 Двигун насосу системи охолодження

Для охолодження різального інструменту у верстаті використовується шестеренний насос. Як охолоджувальну рідину застосовується вода. У систему охолодження верстата входять насос, бак-відстійник, фільтри, клапани, крани, трубопроводи. У зону охолодження рідина подається під тиском, що створює насос.

1. Визначаємо потужність насоса за формулою

$$P_n = \frac{P \cdot Q}{60 \cdot \eta}, \quad (7.10)$$

де P_n – потужність насосу, кВт;

Q – продуктивність насосу, л/хв;

P – тиск, МПа;

η – ККД насосу.

За паспортними даними продуктивність насоса становить 10 л/хв, тиск рідини, що забезпечується насосом – 0.27 МПа, ККД насосу – 0.75, тобто: $Q=10$ л/хв; $P=0.27$ МПа; $\eta=0.75$

$$P_n = \frac{0.27 \cdot 10}{60 \cdot 0.75} = 0.071 \text{ кВт}$$

2. За проведеними розрахунками та найближчою потужністю вибираємо асинхронний двигун із короткозамкненим ротором серії АИР 56 А4: $P_{\text{ном}}=0.12$ кВт; $n_{\text{ном}}=1350$ об/мин; $\eta_{\text{ном}}=58\%$; $\cos\varphi_{\text{ном}}=0.66$; $M=0.85$

7.5.3 Двигун гідронасосу

Гідросистема верстата приводиться в дію насосною установкою, що складається з лопатевого насоса, електродвигуна приводного, пластинчастого фільтра і розвантажувального клапана.

Управління роботою гідросистеми здійснюється за допомогою гідропанелі, змонтованої на передній частині станіни.

Гідросистема верстата виконує такі функції:

- переміщення столу;
- реверс столу;
- перегін столу під час налагодження;

Необхідна потужність для приводу гідронасосу:

$$P = \frac{0,9 \cdot 35}{60 \cdot 0,75} = 0,7 \text{ кВт}$$

Розрахункова потужність електродвигуна:

$$N_{\text{об}} = \frac{0,7}{0,7} = 1 \text{ кВт}$$

Обираємо двигун АД т. АИР80В2: $P_{\text{ном}}=1,5$ кВт; $n_{\text{ном}}=1550$ об/мин; $\eta_{\text{ном}}=78\%$; $\cos\varphi_{\text{ном}}=0.83$.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.6 розрахунок та вибір апаратів захисту, управління та кабелів

Апарати управління призначені для включення, відключення та перемикання електричних ланцюгів та електроприймачів, регулювання частоти обертання та реверсування двигунів, регулювання параметрів силових, освітлювальних, нагрівальних та інших електроустановок.

Захисні апарати призначені для відключення електричних кіл при виникненні в них ненормальних режимів (короткі замикання, значні навантаження, різкі зниження напруги та ін.)

Від правильного вибору апаратури захисту та автоматики більшою мірою залежать надійність роботи та збереження обладнання загалом, чисельні, якісні та економічні показники виробничого механізму та електробезпеки людей.

7.6.1 Розрахунок та вибір комутаційної апаратури

Для керування асинхронними двигунами застосовуємо магнітні пускачі. Захист двигунів від перевантажень здійснюється тепловими реле.

Розрахунок та вибір магнітного пускача КМ1 та теплового реле КК1.

Дані апарати знаходяться в силовому ланцюгу двигуна М1 потужністю 12 квт.

1. Визначаємо тривалий струм у лінії двигуна за формулою

$$I_{\text{дл}} = \frac{P_{\text{д}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{д}} \cdot \cos \phi}, \quad (7.11)$$

де $I_{\text{дл}}$ – тривалий струм, А;

$P_{\text{д}}$ – потужність двигуна, кВт;

$U_{\text{н}}$ – номінальна напруга електродвигуна, В;

$\eta_{\text{д}}$ – ККД двигуна;

$\cos \phi$ – коефіцієнт потужності.

$$I_{\text{дл}} = \frac{12}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,82 \cdot 0,85} = 26 \text{ А}$$

2. Вибираємо теплове реле КК1.

Теплове реле встановлюється у 3 фази ланцюга двигуна незалежно від магнітного пускача. Теплове реле вибирається згідно з умовою

$$I_{\text{тр}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{нд}}, \quad (7.12)$$

де $I_{\text{тр}}$ – струм теплового реле, А;

$I_{\text{нд}}$ – номінальний струм двигуна, А.

$$I_{\text{тр}} \geq 1,25 \cdot 26$$

$$I_{\text{тр}} \geq 32 \text{ А}$$

Обираємо теплове реле, яке встановлюється незалежно від магнітного пускача ТРН-40 $I_{\text{ном}}=40\text{А}$, $I_{\text{н,теп.эл.}}=40\text{А}$

3. Вибираємо провід для лінії.

Т.к. лінія з тепловим реле, вибір проводу проводиться з урахуванням відповідності цьому апарату захисту, тобто. має виконуватися умова:

$$I_{\text{доп}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{тр}}, \quad (7.13)$$

де $I_{\text{доп}}$ – допустимий ток, А;

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{зщ}$ – коефіцієнт захити.

$$I_{доп} \geq 1 \cdot 32$$

$$I_{доп} \geq 32 \text{ A}$$

Обираємо кабель марки ПВ з мідними жилами. Кабель прокладено відкрито $S=2,5 \text{ мм}^2$; $I_{дп}=40 \text{ A}$

Перевіряємо обраний кабель з урахуванням тривалого струму навантаження, тобто. має виконуватися умова

$$I_{дп} \geq I_{доп} \quad (7.13)$$

де $I_{дп}$ – допустимий ток провона, А.

$$40 \geq 32 \text{ A}$$

Оскільки умова виконується, то провід обраний правильно.

4. Обираємо магнітні пускачі КМ1.

$$P_{дв}=12 \text{ кВт}$$

Обираємо магнітний пускач марки ПМЕ-3

Розрахунок та вибір магнітних пускачів КМ2-КМ3

Дані апарати знаходяться у силовому ланцюзі двигуна М2 потужністю 1,5 кВт.

1. Визначаємо тривалий струм у лінії двигуна

$$I_{дп} = \frac{1,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,78 \cdot 0,83} = 3,5 \text{ A}$$

2. Вибираємо кабель для лінії. Т.к. лінія без тепловим реле, то вибір дроту виробляється з урахуванням відповідності цього апарату захисту, тобто. має виконуватися умова:

$$I_{доп} \geq 1,25 \cdot 3,5$$

$$I_{доп} \geq 4,3 \text{ A}$$

Обираємо кабель марки ВРГ у полівінілхлоридній оболонці з мідними жилами. Кабель прокладено відкрито. $S=0,5 \text{ мм}^2$ $I_{дп}=11 \text{ A}$

Перевіряємо обраний кабель з урахуванням тривалого струму навантаження $11 \geq 4,3 \text{ A}$

Оскільки умова виконується, то кабель обраний правильно.

3) Выбираем магнитные пускатели КМ2-КМ3.

Т.к. магнітні пускачі КМ4-КМ5 призначені керувати цим двигуном, то розрахунок зводимо лише одного, наприклад розрахуємо магнітний пускач КМ2, а інший візьмемо такий самий марки. $P_{дв}=1,5 \text{ кВт}$

Обираємо магнітний пускач марки ПМЕ-0

Вибрано апаратуру управління та захисту: автоматичний вимикач, теплові реле, запобіжники, магнітні пускачі.

Двигуни та апаратура керування обрані для двигунів, що випускаються промисловістю в даний час.

Застарілі двигуни замінено на нові двигуни моделі АІ, апаратуру управління та захисту замінено на нову апаратуру більш сучасних моделей з метою полегшення її заміни у разі виходу з ладу.

Таким чином проведено модернізацію свердловального верстата.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.07.КОЕПР</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У магістерській випускній роботі на тему «Розробка технологічного процесу капітального ремонту верстата мод. 2Н55 з відновленням та виготовленням деталей коробки подач за допомогою САПР технологій» було вирішено низку важливих науково-практичних завдань, що мають значення для підвищення ефективності процесів ремонту та відновлення промислового обладнання. Основні результати роботи включають наступне:

1. Розрахунок розмірних ланцюгів при складанні коробки подач верстата 2Н55 після капітального ремонту. Це дозволило забезпечити необхідну точність взаємодії деталей та вузлів, а також відновлення початкових експлуатаційних характеристик обладнання.

2. Розробка технологічного процесу відновлення та виготовлення деталей. Створено технологію відновлення деталі "Вал-шліцьовий" і виготовлення деталі "Колесо черв'ячне". Це дозволяє скоротити витрати на ремонт та підвищити ресурсність ключових елементів коробки подач.

3. Розробка верстатно-інструментального налагодження на токарну операцію, виконувану на сучасному верстаті з ЧПК Spinner TC 65 MC. Обрано сучасний металорізальний та допоміжний інструмент, а також розроблено керуючу програму в середовищі FeatureCAM, що забезпечує високу продуктивність і точність обробки.

4. Проектування оснащення для перевірки геометричної точності та жорсткості верстата. Розроблено контрольний пристрій для перевірки відхилення форми та розташування поверхонь шліцьового валу, що дозволяє проводити якісний контроль після виконання ремонтних робіт.

5. Проведено техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу капітального ремонту. Визначено оптимальну кількість ремонтного устаткування, що мінімізує витрати та час ремонту, а також запропоновано заходи для забезпечення безпеки праці та екологічності виробництва.

6. Науково-дослідна частина присвячена модернізації верстата 2Н55, що дозволяє підвищити його функціональність та конкурентоспроможність у сучасному виробничому середовищі.

Результати роботи мають практичне значення для підприємств, що спеціалізуються на ремонті промислового обладнання, а також можуть бути використані при розробці нових технологічних процесів ремонту і модернізації машинобудівного устаткування. Запропоновані рішення сприяють зниженню витрат, підвищенню точності обробки деталей, подовженню терміну експлуатації обладнання та покращенню умов праці.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.В</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Касянець</i>			<i>Висновки</i>	Літ.	Арк.	Архувів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>						

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання магістерської випускної роботи для студентів спеціальності 131 “Прикладна механіка” Освітньо-професійної програми Технології машинобудування усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Цивінда Н.І., Рязанцев А.О., Бондар О.В., 2022.
2. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
3. ДСТУ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення.
4. ДСТУ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення
5. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
6. ДСТУ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення. ВНЕСЕНО: Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»)
7. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
8. ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768-1:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2002. – 10 с.
9. ДСТУ ISO 2768-2-2001. Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків (ISO 2768-2:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2001. – 15 с.
10. ДСТУ ISO 286-1-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок (ISO 286-1:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2003. – 37 с.
11. ДСТУ ISO 286-2-2002 Допуски і посадки за системою ISO. Частина 2. Таблиці квалітетів стандартних допусків і граничних відхилень отворів і валів. [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2004. – 47 с.
12. ДСТУ 2974-95. Технологічне підготовлення виробництва. Основні терміни та визначення.
13. ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.
14. Когут, М.С. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник [Текст] / М. С. Когут – Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. – 352 с.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.СВД</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>					
Розроб.		<i>Касянець</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>								
Реценз.										
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>								

15. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання

16. ДСТУ EN ISO 7200:2005 Розроблення технічної документації. Графи у штампах та основних написах.

17. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.

18. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання. Підручник / Ба-зієвський С.Д. – К.: Слово, 2012.–504 с.

19. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Посібник / Боженко Л.І.-Львів.Світ, 2001.-296 с.

20. Технологічна оснастка механоскладального виробництва:Підручник / Бо-ровик А.І.- К.: Кондор, 2008. 726 с.

21. Пекеліс Г.Д., Гельберг Б.Т. Технология ремонта металлорежущих станков. – Л., «Машиностроение», 1970. – 320 с.

22. Паспорт верстата.

23. Типовая система технического обслуживания и ремонта металлорежущего оборудования / ред.В.И. Клягин, Ф.С. Сабиров. – М.: «Машиностроение», 1988. - 672 с.

24. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий. / ред.. Якобсона М.О. – М.: «Машиностроение», 1967. – 550 с.

25. В.Ц. Жидецкий «Основы охорони праці», підручник - Львів, Афіша, 2000.

26. Закон України “ Про охорону роботи”.- Харків, Форт, 2003.- 32с.

27. Нова Конституція України. Текст Основного Закону. Огляд і коментарі./ Під ред. В.Ф. Погорілко.- К.: Наукова думка, 1996.- 134с.

28. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основы охорони роботи. Навчальний посібник. Вид.4-ті доповнене. - Львів: Афіша, 2000.- 351с.

29. технолога-машиностроителя. /Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1985.- Т.1

30. Справочник технолога-машиностроителя. /Под ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К. – М.: Машиностроение, 1985.- Т.2.

						КНУ.КМР.131.24.1-07.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

ДОДАТКИ

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.Д</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Додатки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Касянець</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23м</i>		

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

до кваліфікаційної магістерської роботи

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка технологічного процесу капітального ремонту
верстата мод. 2Н55 з відновленням та виготовленням деталей
коробки подач за допомогою САПР технологій

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Касянець О.В.

Керівник КМР

(підпис)

Нечасєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечасєв В.П.

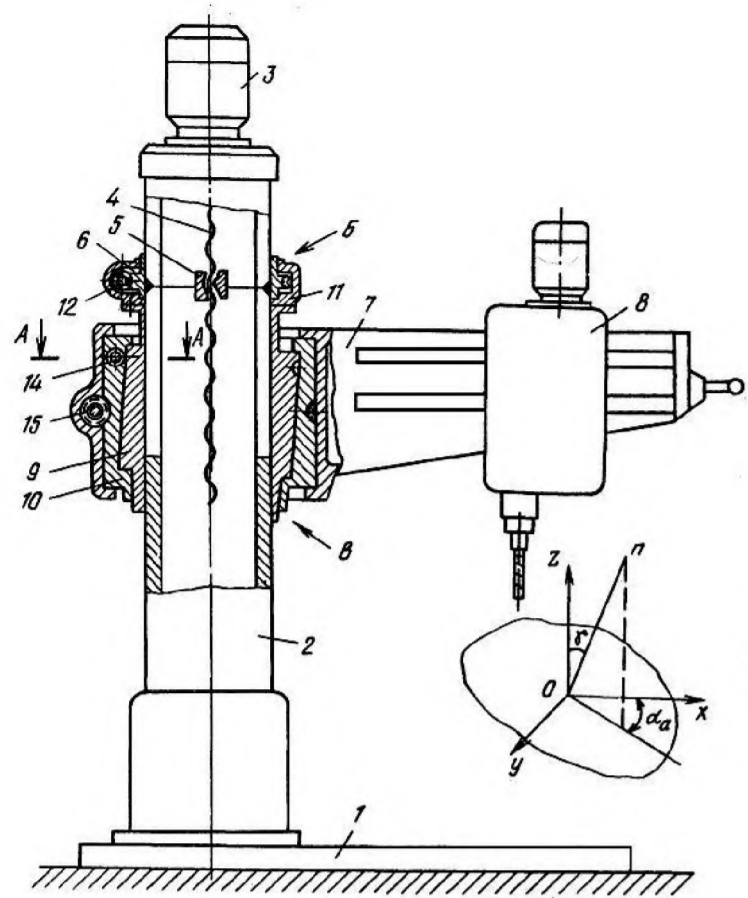
Завідувач кафедри

(підпис)

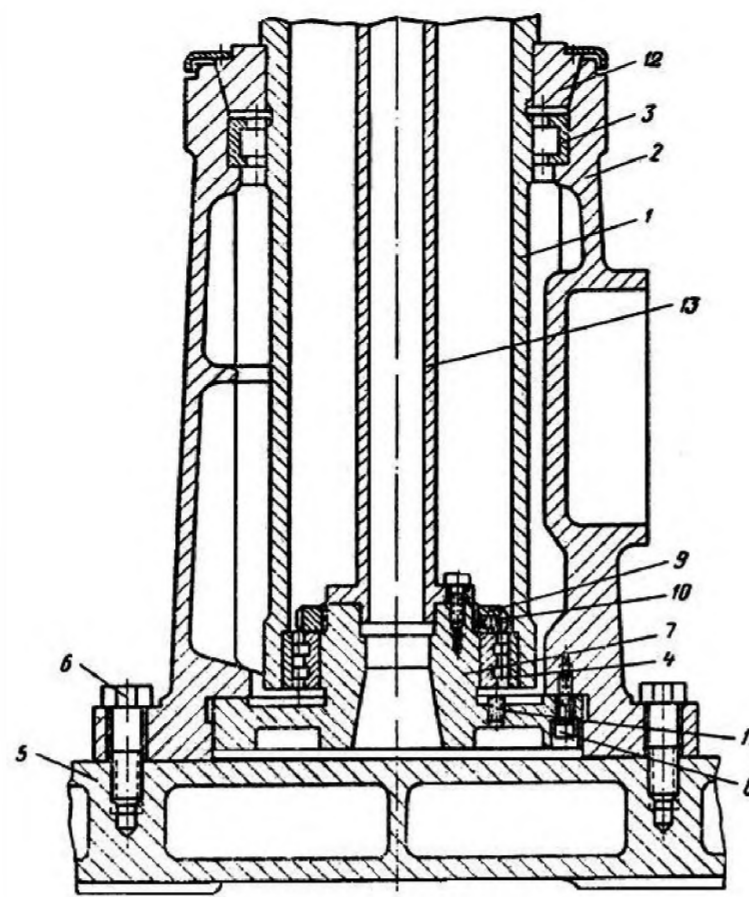
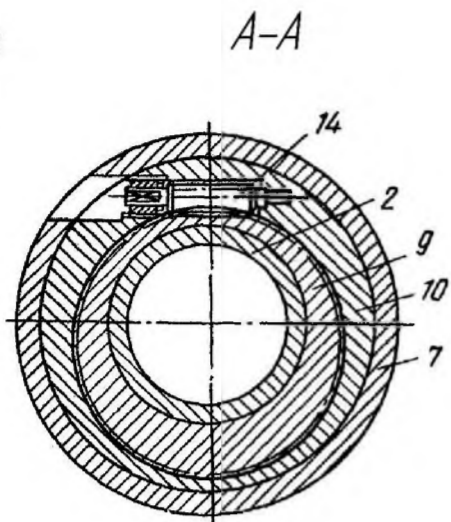
Рязанцев А.О.

Формат	Зона	Поз.	Обозначення	Найменування	Кол.	Примечание
<i>Креслення</i>						
A1		1	КНУ.КМР.131.24.1-07.КПСК	Коробка подач верстата мод. 2Н55 (складальне креслення)	1	
A1		2	КНУ.КМР.131.24.1-07.ТПС	Технологічний процес складання коробки подач верстата мод. 2Н55	1	
A3		3	КНУ.КМР.131.24.1-07.ВШ	Вал шліцьовий	1	
A1		4	КНУ.КМР.131.24.1-07.ЕВ	Ескізи відновлення	1	
A2		5	КНУ.КМР.131.24.1-07.КЧ	Колесо черв'ячне	1	
A4		6	КНУ.КМР.131.24.1-07.КЧВ	Колесо черв'ячне (виливка)	1	
A2		7	КНУ.КМР.131.24.1-07.ЕО	Ескізи операцій	1	
A2		8	КНУ.КМР.131.24.1-07.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A1		9	КНУ.КМР.131.24.1-07.ПВТ	Протокол випробовувань на точність верстата мод. 2Н55	1	
A3		10	КНУ.КМР.131.24.1-07.КП	Контрольний пристрій	1	
A1		11	КНУ.КМР.131.24.1-07.НДЧ	Науково-дослідна частина	1	
КНУ.КМР.131.24.1-07.ВКІЗА						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата
Разрад. Касянець						
Пров. Нечаєв						
Н.контр. Нечаєв						
Утв. Рязанцев						
Відомість креслень та інформаційно-засвідчуючих аркушів КМР				Лит.	Лист	Листов
				Н		1
Кафедра ТМ гр. ПМ-23м				Лит.	Лист	Листов
				Н		1
Копіював				Формат	А4	

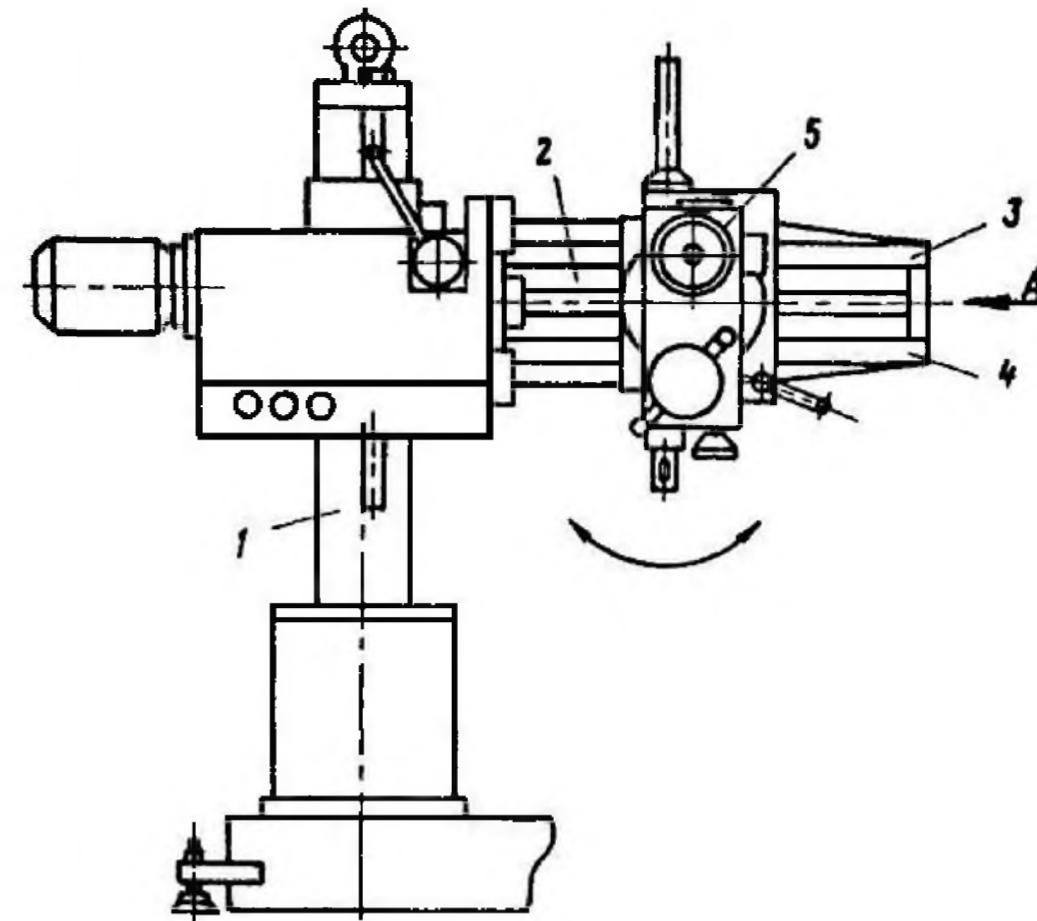
Модернізація вузлів радіально-свердильного верстата моделі 2Н55



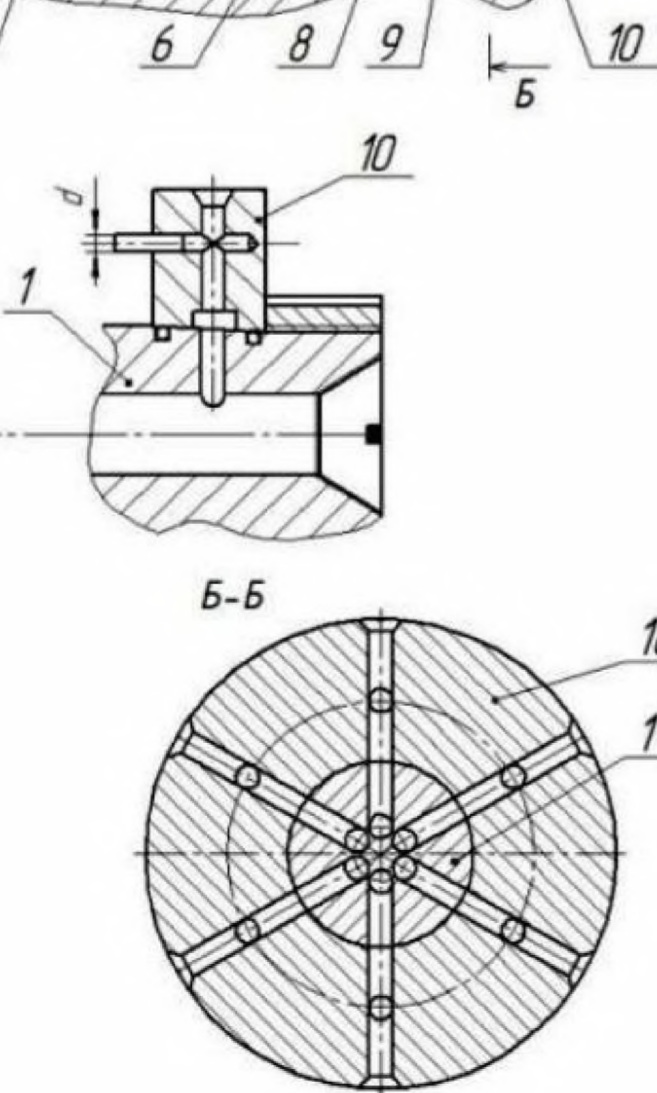
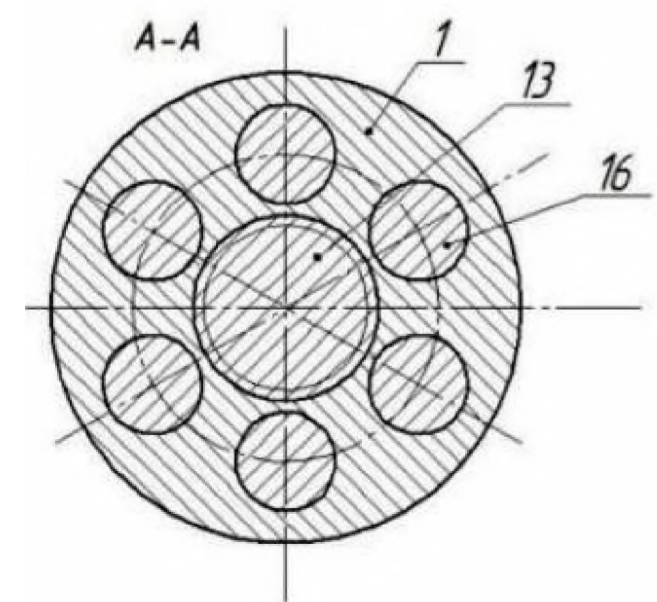
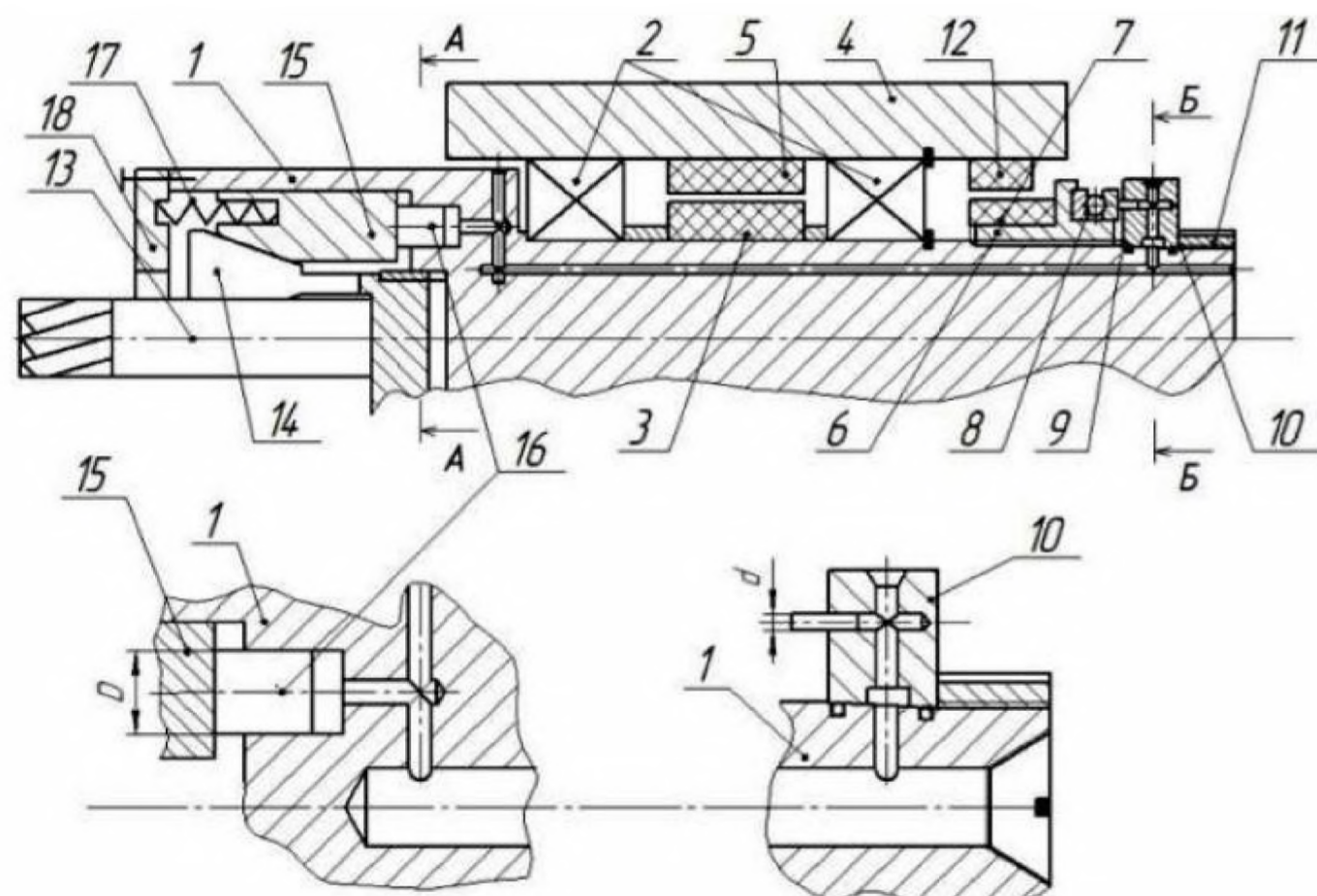
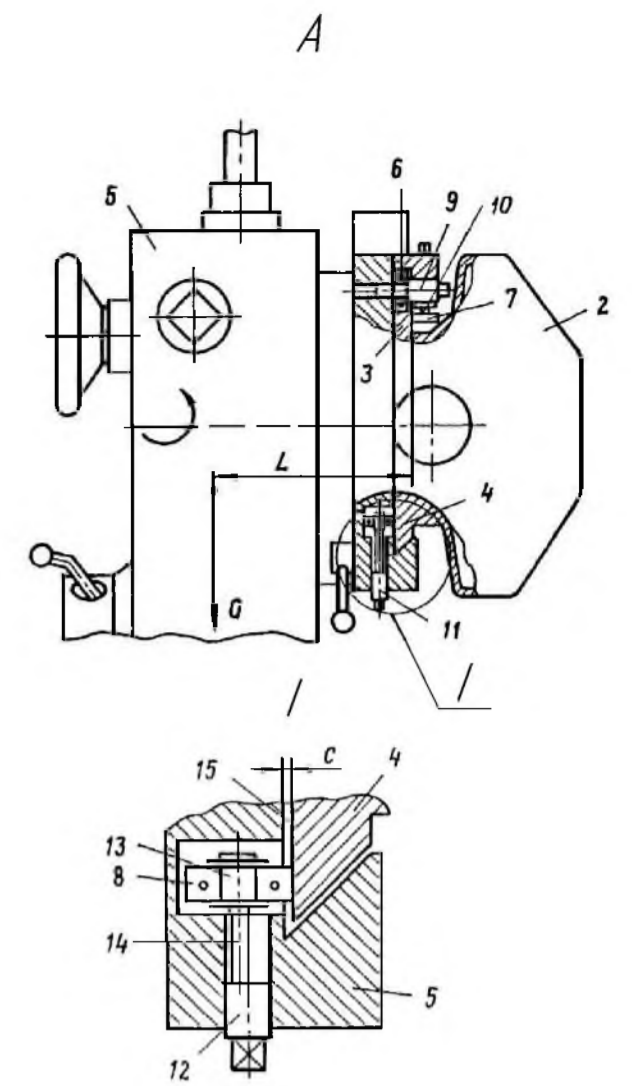
Рукав радіально-свердильного верстата



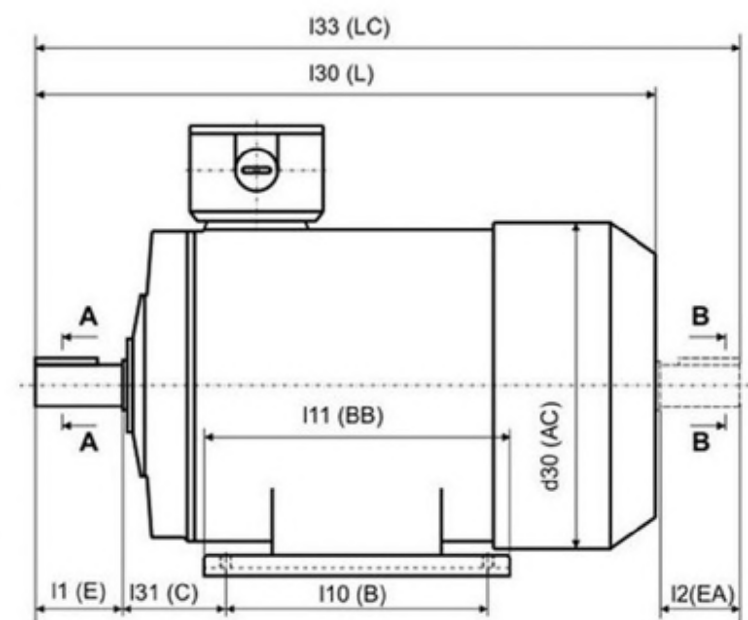
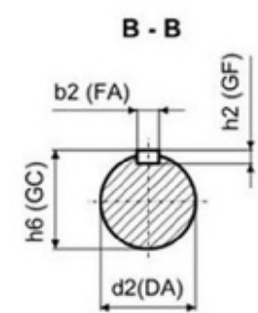
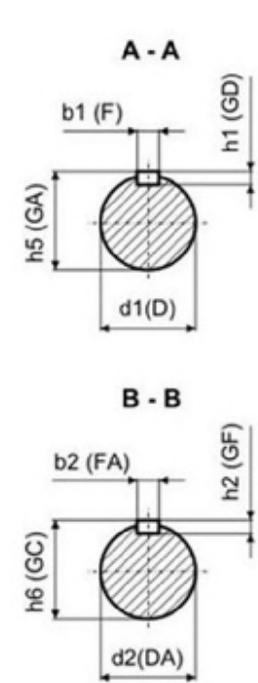
Колона радіально-свердильного верстата



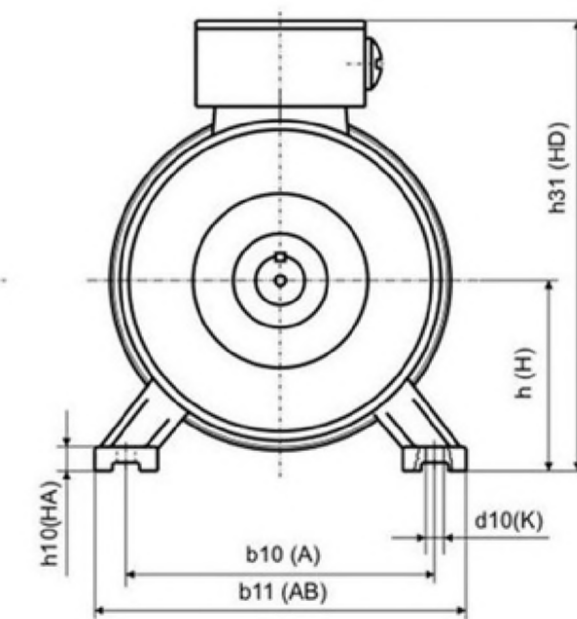
Рукав радіально-свердильного верстата



Вузол шпинделя верстата з електрогідромеханічним затискачем і концентричним розміщенням замкнutoї гідросистеми

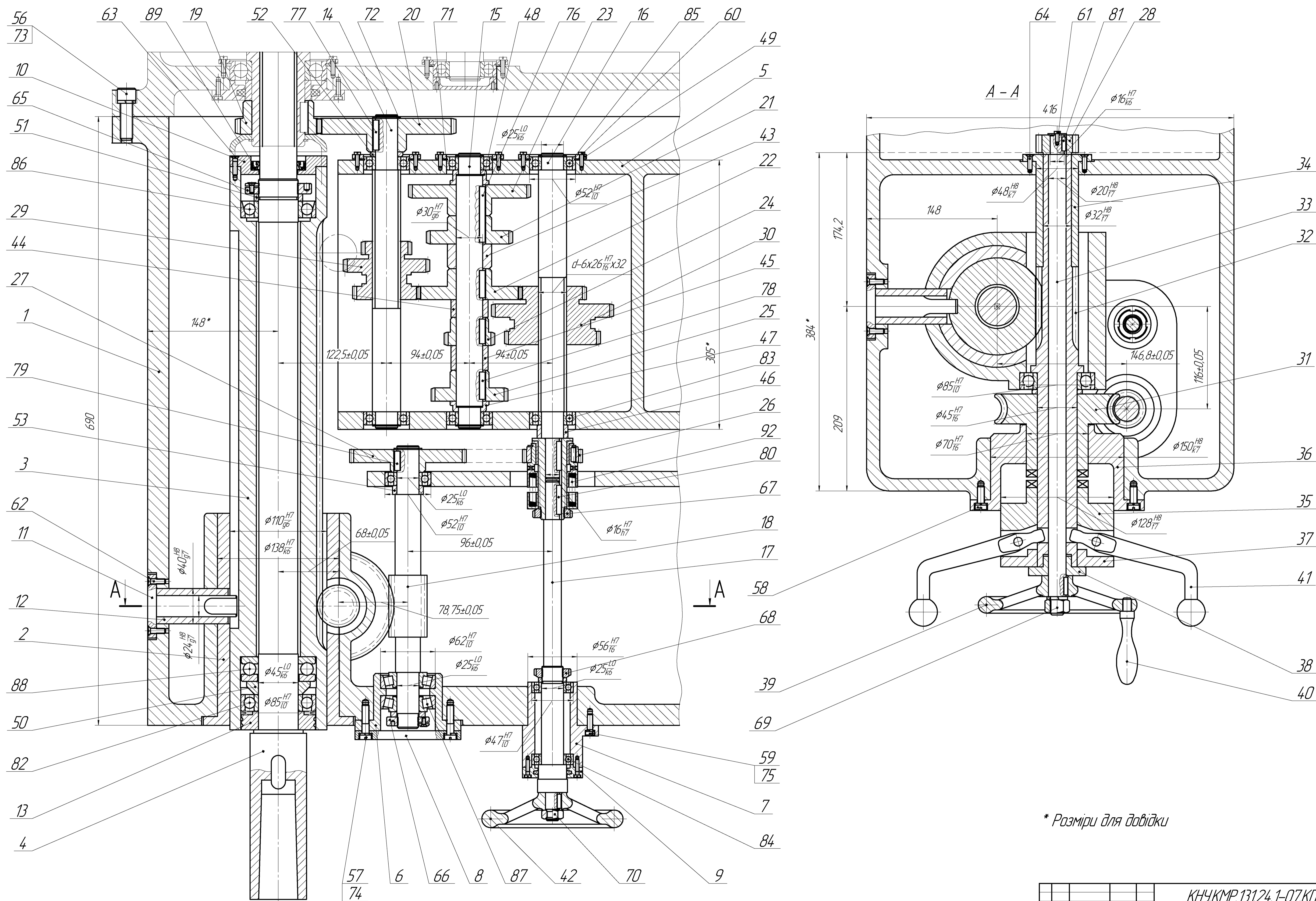


Асинхронний двигун з короткозамкненим ротором серії 160S6Y3



Оптический датчик Renishaw OMP60

				КНУКМР.13124.1-07НДЧ			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Науково-дослідна частина	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Косянець				Н		
Керівник	Нечасів			Лист	Листів	1	
Н.контр.	Нечасів			Кафедра ТМ			
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-23М			



* Розміри для довідки

КНУКМР.13124.1-07.КПСК				Лист	Маса	Масштаб
Коробка подач верстата мод 2Н55 (складальне креслення)				Н		12
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Лист	Листів	1
Розробив	Косаченко			Кафедра ТМ гр. ПМ-23М		
Керівник	Нечасов					
Начальник	Нечасов					
Затв.	Рязанцев					

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						<i>Документация</i>			
		A1			<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.КПСК</i>	<i>Коробка подач верстата мод. 2М55</i>	1		
						<i>Детали</i>			
				1		<i>Корпус шпиндельной бабки</i>	1		
				2		<i>Стакан направляющий</i>	1		
				3		<i>Пинополь</i>	1		
				4		<i>Шпиндель</i>	1		
				5		<i>Корпус коробки подач</i>	1		
				6		<i>Стакан опорный</i>	1		
				7		<i>Стакан опорный</i>	1		
				8		<i>Кришка опоры</i>	1		
				9		<i>Кришка опоры</i>	1		
				10		<i>Кришка пиноли</i>	1		
				11		<i>Палець-шпонка</i>	1		
				12		<i>Втулка базова</i>	1		
				13		<i>Диск маслозащитный</i>	1		
				14		<i>Вал</i>	1		
				15		<i>Вал</i>	1		
				16		<i>Вал</i>	1		
				17		<i>Вал</i>	1		
				18		<i>Вал-червяк</i>	1		
				19		<i>Колесо зубчатое</i>	1	<i>Z=37, m=2,5</i>	
					<i>КНУ.КМР.131.24.1-07.КПСК</i>				
		<i>Изм. Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
		<i>Разраб. Косянец</i>	<i>Проб. Нечаев</i>			<i>Лит. В П Б</i>	<i>Лист 1</i>	<i>Листов 4</i>	
		<i>Н.контр. Нечаев</i>	<i>Утв. Рязанцев</i>			<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23м</i>			
					<i>Коробка подач верстата мод. 2М55</i>				
					<i>Копировал</i>			<i>Формат А4</i>	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		20		Колесо зубчасте	1	Z=61,m=2,5
		21		Колесо зубчасте	1	Z=47,m=2,0
		22		Колесо зубчасте	1	Z=57,m=2,0
		23		Колесо зубчасте	1	Z=68,m=2,0
		24		Колесо зубчасте	1	Z=27,m=2,0
		25		Колесо зубчасте	1	Z=42,m=2,0
		26		Колесо зубчасте	1	Z=32,m=2,0
		27		Колесо зубчасте	1	Z=64,m=2,0
		28		Колесо зубчасте	1	Z=14,m=3,0
		29		Блок зубчастих коліс	1	Z=27,36,47
		30		Блок зубчастих коліс	1	Z=36,53,68
		31		Колесо черв'ячне	1	Z=40,m=3,0
		32		Вал-колесо реєчне	1	Z=14,m=3,0
		33		Вал маховика	1	
		34		Стакан опорний	1	валу-рейки
		35		Ступиця-напівмуфта	1	
		36		Стакан опорний	1	черв.колеса
		37		Кришка опорна	1	
		38		Кришка опорна	1	
		39		Маховик	1	
		40		Рукоятка маховика	1	
		41		Рукоятка включення подачі	2	
		42		Маховик	1	
		43		Втулка дистанційна L=28	1	D=50
		44		Втулка дистанційна L=20	1	D=42
		45		Втулка дистанційна L=28	1	D=42
		46		Втулка дистанційна L=15	1	D=35
		47		Втулка опорна	1	
		48		Втулка опорна	1	L=
		49		Диск опорний притискний	3	
		50		Кільце опорне	1	
		51		Кільце упорне	1	D=55

Інв. № подл.	Подп. и дата
	Взам. інв. №
Інв. № дубл.	Подп. и дата
	Інв. № дубл.
Інв. № подл.	Подп. и дата
	Взам. інв. №
Інв. № дубл.	Подп. и дата
	Інв. № дубл.

КНУ.КМР.131.24.1-07.КПСК

Лист

2

Копировав

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		52		Кільце упорне	1	D=38
		53		Кільце упорне	1	D=35
				<u>Стандартные изделия</u>		
		56		Гвинт M14 x 55 DIN 7984	12	
		57		Гвинт M8x35 ISO 1207	4	
		58		Гвинт M8x22 ISO 1207	6	
		59		Гвинт M6x20 ISO 1207	4	
		60		Гвинт M4x14 ISO 1207	12	
		61		Гвинт M4x10 ISO 1207	1	
		62		Гвинт M6x20 DIN 965	6	
		63		Гвинт M5x22 DIN 965	4	
		64		Гвинт M5x18 DIN 965	6	
		65		Гайка 7003-144 DIN 935	1	
		66		Гайка 7003-137 DIN 935	1	
		67		Гайка M27x1,5 DIN 1804	1	
		68		Гайка M24x1,5 DIN 1804	1	
		69		Гайка M16x1,5 ISO 4032	1	
		70		Гайка M14x1,5 ISO 4032	1	
		71		Кільце A 52 DIN 5417	3	
		72		Кільце A 25 DIN 5417	6	
		73		Шайба 14 H DIN 127	12	
		74		Шайба 8 H DIN 127	10	
		75		Шайба 6 H DIN 127	4	
		76		Шпонка 8x7x63 DIN 6885-1	1	
		77		Шпонка 8x7x35 DIN 6885-1	1	
		78		Шпонка 8x7x39 DIN 6885-1	3	
		79		Шпонка 8x7x22 DIN 6885-1	1	
		80		Шпонка 5x5x32 DIN 6885-1	2	

Инд. № подл.	Подп. и дата			
	Инд. № дубл.			
Инд. № подл.	Взам. инв. №			
	Подп. и дата			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-07.КПСК

Лист

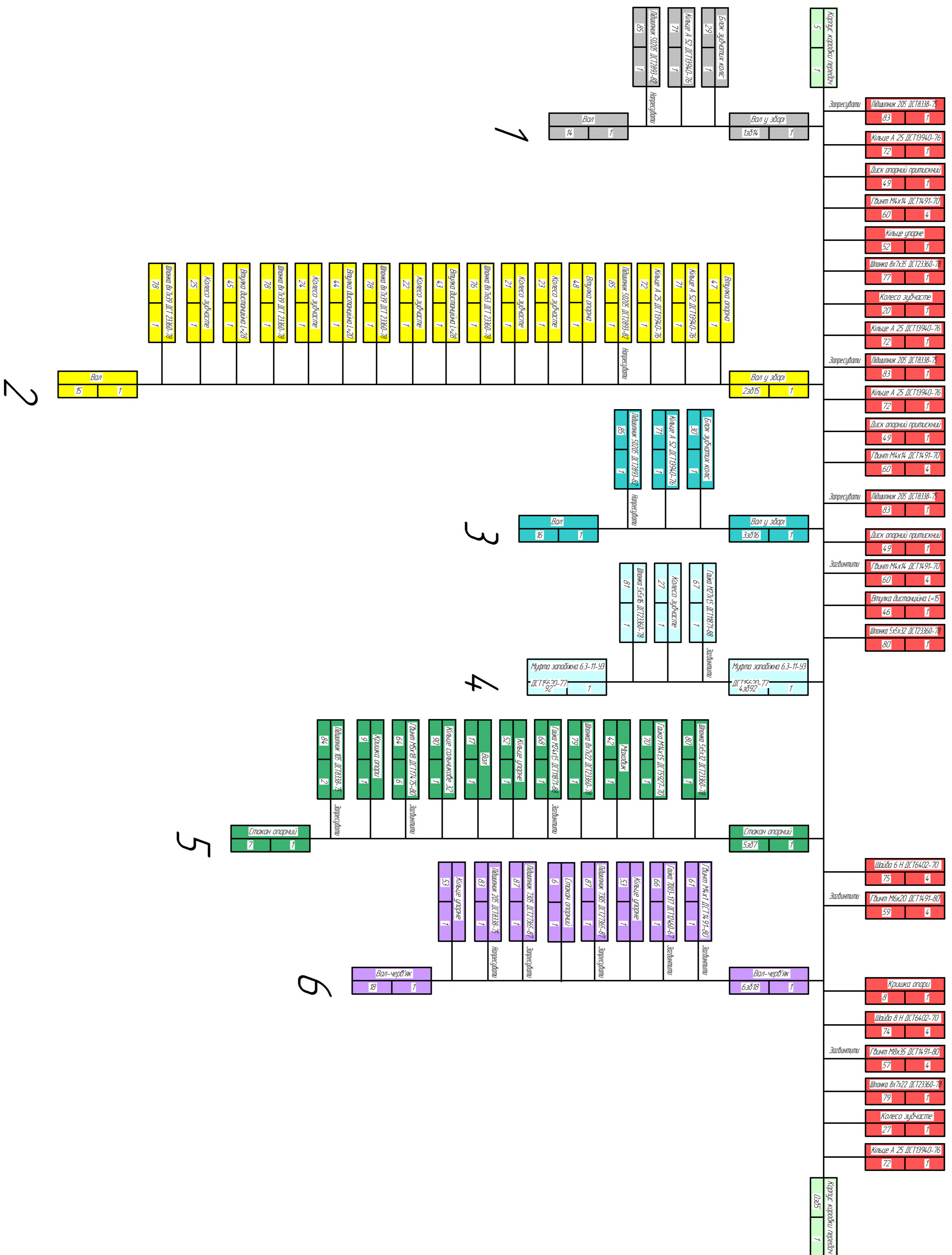
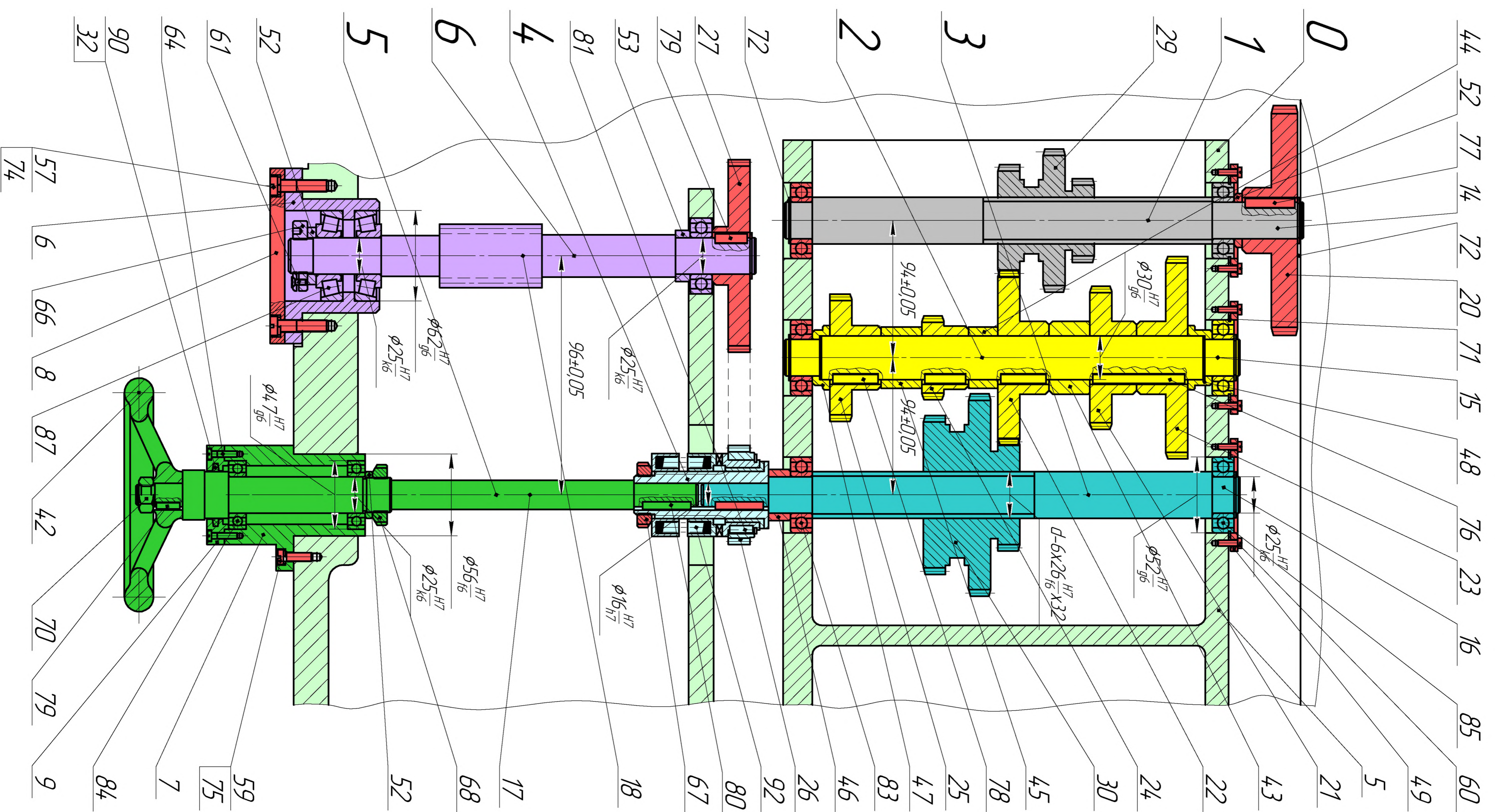
3

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		81		Шпонка 5x5x16 DIN 6885-1	1	
		82		Підшипник 209 DIN 625-1	2	
		83		Підшипник 205 DIN 625-1	3	
		84		Підшипник 105 DIN 625-1	2	
		85		Підшипник 50205 ДСТУ ГОСТ 520:2014	3	
		86		Підшипник 36209 DIN 628-1	1	
		87		Підшипник 7305A DIN 720	2	
		88		Підшипник 8309 DIN 711	1	
		89		Манжета 1-42x62-1 DIN 3760	1	
				<u>Прочие изделия</u>		
		92		Муфта запобіжна 6.3-11-УЗ	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дѣл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-07.КПСК



Знак	№ документа	Лист	Шпонка
Разработчик	Корректор	Корректор	Корректор
Технологический процесс	Складочная коробка подчун	Верста подчун мод. 2H55	Корректор ТМ
Лист	Листов	Лист	Листов
20	1	20	1

КНУКМР.13124.1-07.ТЛС

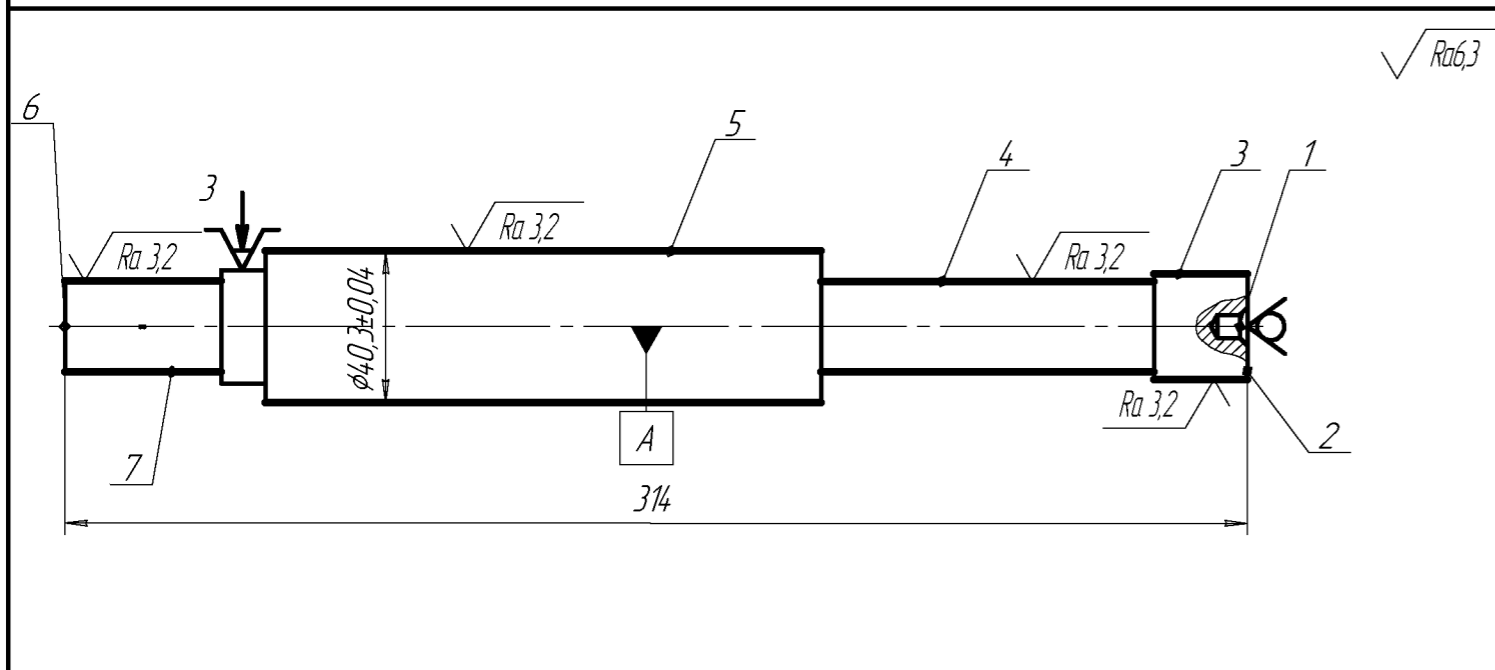
Технологический процесс

Складочная коробка подчун

Верста подчун мод. 2H55

Корректор ТМ

20.11.23

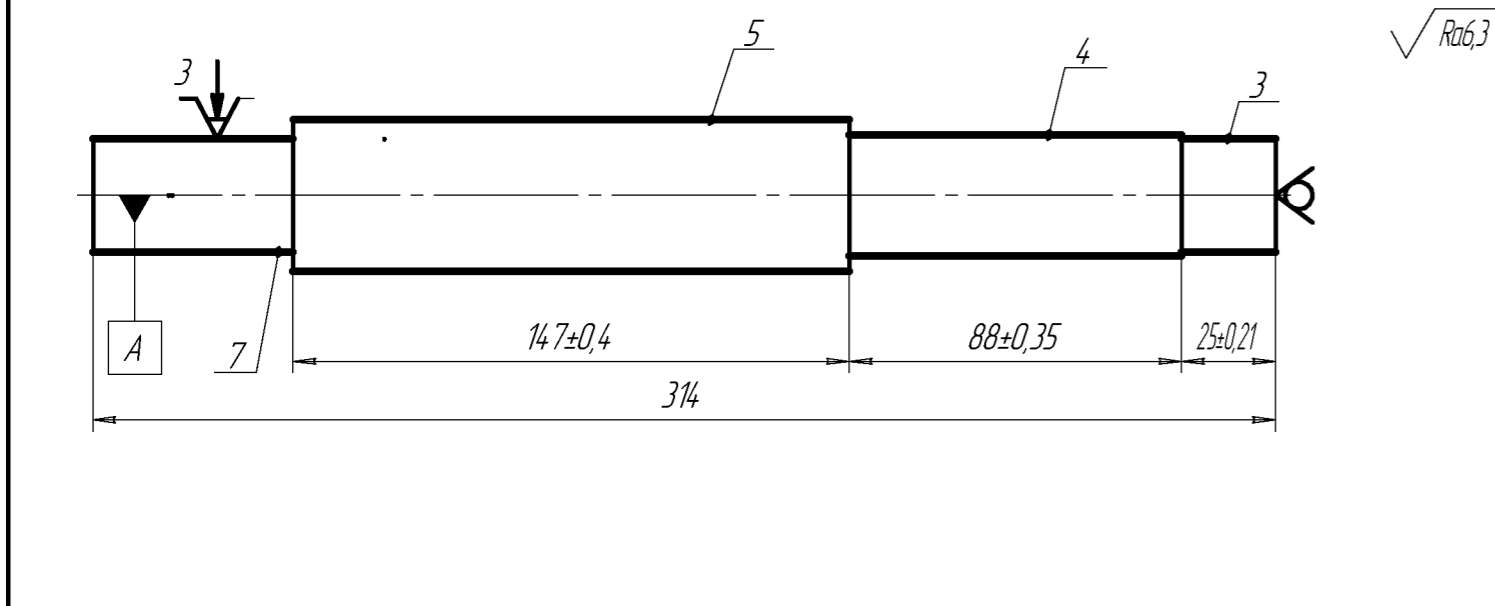


005

Токарна
Інструкція з техніки безпеки
Установити, зняти
1 Прабити центральний отв. пов. 1
2 Точити пов. 2
3 Точити пов. 3
4 Точити пов. 4
5 Точити пов. 5
Б Установити, зняти
1 Прабити центральний отв. пов. 5
2 Точити пов. 6

16К20
Патрон 3-х кулачковий
самоцентруючий
Люнет цеховий рухомий
Центр одертальний

Різець прохідний упорний відігнутий
Т15К10 ДСТУ ГОСТ 18877-2018
Штангенциркуль
ШЦ-ІІ-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166-2009



010

Наплавкова
Інструкція з техніки безпеки
Установити, зняти
1 Наплавити пов. 3
2 Наплавити пов. 4
3 Наплавити пов. 5
Б Установити, зняти
1 Наплавити пов. 7

Блок-верстат 16К20
Наплавна головка А-580
Випрямляч ВС-300
Патрон 3-х кулачковий
самоцентруючий
Центр одертальний

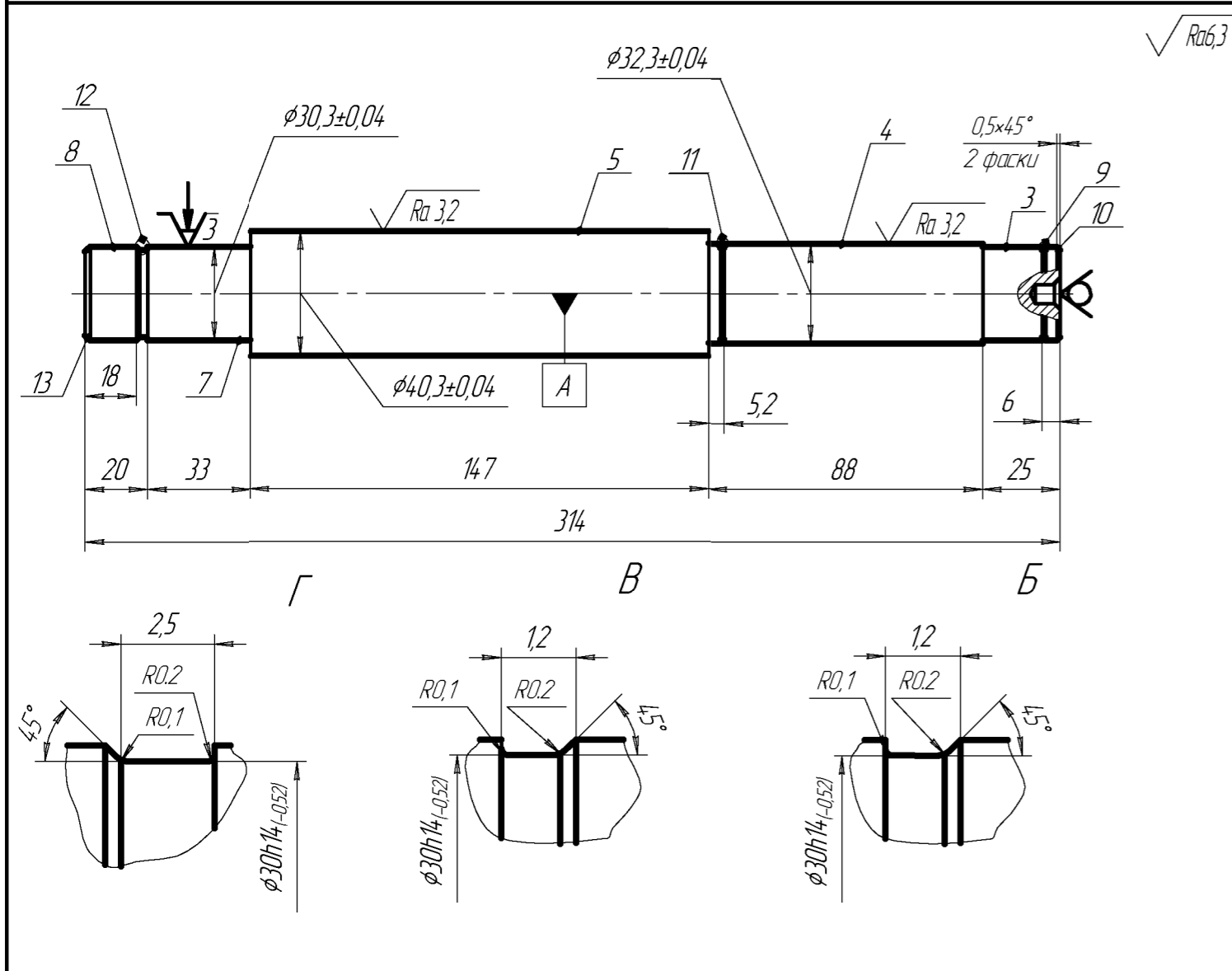
Штангенциркуль
ШЦ-ІІ-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166-2009

Дріт наплавний
Нп-40
Флюс А-348

015

Термічна
Інструкція з техніки безпеки
Установити, зняти
Відпалити валик

СНО8.16

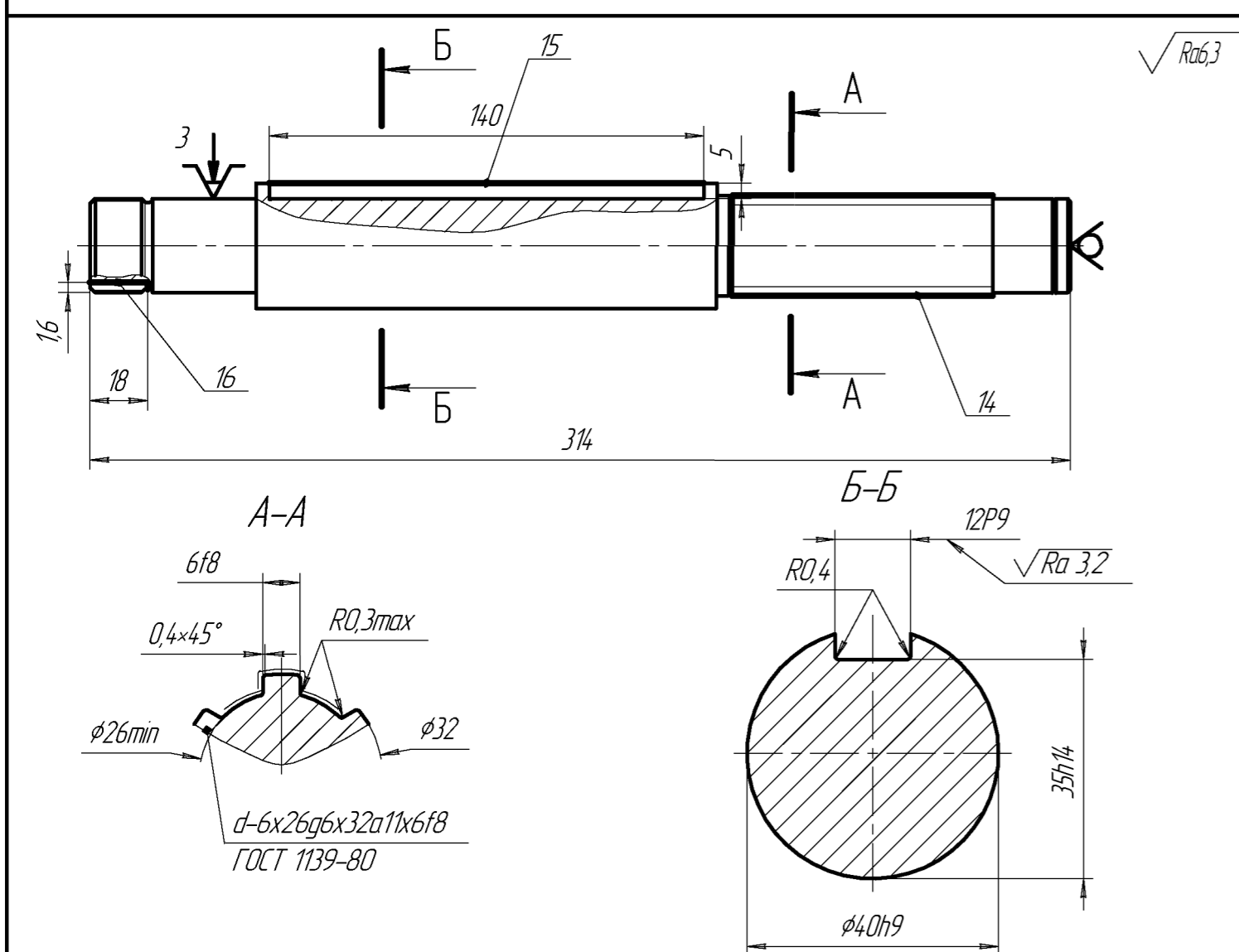


020

Токарна
Інструкція з техніки безпеки
Установити, зняти
1 Точити пов. 3
2 Точити фаску пов. 10
3 Точити канавку 9
4 Точити пов. 4
5 Точити канавку пов. 11
6 Точити канавку пов. 5
Б Установити, зняти
1 Точити пов. 7
2 Точити канавку 12
3 Точити пов. 8
4 Нарізати різьбу пов. 8
5 Точити фаску пов. 13

16К20
Патрон 3-х кулачковий
самоцентруючий
Центр
Центр одертальний

Різець прохідний упорний відігнутий
Т15К10 ДСТУ ГОСТ 18877-2018
Різець прохідний прямий
Т15К10 ДСТУ ГОСТ 18879-2018
Різець фасочний
Т15К10 ДСТУ ГОСТ 18875-2015
Штангенциркуль
ШЦ-ІІ-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166-2009



025

Фрезерна
Інструкція з техніки безпеки
Установити, зняти
1 Фрезерувати шлиці пов. 14
2 Фрезерувати шпоночний паз пов. 15
3 Фрезерувати паз під стопор пов. 16

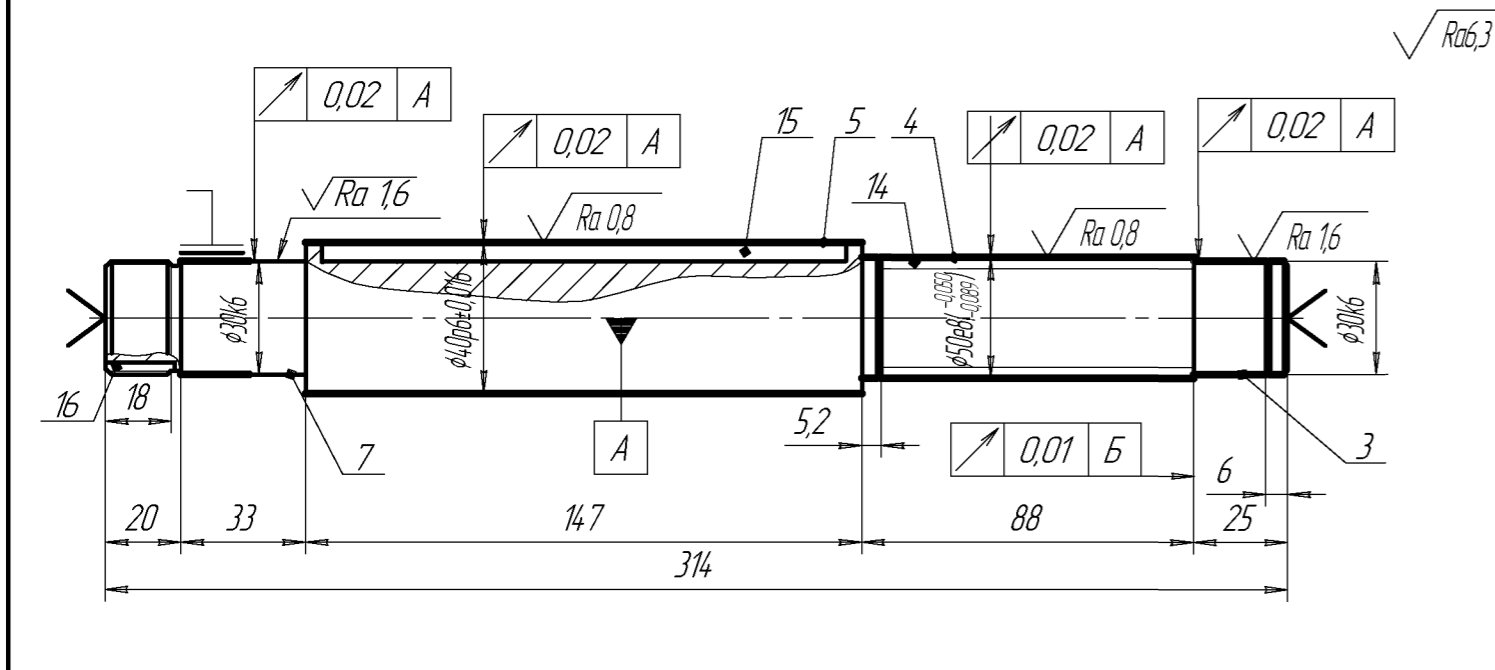
5А312
Головка ділильна
Патрон 3-х кулачковий
самоцентричний
Центр прямий упорний

Фреза дискова Р9
ДСТУ ГОСТ 3755-2018
Фреза кінцева Р9
ДСТУ ГОСТ 17026-2018
Мікрометр МР 0-25
ДСТУ ГОСТ 4381-2009
Штангенциркуль
ШЦ-ІІ-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166-2009

030

Термічна
Інструкція з техніки безпеки
Установити, зняти
Гартувати пов. 3, 6, 2, 7, 5

Генератор ТВ4 /132-67М
Індуктор



035

Шліфувальна
Установити, зняти
1 Шліфувати пов. 3
2 Шліфувати пов. 4
3 Шліфувати шлиці пов. 14
4 Шліфувати пов. 5
5 Шліфувати паз пов. 15
Б Установити, зняти
1 Шліфувати пов. 7
2 Шліфувати пов. 16

3Б161
Патрон повідковий
Хомутик
Центр прямий упорний

Круг ПП350×32×127 25А 25ст3 5К5
ДСТУ ГОСТ 2424-2018
Мікрометр МР 0-25
ДСТУ ГОСТ 4381-2009
Кільце шлицьове
прямокутне МН2968-61
Кільце шлицьове
прямокутне МН2967-61

040

Гальванічна
Інструкція з техніки безпеки
Установити, зняти
1 Поверхні, що не потребують хромодання, покрити пастою ПВХ
2 Хромодати пов. 3, 2, 5 на товщину 0,2мм

Ванна гальванічна стаціонарна,
Гачки

Штангенциркуль
ШЦ-ІІ-250-0,1 ДСТУ ГОСТ 166-2009

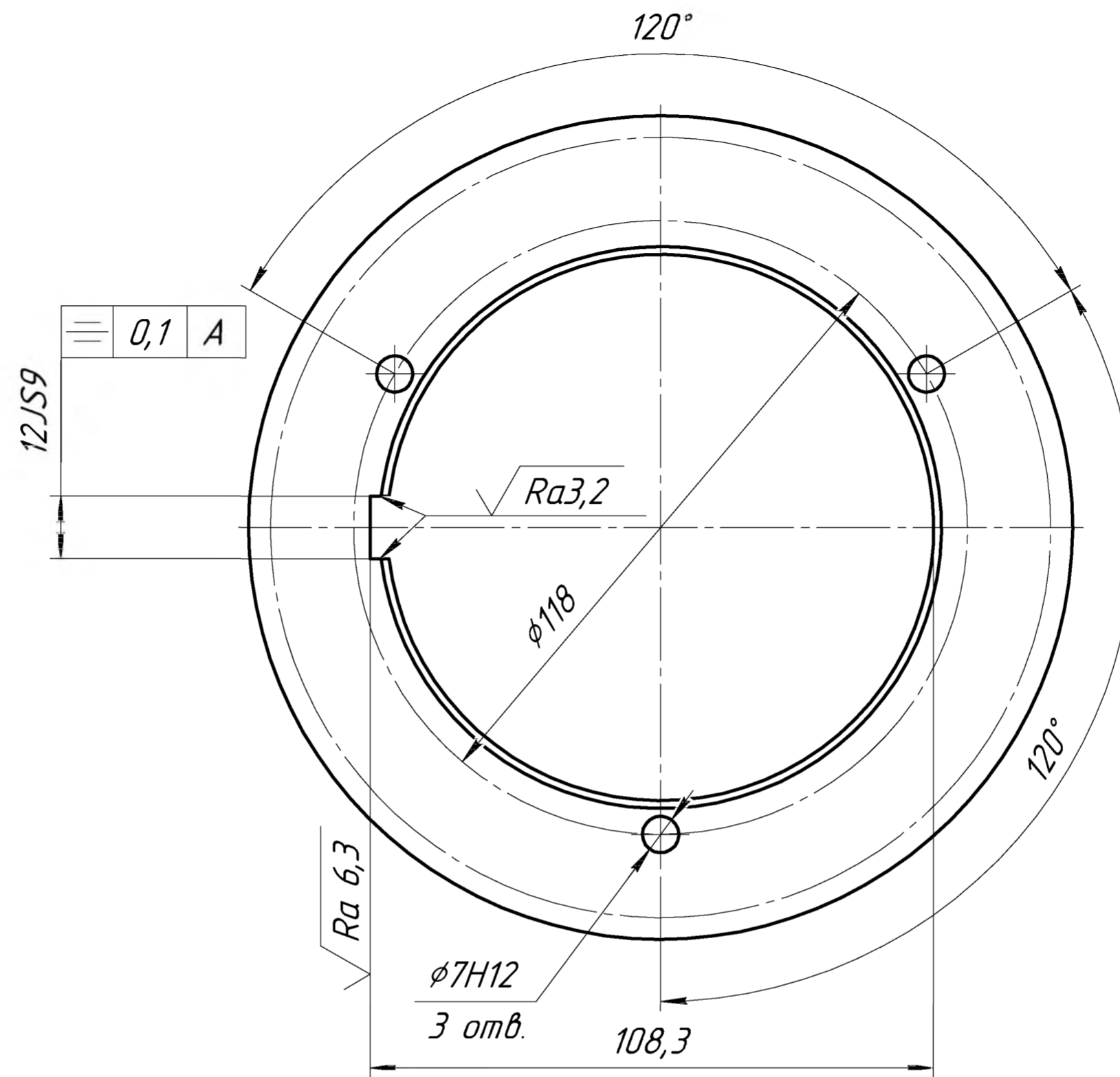
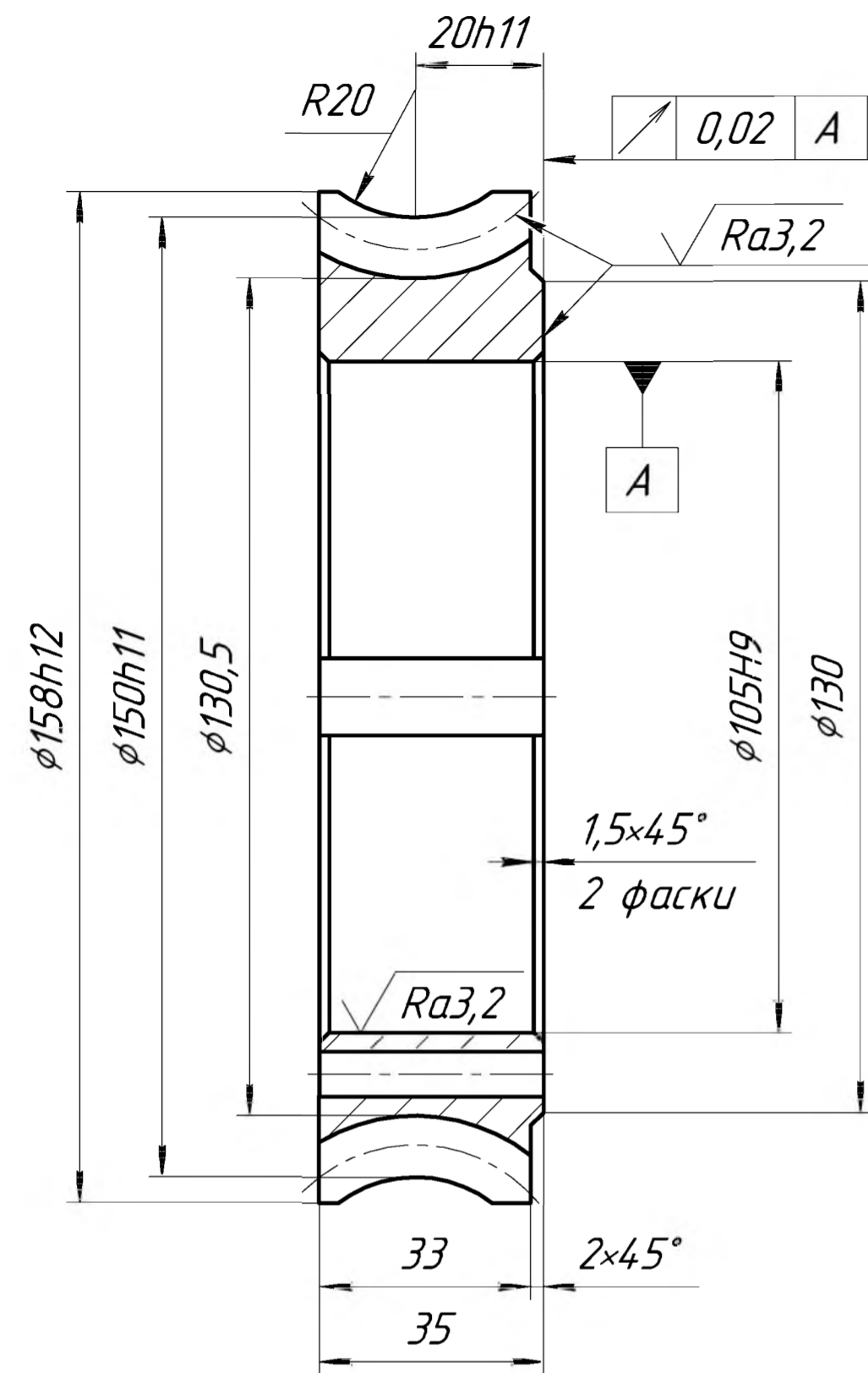
Паста ПВХ
Електроліт №2

045

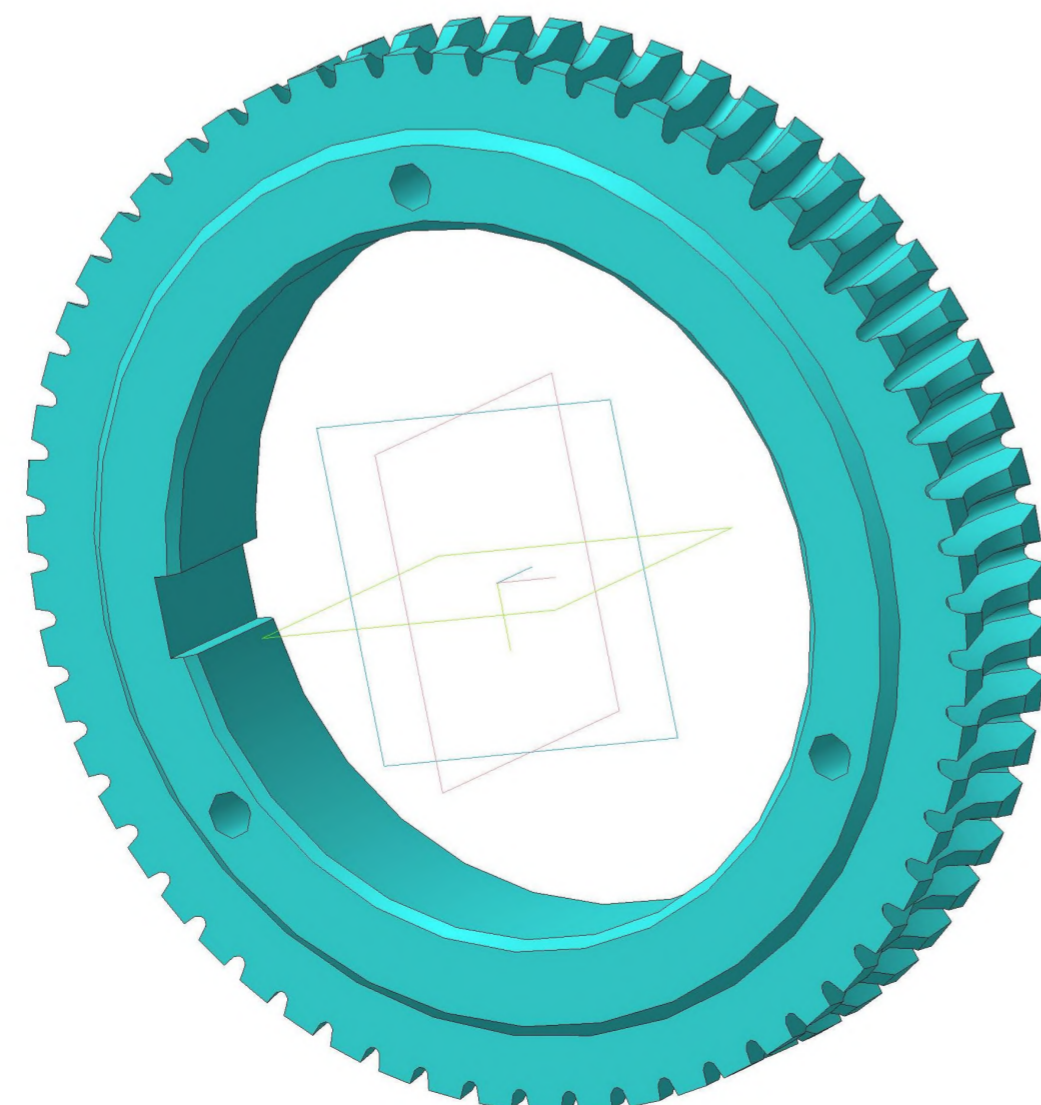
Контрольна
Інструкція з техніки безпеки
Установити, зняти
Контролювати деталь по всім параметрам згідно ремонтно-приспосовувального креслення

Контрольно-перевірочний
інструмент

				КНУКМР.13124.1-07.ЕВ			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Ескізи відновлення	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Касянець				Н		
Керівник	Нецелев				Листів		1
Інж.контр.	Нецелев				Кафедра ТМ гр. ПМ-23м		
Затв.	Рязанцев						



Модуль осевой	m	2,5
Число зубів	Z_r	58
Напрямок витків	-	Лівий
Граничні відхилення міжосьової відстані	ΔB_{aw} ΔH_{aw}	$\pm 0,055$
Граничні відхилення середньої площини колеса	ΔB ΔH_g	$\pm 0,055$
Ступінь точності ГОСТ 1643-81	-	8-G
Міжосьова відстань	a_w	95

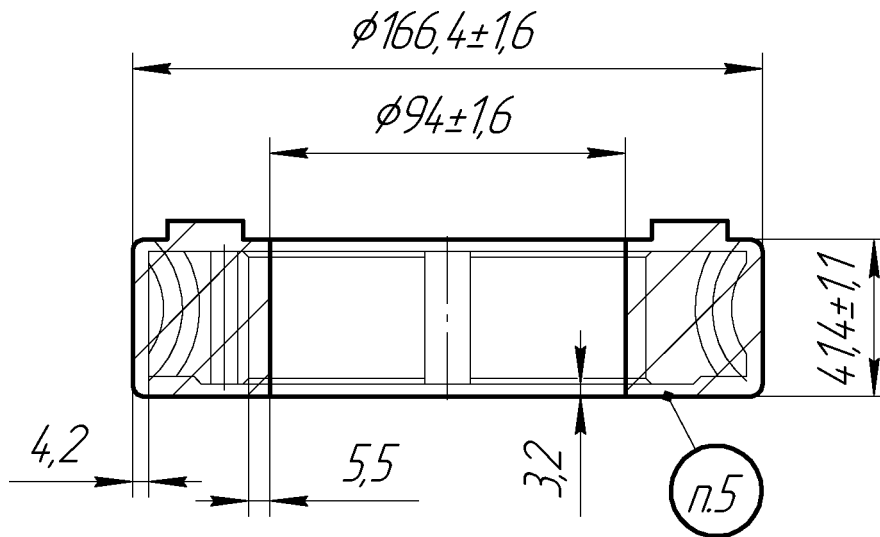


1. Невказані граничні відхилення розмірів: $h14, H14, \pm \frac{IT14}{2}$

				КНУ.КМР.131.24.1-07.КЧ			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Колесо черв'ячне	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Косянець				Н	3,5	1:1
Керівник	Нечасів			Лист	Листів	1	
Н.контр.	Нечасів			СЧЗО ДСТУ 8833:2019		Кафедра ТМ	
Затв.	Рязанцев					гр. ПМ-23М	

КНУ.КМР.131.24.1-07.КЧВ

√ Rz 320 (√)

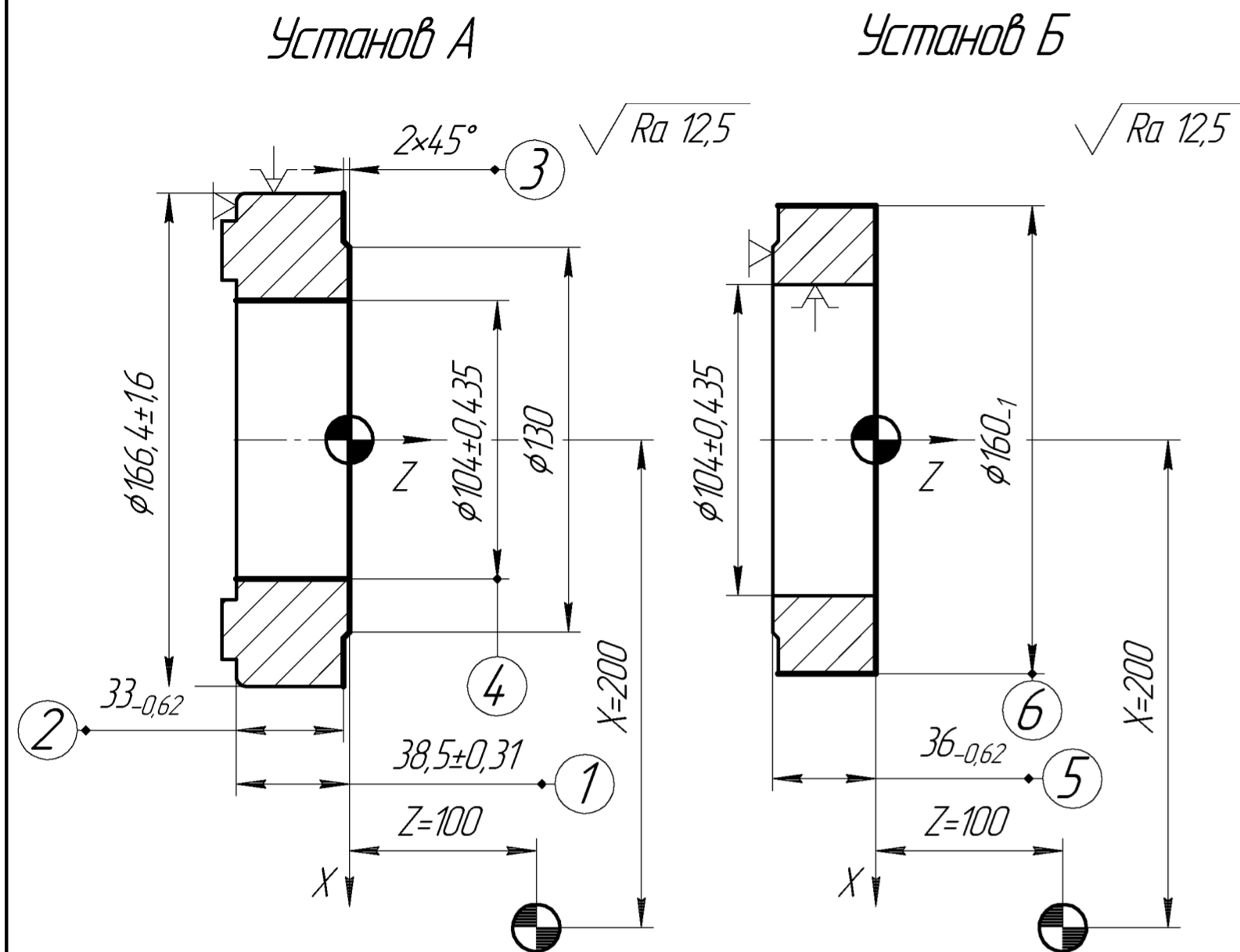


1. Відливка II групи складності
2. Можлива заміна матеріалу на СЧ 35
3. Відпалити до HB 230
4. Поверхню заготовки пескоструїти
5. Місце виміру твердості
6. Точність відливки 10-5-3
7. Невказані формувачні ухили $1^{\circ}3'$
8. Невказані ливарні радіуси 3 мм
9. Контролювати 15% відливок

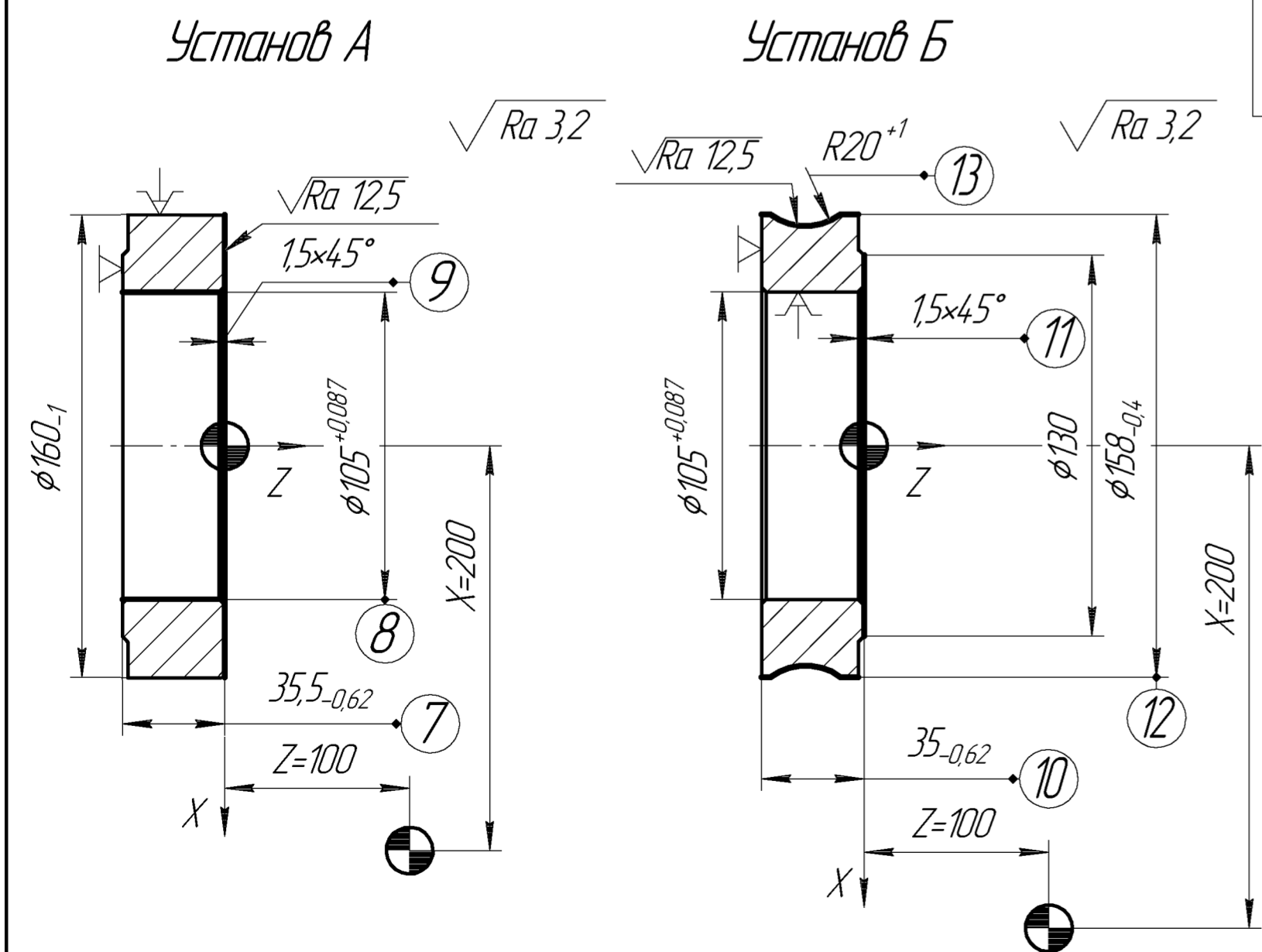
					КНУ.КМР.131.24.1-07.КЧВ		
					Колесо черв'ячне (відливка)		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	H	5,8	1:2
					Листів 1		
					Кафедра ТМ гр. ПМ-23м		
					СЧ30 ДСТУ 8833:2019		
Н.контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев						

Операція 005 Токарна з ЧПК, токарний з ЧПК Srippler TC 65 MC

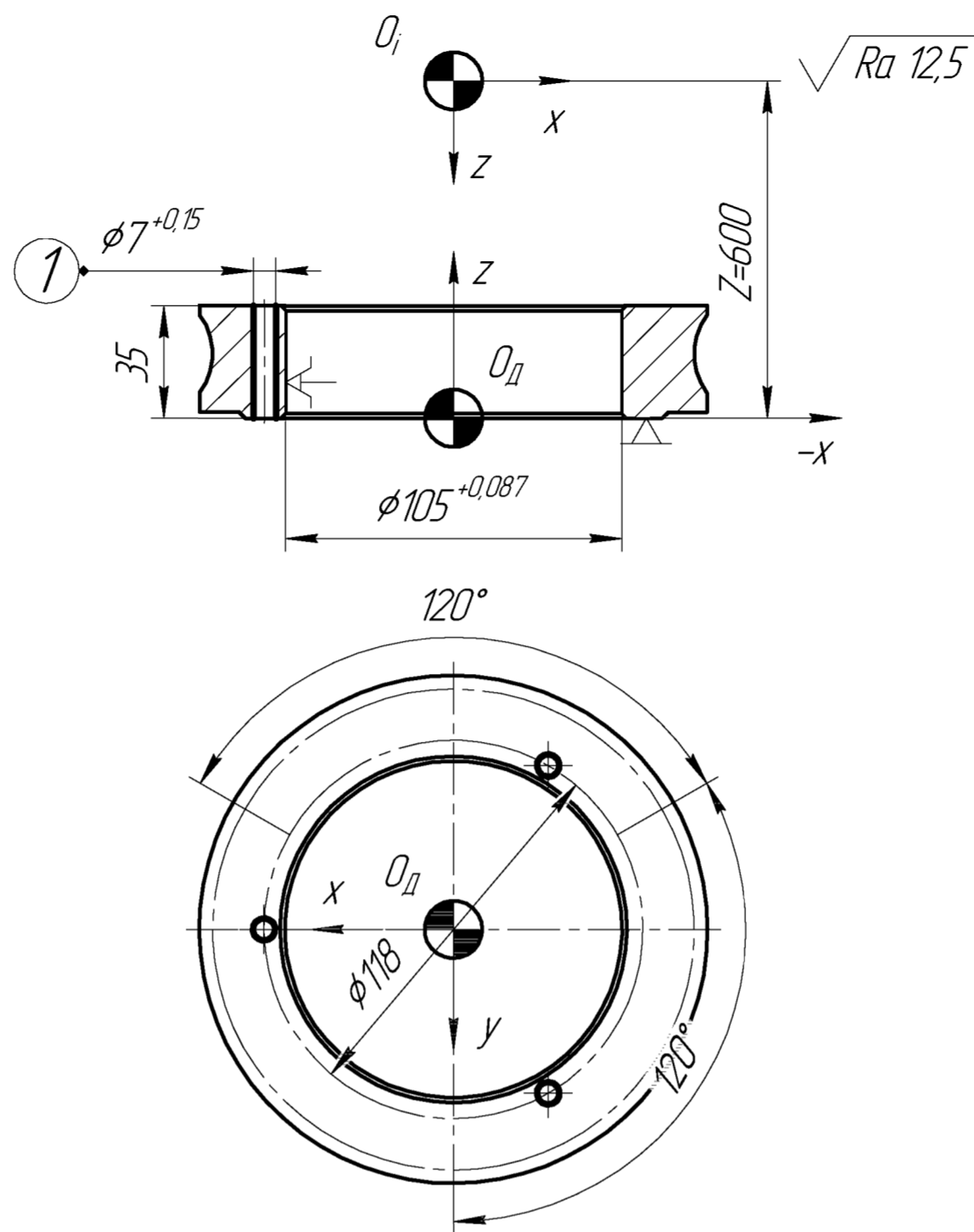
Перехід 1



Перехід 2



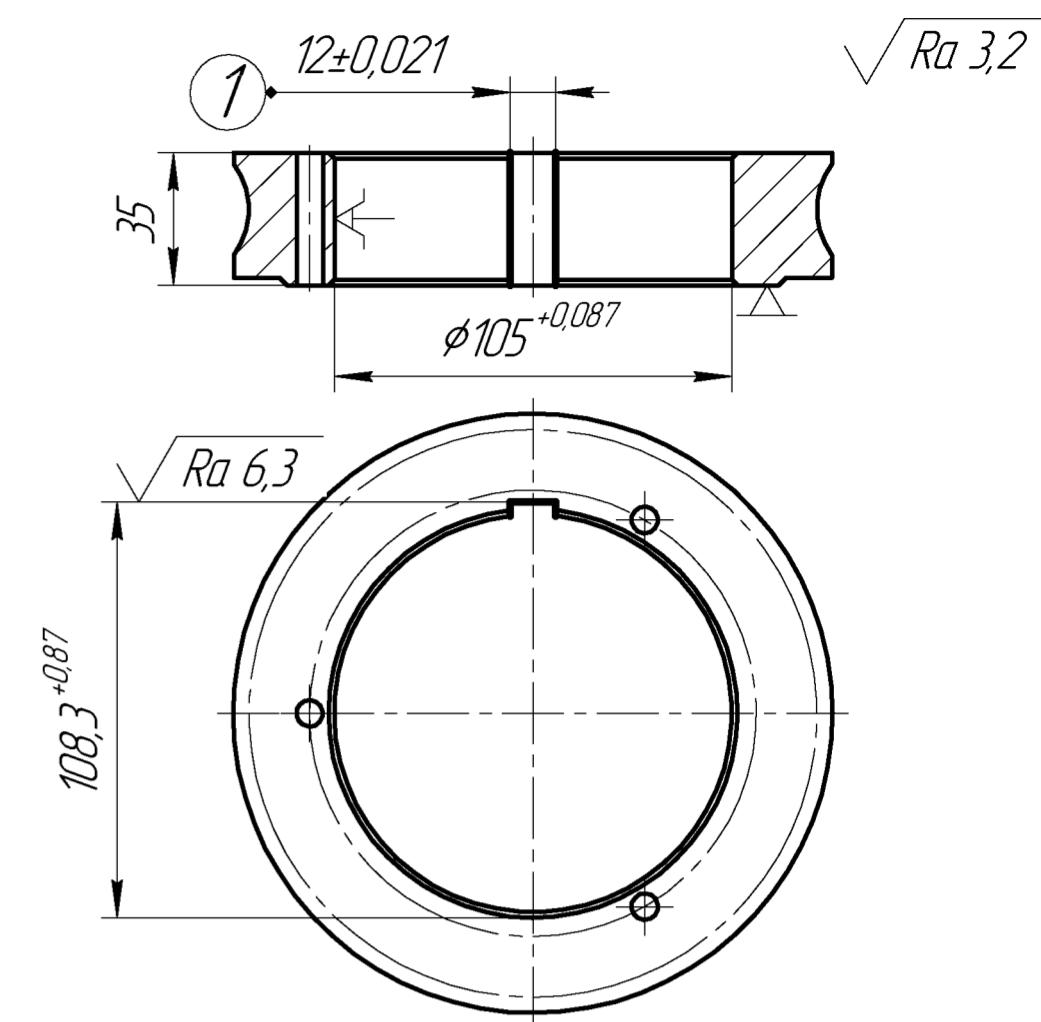
Операція 010 Свердлильна з ЧПК, вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2-1



Центрувати 3 отвори	-	0,38	800	73,2	-	0,78	4,49
Свердлити 3 наскрізних отвори 7мм	3,5	0,3	1400	145	1	1,02	
Зміст переходу	t	S	n	V _c	i	T _о	T _{шт.}
	мм	мм/об	об/хв	м/хв		хв	хв

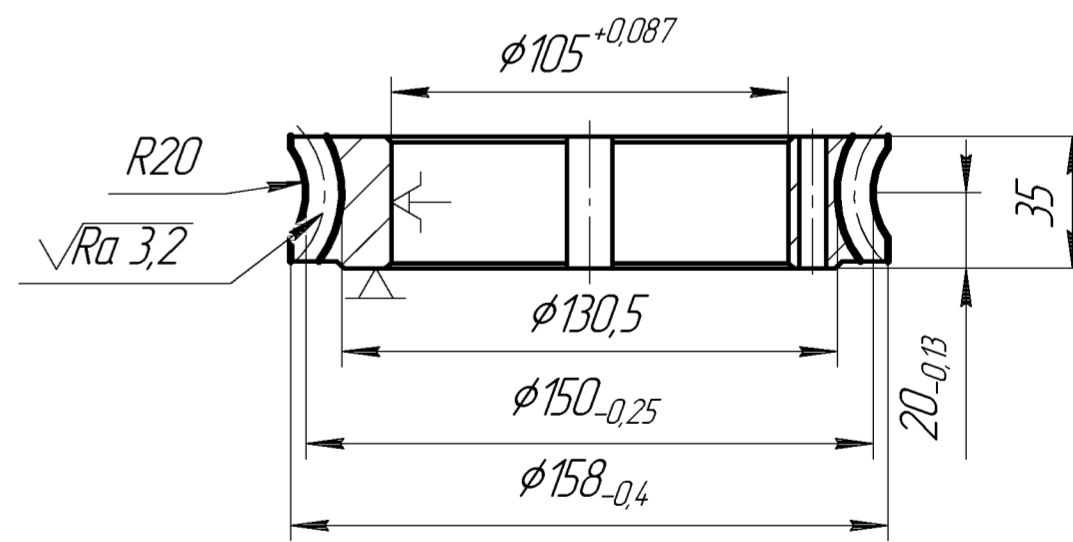
Перехід 1								
Установ А								
Підрізати торець у розмір 1	1,9	0,24	160	150	1	0,6	17,17	
Підрізати торець у розмір 2	3,3	0,24	160	150	2	0,72		
Точити поверхню у розмір 3	2	0,24	160	150	1	0,12		
Розточувати наскрізний отвір 4	39,7	0,6	250	180	4	1,56		
Установ Б								
Підрізати торець у розмір 5	2,5	0,24	160	150	1	0,82	17,17	
Точити циліндричну поверхню 6	6,4	0,24	160	150	3	1,86		
Перехід 2								
Установ А								
Підрізати торець у розмір 7	0,5	0,4	160	140	1	0,42	17,17	
Розточувати наскрізний отвір 8	15	0,4	180	140	2	0,51		
Точити фаску 9	15	0,4	160	140	1	0,1		
Установ Б								
Підрізати торець у розмір 10	0,5	0,4	160	140	2	0,49	17,17	
Точити фаску 11	15	0,4	160	140	1	0,1		
Точити циліндричну поверхню 12	2	0,4	160	140	2	0,53		
Точити радіусну поверхню 13	-	0,24	160	150	4	0,92		
Зміст переходу	t	S	n	V _c	i	T _о	T _{шт.}	
	мм	мм/об	об/хв	м/хв		хв	хв	

Операція 015 Довбальна, довбальний 7Д420



Довбати шпоночний паз в розмір 1	2,5	0,5	-	92	2	18	3,82
Зміст переходу	t	S	n	V _c	i	T _о	T _{шт.}
	мм	мм/об	об/хв	м/хв		хв	хв

Операція 020 Зубофрезерна, вертикальний зубофрезерний 5K301П

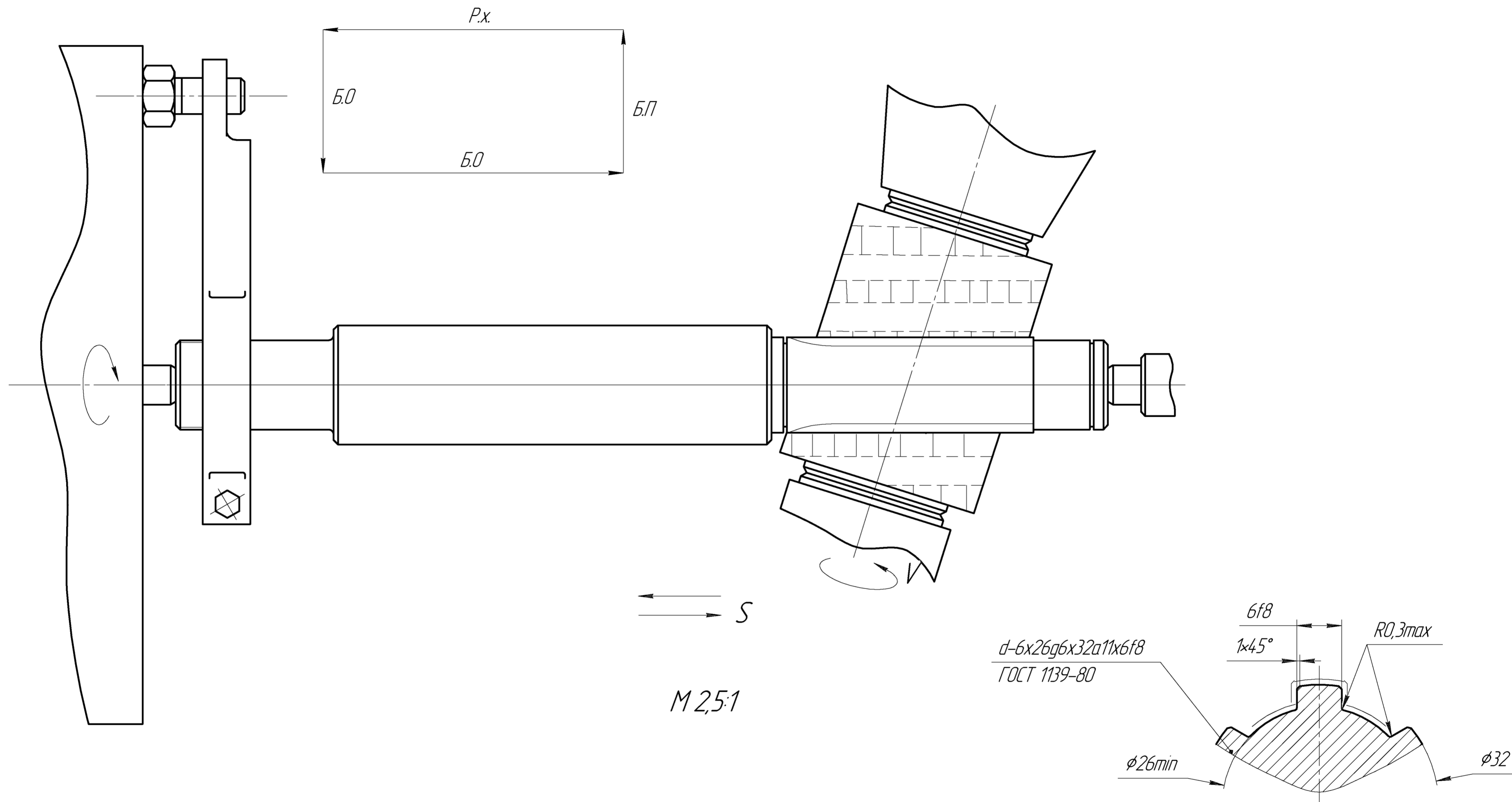


Фрезерувати зуби	9,75	17	140	46,8	2	12,5	15,54
Зміст переходу	t	S	n	V _c	i	T _о	T _{шт.}
	мм	мм/об	об/хв	м/хв		хв	хв

КНУКМР.131.24.1-07.ЕО				Лист	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Н		1:2
Розробив	Косянець			Лист	Листів	1
Керівник	Нечасів			Кафедра ТМ гр. ПМ-23М		
Н.контр.	Нечасів					
Затв.	Рязанцев					

035 Шліцефрезерна

Шліцефрезерний верстат мод. 5А312



Переход	V_c м/мин	S_z мм/об	t , мм	L , мм	t_0 хв
Шліцефрезерування чернове	117,75	1,2	6,5	108	5,25

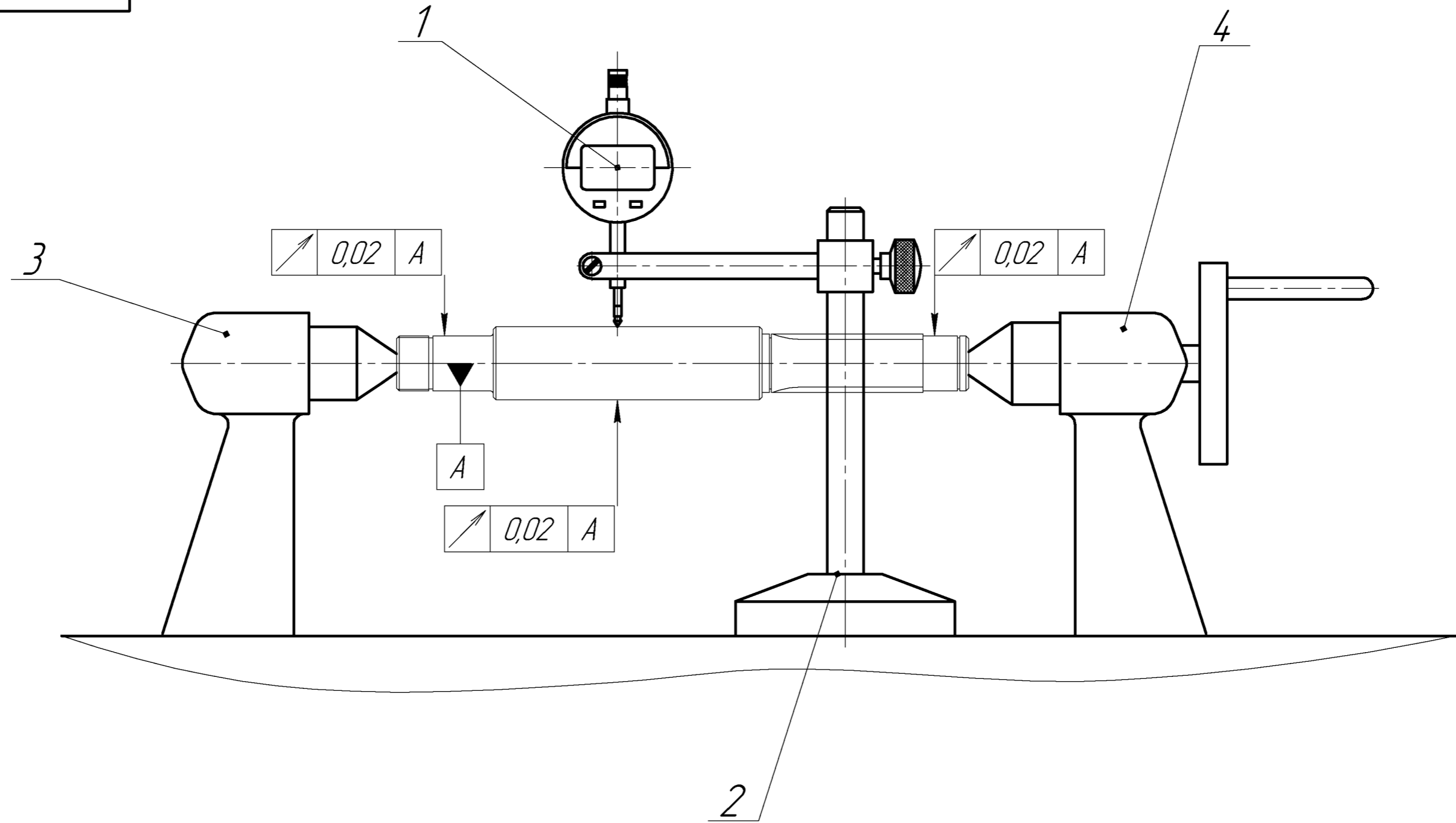
КНУ.КМР.131.24.1-07.ВІН				Лит	Маса	Масштаб
Зм. / Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Н		1:1
Розробив	Касянець			Лист	Листів	1
Керівник	Нечасів			Кафедра ТМ гр. ПМ-23М		
Н.контр.	Нечасів					
Затв.	Рязанцев					

Перевірка верстата моделі 2Н55 на відповідність нормам точності

КНУКМР.13124.1-07.ПВТ

Номер перевірки	Що перевіряється	Схема перевірки	Метод перевірки	Відхилення, мкм	
				Допустиме	Фактичне
1	Площина робочої поверхні фундаментної плити		Рукав встановлюють в середнє положення по висоті на колоні. Свердильну голівку встановлюють в середнє положення на рукаві. Перевірку виконують в двох поперечних і двох діагональних перетинах плити. Перевірку виконують за допомогою рівня. На робочій поверхні плити в заданому напрямі встановлюють рівень. Виміри виконують послідовно від ділянки до ділянки, віддалених один від одної не більше ніж на 360 мм в поперечному напрямі. Початкова точка виміру в контрольованих перетинах повинна лежати від краю плити приблизно на 180 мм в поперечному напрямі.	80	50
2	Паралельність траєкторії переміщення свердильної голівки по рукаві поверхні фундаментної плити		Рукав встановлюють в середнє положення по висоті на колоні. Рукав і колону закріплюють. Перевірочну лінійку встановлюють на опорах паралельно площині фундаментної плити. Кінці лінійки повинні знаходитися від площини на рівній відстані. Вимірвальну голівку закріплюють на шпинделі так, щоб її вимірвальний наконечник торкався робочої поверхні лінійки і був перпендикулярний їй. Свердильну голівку переміщують на всю довжину ходу. Відхилення від паралельності траєкторії переміщення до площини дорівнює найбільшій різниці алгебраїчних показань виміральної голівки.	300	140
3	Паралельність площини повороту рукава робочої поверхні фундаментної плити		Вимір виконують виміральною голівкою, закріпленою на шпинделі так, щоб її вимірвальний наконечник торкався робочої поверхні перевіркової лінійки і був перпендикулярний їй. Перевірочну лінійку встановлюють на опорах на фундаментній плиті паралельно базовій площині. Кінці лінійки повинні знаходитися від площини на рівній відстані. Крайні точки виміру можуть бути розташовані на будь-якій ділянці по ширині базової площини плити. Вимір виконують у трьох положеннях свердильної голівки: на мінімальному вильоті шпинделя (l _{min}), на середині величини ходу голівки (l _{max} -l _{min})/2, та на максимальному вильоті шпинделя (l _{max}). У кожному з трьох положень свердильна голівка має бути затиснута.	50	25
4	Радіальне биття кінцевого отвору шпинделя: 1) діля торця шпинделя 2) на відстані 300 мм		У отвір шпинделя щільно вставляють контрольну оправку з циліндричною робочою поверхнею. На плиті закріплюють вимірвальну голівку, так щоб її вимірвальний наконечник торкався циліндричної поверхні оправки і був направлений до її осі перпендикулярно створюючої. Шпиндель приводять в повільне обертання. Вимір виконують не менше, ніж в двох взаємно перпендикулярних площинах. За радіальне биття приймають найбільший з результатів вимірів. Для виключення з результатів виміру відхилення від співісної посадової і циліндричної поверхні контрольної оправки, виміри виконують чотири рази. Після кожного виміру оправку повертають довкола осі обертання на 90°. Радіальне биття в кожному положенні оправки рівне найбільшій алгебраїчній різниці показань виміральної голівки. Радіальне биття дорівнює середньому арифметичному результату чотирьох вимірів.	1) 16 2) 25	1) 8 2) 10
5	Перпендикулярність осі обертання шпинделя до робочої поверхні фундаментної плити		Перед виміром колону, рукав і свердильну голівку затискають. Гільзу шпинделя висувають на 200 мм. Виміри виконують при послідовному положенні рукава на колоні: у верхньому, середньому і нижньому положенні. У отвір шпинделя вставляється колінчаста оправка з виміральною голівкою так, щоб її вимірвальний наконечник торкався робочої поверхні перевіркової лінійки, встановленої на робочій поверхні фундаментної плити в її поперечному напрямі, а потім в поперечному напрямі. Шпиндель з оправкою повертають на повний оберт. Фіксують показання виміральної голівки через кожні 90°. Відхилення від перпендикулярності осі до площини на довжині 300 мм дорівнює найбільшій алгебраїчній різниці показань виміральної голівки в двох діаметрально розташованих точках. В цьому випадку в результат виміру входить осьове биття шпинделя. Для виключення з результатів виміру осьового биття виміри виконують двічі. Перед другим виміром оправку від'єднують від вузла і повертають довкола осі на 180°. Відхилення від перпендикулярності осі до площини в цьому випадку дорівнює напівсумі результатів двох вимірів діаметрально розташованих точок.	50	30
6	Перпендикулярності траєкторії переміщення шпинделя до робочої поверхні фундаментної плити.		Рукав встановлюють в середнє положення по висоті на колоні. Свердильну голівку встановлюють в середньому положенні на рукаві. Перед виміром колону, рукав і свердильну голівку затискають. На робочій поверхні фундаментної плити встановлюють перевірочну лінійку в її поперечному напрямі, і потім в поперечному напрямі. На середині робочої поверхні лінійки встановлюють перевірочний косиніць однієї зі своїх робочих поверхонь. При цьому інша робоча поверхня збігається з напрямом переміщення. Вимірвальну голівку закріплюють на шпинделі так, щоб її вимірвальний наконечник торкався робочої поверхні перевіркового косинця, паралельно напрямку переміщення, і був перпендикулярний їй. Гільзу шпинделя переміщують на всю довжину ходу. Виміри виконують в двох взаємно перпендикулярних площинах. Відхилення від перпендикулярності траєкторії переміщення до площини дорівнює найбільшій алгебраїчній різниці показань виміральної голівки на всій довжині ходу. З метою виключення з результатів виміру відхилення форми і відносного положення робочих поверхонь косинця, виконують перевстановлення його з поворотом на 180°.	30	20
7	Перпендикулярність осі завантаженого шпинделя до робочої поверхні фундаментної плити: 1) у поперечній площині верстата 2) у поперечній площині верстата		Вимір виконують на максимальному вильоті свердильної голівки у верхньому положенні рукава, при цьому свердильну голівку та рукав закріплюють на фундаментній плиті, встановлюють кранштейн, висота якого має бути така, щоб в зорі з останніми засадами виміру скласти максимальну відстань до торця шпинделя. Дві вимірвальні голівки закріплюють на двох вимірвальних стійках, встановлених симетрично відносно осі шпинделя на базовій плиті так, щоб наконечники вимірників у отвір шпинделя вставляють оправку. Шпиндель відведений. На базовій плиті встановлюють динамометр стискування, що визначає величину навантажуючої сили. За допомогою механізму подачі шпинделя між фундаментною плитою і шпинделем створюють плавну зростаючу до 15000 Н навантажуючу силу, направлену по осі шпинделя, і фіксують відхилення. Відхилення від перпендикулярності осі навантаженого шпинделя до робочої поверхні фундаментної плити визначають як різниця показань вимірвальних голівок, розташованих один від одної на довжині L = 1000 мм.	30	20

КНУКМР.13124.1-07.ПВТ		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис
Розробив	Косянець	
Керівник	Нечелов	
Інж.контр.	Нечелов	
Затв.	Рязанцев	
Протокол випробувань на точність верстата мод. 2Н55		
Лист	Листів	1
Кафедра ТМ гр. ПМ-23м		



1. Сумарна похибка пристрою $\delta_{\Sigma}=0,006$ мм.
2. Похибка індикатору 0,001 мм.

				КНУ.КМР.131.24.1-07.КП			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Контрольний пристрій	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Касянець				Н		1:2,5
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв			Кафедра ТМ			
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-23М			

