

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: Забезпечення експлуатаційної надійності деталей верстата 1K62 на етапах виготовлення та експлуатації з використанням CAD/CAM систем

Виконав: магістрант
групи ПМ-24м
Мазурок І.В.

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Рязанцев А.О.

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Забезпечення експлуатаційної надійності деталей верстата 1K62 на етапах виготовлення та експлуатації з використанням CAD/CAM систем

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Мазурок І.В.

Керівник КМР

(підпис)

Рязанцев А.О.

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-24м Мазурка Іллі Васильовича

1. Тема: Забезпечення експлуатаційної надійності деталей верстата 1К62 на етапах виготовлення та експлуатації з використанням CAD/CAM систем.

Керівник КМР: доц., к.т.н. Рязанцев А.О.

Затверджена наказом по КНУ № _____ від « ____ » _____ 2025 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи _____ 2025р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення коробки швидкостей верстата мод. 1К62. 2. Креслення деталі «Вал шліцьовий». 3. Типові технологічні процеси відновлення. 4. Річна програма випуску деталей.

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Розробка та узгодження технічного завдання. 2. Проектування технологічного процесу складання-розбирання ремонтного вузла. 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 швидкостей верстата мод. 1К62. 2. Схема складання коробки швидкостей верстата мод. 1К62. 3. Вал шліцьовий. 4. Ескізи операцій відновлення. 5. Ескізи операцій виготовлення. 6. Верстатно-інструментальне налагодження. 7. Протокол випробовувань верстата на точність. 8. Контрольний пристрій. 9. Пристосування для ремонту верстата. 10. Наукова 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	10.09.2025
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	17.09.2025
1.2 Службове призначення виробу	22.09.2025
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2025
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	01.10.2025
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	05.10.2025
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	15.10.2025
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	18.10.2025
5 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2025
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	24.10.2025
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	06.11.2025
6.2 Реконструкція механоскладального цеху	10.11.2025
6.3 Вибір та обґрунтування засобів та регламентів забезпечення охорони праці, безпечності життєдіяльності, екологічних вимог виробничих процесів	13.11.2025
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	16.11.2025
Висновки	23.11.2025
Додатки	25.11.2025
Попередній захист	03.12.2025

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2025 р.

Завдання видав керівник

кваліфікаційної магістерської роботи _____

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав

магістрант _____

/Мазурок І.В./

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №					Документація				
	A4		1	КНУ.КМР.131.25.1-08.ПЗ	Пояснювальна записка	103			
	A4		2	КНУ.КМР.131.25.1-08.ТПСК	Альбом тех.карт на ТП.СК.	11			
					Креслення				
	A1		3	КНУ.КМР.131.25.1-08.ВКШ	Коробка швидкостей	1			
					верстата мод. 1К62				
	A1		4	КНУ.КМР.131.25.1-08.ССКШ	Схема складання	1			
					коробка швидкостей				
					верстата мод. 1К62				
	A3		5	КНУ.КМР.131.25.1-08.ВШ	Вал шліцьовий	1			
	A1		6	КНУ.КМР.131.25.1-08.ЕОР	Ескізи операцій відновлення	1			
	A1		7	КНУ.КМР.131.25.1-08.ЕОВ	Ескізи операцій виготовлення	1			
Подп. и дата	A1		8	КНУ.КМР.131.25.1-08.ВН	Верстатно- інструментальне	1			
					налагодження				
	A3		9	КНУ.КМР.131.25.1-08.ПВВ	Протокол випробовувань	1			
					верстата на точність				
	A3		10	КНУ.КМР.131.25.1-08.КП	Контрольний пристрій	1			
	A2		11	КНУ.КМР.131.25.1-08.ПРВ	Пристосування для	1			
					ремонту верстата				
	A2		12	КНУ.КМР.131.25.1-08.НЧ	Наукова частина	1			
	Взам. инв. №								
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
				КНУ.КМР.131.25.1-08.ВМКМР					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Відомість матеріалів КМР		Лит.	Лист	Листов
Разрад.	Мазурок						Н		1
Пров.	Рязанцев								
Н.контр.	Нечаєв						Кафедра ТМ		
Утв.	Рязанцев						гр. ПМ-24м		
					Копіював		Формат А4		

РЕФЕРАТ

Тема КМР: «Забезпечення експлуатаційної надійності деталей верстата 1K62 на етапах виготовлення та експлуатації з використанням CAD/CAM систем»

Пояснювальна записка до КМР: 103 стор., 28 рисунків, 32 таблиці, комплект карт на 11 стор. на технологічні процеси механічної обробки деталі, 10 листів графічної частини.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси виготовлення та експлуатації деталей токарного верстата 1K62. Предмет дослідження – методи підвищення експлуатаційної надійності деталей верстата шляхом використання CAD/CAM систем для моделювання, проектування та технологічної підготовки виробництва.

Мета роботи – розробка та обґрунтування підходів до забезпечення експлуатаційної надійності деталей верстата 1K62 з використанням CAD/CAM систем на етапах виготовлення та експлуатації.

Завдання роботи: аналіз конструктивних особливостей й умов роботи основних деталей верстата; дослідити фактори, що впливають на надійність та довговічність цих деталей; розробити рекомендації щодо удосконалення технології виготовлення й відновлення деталей.

У сучасних умовах інтенсивного розвитку машинобудування підвищуються вимоги до продуктивності, точності та надійності верстатного обладнання. Верстат 1K62, попри свою багаторічну експлуатацію, залишається актуальним завдяки універсальності й технологічним можливостям. Проте значна частина цих верстатів перебуває у використанні понад нормативні строки, що знижує їхню працездатність через зношування основних деталей.

Застосування CAD/CAM технологій дозволяє підвищити ефективність діагностики, моделювання напружено-деформованого стану деталей та оптимізувати технологію їх виготовлення й відновлення. Це сприяє продовженню терміну служби обладнання, зменшенню витрат на ремонт та підвищенню загальної надійності виробничих процесів.

Магістерська робота присвячена підвищенню експлуатаційної надійності деталей токарного верстата 1K62. У роботі розглянуто конструктивні особливості та умови роботи верстата, проведено аналіз факторів, що впливають на зносостійкість і довговічність деталей. Запропоновано застосування CAD/CAM систем для моделювання напружено-деформованого стану та оптимізації технологічних процесів виготовлення й відновлення. Отримані результати мають практичне значення для продовження терміну служби обладнання, зменшення витрат на ремонт і підвищення ефективності виробничих процесів.

ЕКСПЛУАТАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ; ВЕРСТАТ 1K62; CAD/CAM СИСТЕМИ; ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА; НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН; ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ; ДОВГОВІЧНІСТЬ.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.Р			
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата				
Розроб.		Мазирок			Реферат			
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Арк.шіт	
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м			

ABSTRACT

Subject: «Assurance of operational reliability of 1K62 machine components during the manufacturing and operation stages applying CAD/CAM systems».

Explanatory note to the Ministry of Interior: 103 pages, 28 figures, 32 tables, a set of maps on 11 pages. on technological processes of mechanical processing of parts, 10 sheets of the graphic part.

Research object: the technological processes of manufacturing and operating the components of the 1K62 lathe.

Research subject: methods for improving the operational reliability of lathe components through the use of CAD/CAM systems for modelling, design, and technological production planning.

Purpose of the work: to develop and justify approaches to ensuring the operational reliability of 1K62 lathe components using CAD/CAM systems at the stages of manufacturing and operation.

Tasks of the work: to analyse the design features and operating conditions of the main machine components; to investigate the factors influencing the reliability and durability of these components; to develop recommendations for improving the manufacturing and restoration technologies.

In the context of the rapid development of mechanical engineering, the requirements for productivity, accuracy, and reliability of machine tools are continuously increasing. Despite many years of service, the 1K62 lathe remains relevant due to its versatility and technological capabilities. However, a significant number of these machines have been in operation beyond their specified service life, which reduces their performance due to wear of key components.

The application of CAD/CAM technologies makes it possible to enhance the efficiency of diagnostics, modelling of the stress-strain state of components, and the optimisation of manufacturing and restoration processes. This contributes to extending equipment service life, reducing repair costs, and improving the overall reliability of production processes.

This master's thesis is devoted to improving the operational reliability of the 1K62 lathe components. The work examines the design features and operating conditions of the machine, analyses the factors affecting wear resistance and durability of the components, and proposes the use of CAD/CAM systems for stress-strain modelling and optimisation of manufacturing and restoration processes. The obtained results have practical significance for extending equipment service life, reducing repair costs, and improving production efficiency.

OPERATIONAL RELIABILITY; 1K62 LATHE; CAD/CAM SYSTEMS; TECHNOLOGICAL PREPARATION; STRESS-STRAIN STATE; COMPONENT RESTORATION; DURABILITY.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.Р	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	10
2 Проектування технологічного процесу складання-розбирання ремонтованого вузла	14
2.1 Ремонтна характеристика вузла	14
2.2 Попередня дефектація	14
2.3 Проектування технологічного процесу розбирання вузла	15
2.4 Проектування технологічного процесу складання вузла	19
3 Технологічна підготовка виробництва при ремонтному відновленні виробу	22
3.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних проекту для відновлення деталі. Вид зношення поверхонь деталі	22
3.2 Проектування технологічного процесу ремонту деталі «Вал-шліцьовий»	25
4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	53
5 Конструкторська підготовка виробництва	59
5.1 Розробка оснащення для перевірки геометричної точності і жорсткості верстата	59
5.2 Перевірка верстата в роботі	65
5.3 Розрахунок на міцність та перевірка механічних властивостей ремонтованої деталі	67
5.4 Проектування контрольного пристосування	70
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	73
6.1 Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу	73
6.2 Проектування та організація робочого місця	85
6.3 Техніка безпеки та екологія виробництва при ремонті верстату	91
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	93
7.1 Основні напрями модернізації обладнання	94
7.2 Модернізація механізмів токарного верстата 1К62	95
7.3 Драйвери крокових двигунів з контролером	97
7.4 Модернізація задньої бабки	99
7.5 Встановлення керуючої програми	99
7.6 Висновки щодо модернізації верстата 1К62	100
Висновки	101
Список використаних джерел	102
Додатки	104

					КНУ.КМР.131.25.1-08.3		
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.	Мазурок						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

ВСТУП

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість випускаємої 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.131.25.1-08.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Мазурак</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Архів</i>
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>	

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідними даними для забезпечення експлуатаційної надійності деталей верстата 1К62 на етапах виготовлення та експлуатації є складальне креслення коробки швидкостей (рис. 1.2), перелік швидкозношуваних деталей та кінематична схема заданого верстата. Для визначення оптимального варіанта технології відновлення деталей верстата 1К62 необхідно здійснити техніко-економічний аналіз вихідних даних, який буде виконано у подальших розділах кваліфікаційної роботи.

Дослідження присвячене аналізу й удосконаленню процесів виготовлення та експлуатації деталей токарного верстата 1К62, який широко застосовується у машинобудівних підприємствах України. Основний акцент зроблено на забезпеченні високого рівня надійності та довговічності деталей шляхом впровадження сучасних інструментів комп'ютерного моделювання та автоматизованих систем проектування (CAD) і підготовки виробництва (CAM).

1.2 Службове призначення виробу

Токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62 призначений для виконання чистових та напівчистових операцій під час обробки різноманітних деталей у дрібносерійному та індивідуальному виробництві. На цьому верстаті можна нарізати різьби різних типів — метричну, дюймову, модульну, пітчеву, а також архімедову спіраль. Загальний вигляд верстата подано на рисунку 1.1.

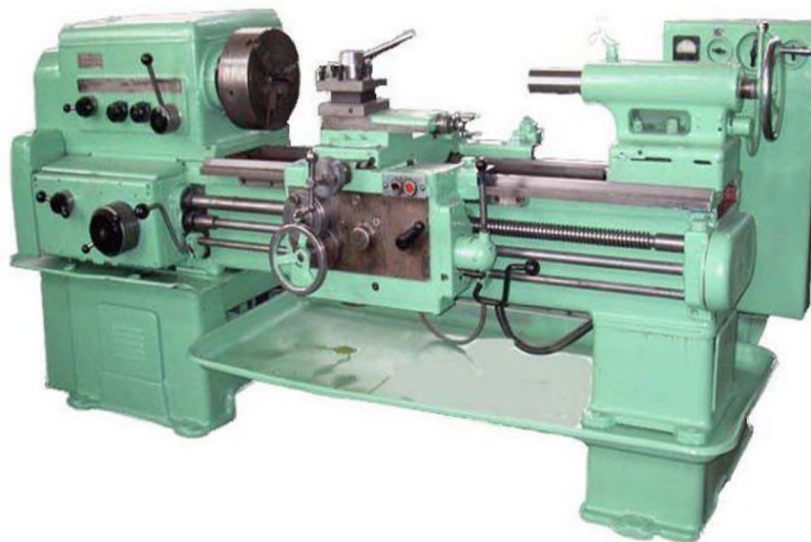


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд верстата моделі 1К62

					КНУ.КМР.131.25.1-08.01.РУТЗ				
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата					
Розроб.		Мазурок			Розробка та узгодження технічного завдання		Літ.	Арк.	Арк-шіт
Перевір.		Рязанцев							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м				

Технічні характеристики верстату наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики верстата

№ з/п	Найменування параметра	Один. вимір.	Величина
1	Діаметр отвору в шпинделі	мм	47
2			
3	Найбільший діаметр точіння над нижньою частиною супорта	мм	220
4	Найбільший діаметр виробу встановлюваний над станиною	мм	400
5	Відстань між центрами	мм	1000
6	Межі поперечних подач супорта	мм/об	0,035-2,08
7	Межі чисел обертів шпинделя	об/хв	12,5-2000
8	Найбільша довжина обточування	мм	930
9	Межі подовжніх подач супорта	мм/об	0,07-4,16
10	Нарізувані різьблення:		
	Метрична	Кроки в мм	1-192
	Дюймова	Число ниток на 1'	2-24
	Модульна	модуль	0,5-48
	Пітчева	Пітч	1-96
10	Потужність головного електродвигуна	кВт	10
11	Вага верстата	кг	2140
12	Габарити верстата:		
	Довжина	мм	2812
	Ширина	мм	1166
	Висота	мм	1324

Обертання шпинделя здійснюється від електродвигуна змінного струму через коробку швидкостей. Коробка подач має закриту конструкцію. Для нарізання точних різьб можна використовувати ходовий гвинт, обходячи механізм коробки подач. Частоти обертання шпинделя та величини подачі супорта регулюються шляхом перемикання зубчастих коліс у коробці швидкостей і коробці подач за допомогою спеціальних рукояток.

Переміщення задньої бабки вздовж напрямних станини, а також висування пінолі здійснюються вручну за допомогою маховика.

1.2.1 Призначення ремонтного вузла верстата

Передня бабка, в корпусі якої розташована коробка швидкостей, призначена для зміни частоти обертання шпинделя шляхом перемикання двох рукояток. Крім того, у ній здійснюється реверс головного руху верстата за допомогою фрикційної багатодискової муфти та проміжної ("паразитної") шестерні. Зупинка шпинделя забезпечується стрічковим гальмом.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

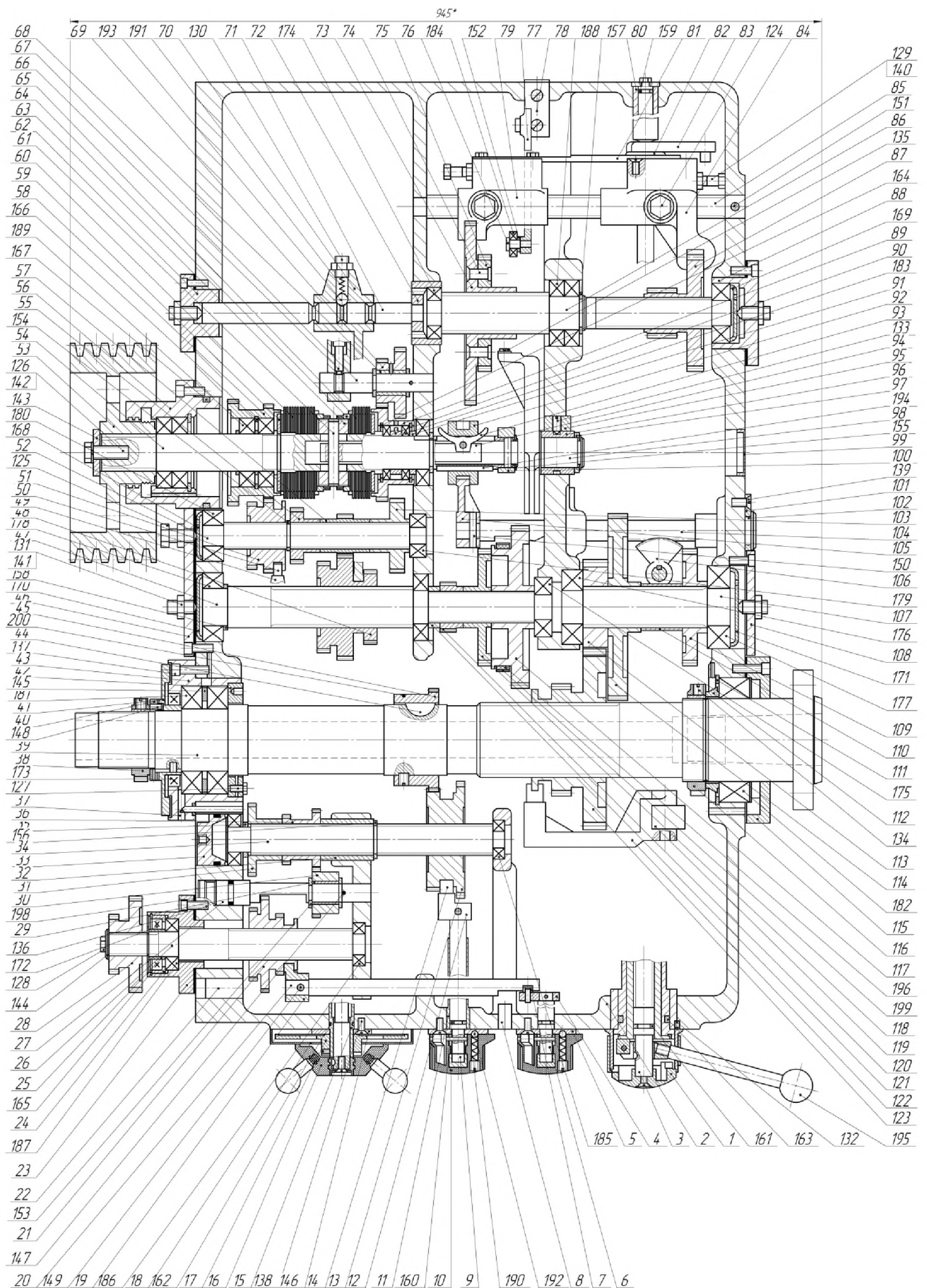


Рисунок 1.2 – Коробка швидкостей верстата 1K62

					КНУ.КМР.131.25.1-08.01.РЧТЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

Механізм передньої бабки дозволяє:

- вибирати різні режими різання, діапазон якого лежить в прибудовах 12,5-2000 об/хв;
- проводити нарізування різьблення із збільшеним кроком в 4 і 16 разів, передавальне відношення між ланцюгом подач і шпинделем збільшується в 8 і 32 рази;
- Нарізувати праві і ліві різьблення;
- проводити нарізування багатозаходного різьблення з діленням на 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 і 60 заходів.

1.2.2 Склад і принцип дії вузла

Передня бабка (рис. 1.3) встановлена з лівого боку на станині.

Її вирівнювання за лінією центрів у горизонтальній площині здійснюється за допомогою двох настановних та двох контргвинтів.

Обертання фрикційному валу передається від електродвигуна головного приводу через клинопову передачу. Далі рух передається через фрикційну багатодискову муфту прямого та зворотного обертання і шестеренчастий механізм головного приводу до шпинделя та ланцюга подач.

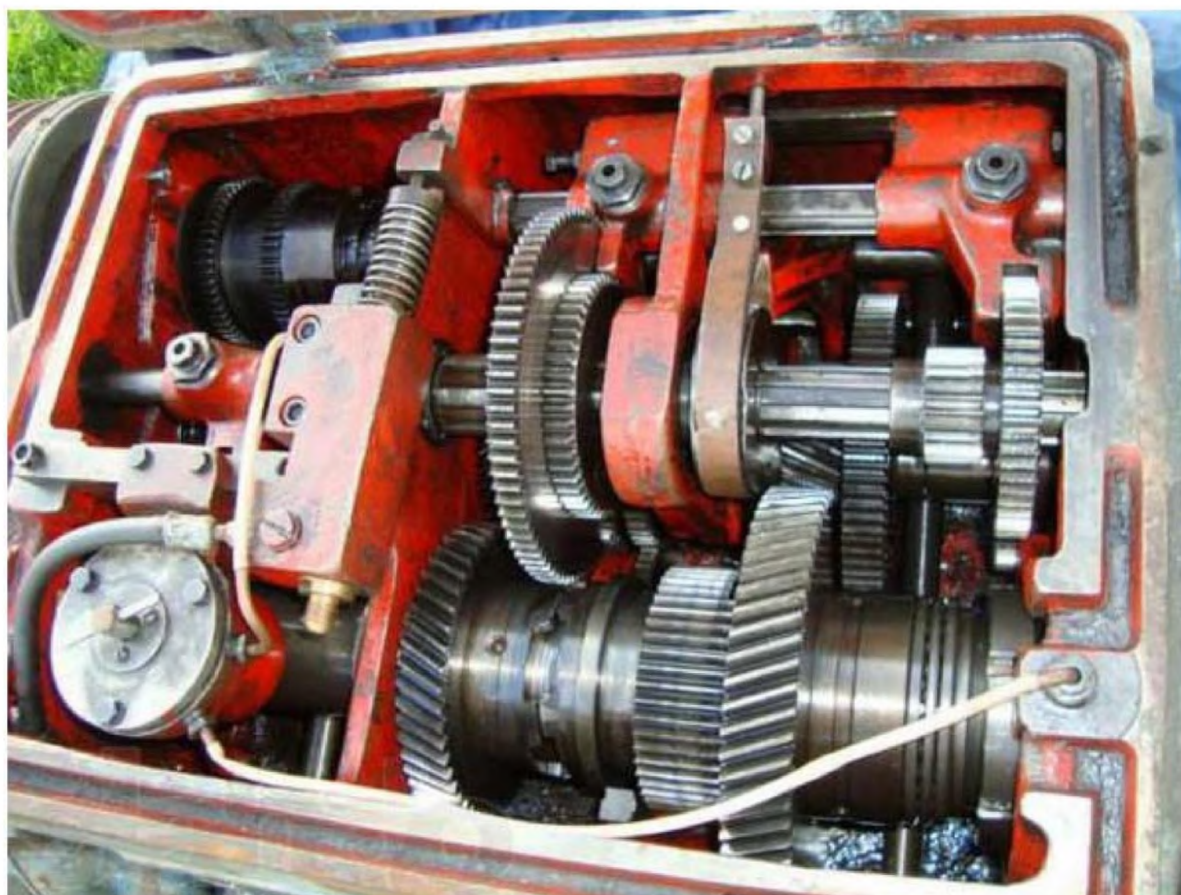


Рисунок 1.3 – Передня бабка верстата 1K62

					КНУ.КМР.131.25.1-08.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ-РОЗБИРАННЯ РЕМОНТОВАНОГО ВУЗЛА

2.1 Ремонтна характеристика вузла

У процесі експлуатації верстата в передній бабці можуть виникати різні несправності. Частину з них можна усунути під час проведення технічного обслуговування, тоді як інші потребують виконання капітального ремонту.

Зокрема, при появі люфтів у підшипниках, зношуванні робочих поверхонь зубів шестерень і зубчастих коліс, а також при зносі шліців, верстат необхідно вивести у капітальний ремонт. У таких випадках зношені деталі підлягають заміні або відновленню.

Під час відновлення забезпечується приведення геометричних параметрів деталей до початкових значень, зазначених у конструкторській документації, відповідно до вимог конструкції передньої бабки.

Особливу увагу при складанні вузла слід приділяти таким операціям:

- правильному запресуванню підшипників без перекосу;
- точному встановленню зубчастих зачеплень;
- перевірці легкості обертання валів – здійснюється вільно, без заїдань.

Дотримання технологічних вимог під час складання гарантує точність, стабільність і надійність роботи верстата після ремонту.

Після завершення складання проводять контрольні перевірки:

- торцеве биття опорного буртика шпинделя передньої бабки не повинно перевищувати 0,02 мм;
- паралельність осі шпинделя відносно напрямку подовжнього переміщення супорта – по верхній утворюючій не більше 0,03 мм, по бічній – не більше 0,012 мм;
- паралельність напрямку переміщення санчат супорта відносно осі шпинделя передньої бабки – до 0,03 мм.

2.2 Попередня дефектація

Перед передачею устаткування в ремонт проводиться його попередній огляд безпосередньо на місці експлуатації з метою визначення технічного стану. Огляд здійснює комісія у складі: механіка (або енергетика підрозділу-замовника), представника відділу технічного контролю (ВТК), майстра ремонтного цеху та бригадира слюсарів-ремонтників.

За результатами огляду, а також на підставі записів у журналі технічного стану устаткування та опитування ремонтного і виробничого персоналу, складається попередня дефектна відомість. У неї заносять усі виявлені несправності, які необхідно усунути під час чергового ремонту.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-08.02.ПТПС</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Мазирок</i>			<i>Проектування технологічного процесу складання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>	
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					

Огляд перед капітальним ремонтом передбачає більший обсяг робіт порівняно зі звичайним. У ході перевірки визначаються деталі, що підлягають заміні, та допускається часткове розбирання вузлів для точнішого виявлення дефектів і виконання ескізів окремих елементів.

Попередня дефектна відомість, що складається, як правило, за два-три місяці до планового ремонту, є основним організаційним документом для підготовки та планування проведення ремонтних робіт.

2.3 Проектування технологічного процесу розбирання вузла

Розбирання устаткування є специфічним процесом, характерним для ремонтних технологій. На відміну від складання, розбирання є його зворотною операцією, під час якої машина поетапно демонтується на вузли, підвузли, а при капітальному ремонті – на окремі деталі. Перед початком розбирання обов'язково ознайомлюються з попередньо складеною дефектною відомістю, що була сформована за результатами технічного огляду обладнання.

Розбирання повинно виконуватися із застосуванням спеціального інструменту та пристроїв, які забезпечують збереження придатних деталей і виключають їх пошкодження. У разі неможливості використання стандартних знімачів допускається застосування ударного інструменту (молотка, кувалди), проте удари слід наносити обережно, щоб уникнути деформацій і тріщин.

Процес розбирання верстата починають з демонтажу дрібних кріпильних елементів, що з'єднують окремі вузли. Далі демонтують самі вузли, по можливості – у нерозчленованому вигляді. Якщо кінематична схема машини відсутня, її необхідно скласти безпосередньо під час розбирання. У випадку розбирання складного або незнайомого обладнання, паралельно з кінематичною схемою варто скласти й збірну схему верстата або його окремих вузлів, що мають складну конструкцію.

Розбирання виконується у ремонтно-механічному цеху на спеціально відведеній ділянці, обладнаній відповідним інструментом і пристосуваннями.

Під час демонтажу проводиться маркування деталей. Мітки наносять з метою фіксації правильного взаємного положення сполучуваних елементів. Для цього застосовують сталеві клейма, цифрове або буквене позначення, кернування чи фарбування. Якщо необхідно забезпечити точне взаємне розташування деталей, мітки наносять таким чином, щоб вони однозначно визначали це положення.

Після завершення розбирання вузла всі деталі направляють на очищення та промивання. Перед цим із картерів і резервуарів зливають мастильні матеріали та охолоджувальні рідини.

У ремонтній практиці застосовують такі основні способи промивання деталей:

- ручне промивання;
- промивання у спеціальних баках;
- очищення в мийних камерах або автоматичних мийних машинах.

Ручне промивання виконується в органічних розчинниках (зазвичай у гасі), налитих у відповідну ємність. Деталі занурюють у розчин, витримують певний час, після чого очищають щітками або обтиральними матеріалами. Забруднення з

					КНУ.КМР.131.25.1-08.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

важкодоступних порожнин видаляють за допомогою прутків чи гачків відповідних розмірів. Цей метод не потребує спеціального обладнання, однак має низьку продуктивність, потребує значної кількості розчинників і може бути шкідливим для здоров'я працівників.

Зазвичай промивання проводять у два етапи: попереднє – у першій ємності, та остаточне – у другій, з чистішим розчином. Ефективним варіантом є використання двосекційної ванни, розділеної сіткою. У нижню частину наливають воду, а верхню заповнюють гасом. Забруднення, що змиваються з деталі, проходять крізь сітку та осідають на дні у воді, при цьому гас залишається відносно чистим. Після завершення промивання спочатку зливають гас, потім – воду з осадом, після чого ванну очищують і заливають нові робочі рідини.

Очищення деталей здійснюється кількома методами: термічним, механічним, абразивним, хімічним та ультразвуковим.

Для промивання деталей доцільно використовувати занурювальну мийну машину типу ОМ-22609 у поєднанні з технічним миючим засобом «Лабомид-203». Цей засіб має інгібуючі властивості, що знижують швидкість корозії сталі у порівнянні з водою при температурі 20 °С приблизно у 20 разів. Тривалість миття деталей становить 10-30 хвилин. «Лабомид-203» є пожежобезпечним і не виділяє шкідливих для людини парів. У мийній машині очищення проводиться шляхом подачі мийного розчину на поверхню деталей під тиском струменів.

Для полегшення демонтажу деталей, насаджених із натягом, їх можна нагрівати гарячим маслом, паром або відкритим полум'ям, а деталі, що охоплюють, – охолоджувати за допомогою твердої вуглекислоти чи рідкого повітря.

Зняття з валів шківів, зірочок, зубчастих коліс, підшипників та інших деталей, установлених із натягом, здійснюється за допомогою спеціальних пристосувань: дво- та тризахватних знімачів різних розмірів, гвинтових, важільно-рейкових і гідравлічних пресів, а також гідравлічних знімачів. У таких знімачах плунжерний насос подає масло в циліндр, переміщуючи поршень, який забезпечує випресування деталі.

Пристосування можуть бути спеціалізованими – для демонтажу певного типу деталей, або універсальними – придатними для зняття різних елементів.

Різьбові з'єднання розбирають за допомогою гайкових і спеціальних ключів різних конструкцій, викруток, шпильковерток, а також механізованого інструменту з електричним або пневматичним приводом інерційно-ударного типу. Під час повного розбирання вузла кріпильні елементи складають у спеціальні ящики, а при частковому розбиранні – вставляють у передбачені для них отвори, не знімаючи деталі.

Якщо різьбові з'єднання не роз'єднуються через корозію, їх занурюють у гас або змочують ним і розбирають через кілька годин.

Видалення зламаних гвинтів і шпильок здійснюють такими способами:

- якщо є виступаюча різьбова частина – на неї нагвинчують гайку і контргайку, після чого обертають гайку;
- якщо виступає невелика частина стрижня гвинта або шпильки – на торці роблять проріз ножівкою або вирубують шліц і викручують деталь за допомогою викрутки;

					КНУ.КМР.131.25.1-08.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

• якщо різбова деталь зламана врівень, до її кінця приварюють гайку меншого діаметра (через отвір) або стрижень, і за їх допомогою викручують уламок;

• загартовані зламані різбові елементи (у тому числі мітчики) видаляють електроіскровим методом, використовуючи як електрод мідну трубку діаметром на 1-2 мм меншу за діаметр різби, або віджигают полум'ям пальника чи паяльної лампи, після чого видаляють одним із вищезгаданих способів.

Якщо зазначені методи не дають результату, уламок гвинта або шпильки висвердлюють, після чого нарізають різбу ремонтного розміру. У такому випадку нова шпилька може мати ступінчасту конструкцію.

Таблиця 2.1 – Маршрут технологічного процесу розбирання верстата 1K62

№ опер	Найменування операції	Обладнання	Норма часу, ч/год
1	2	3	4
005	Підготовка верстата до ремонту		6,9
010	Перевірка верстата на точність		7,9
015	Демонтаж електрообладнання , пульту керування системи місцевого освітлення	Вантажопідіймальний механізм. Викрутки слюсарно-монтажні ISO 2380. Комплект ключів EN ISO 1207. Шуруповерт Makita FS 4000. Плоскогубці DIN 561.	25,1
020	Демонтаж щитків і кришок	Молотки слюсарні DIN 1041. Викрутки слюсарно-монтажні ISO 2380. Комплект ключів EN ISO 1207. Шуруповерт Makita FS 4000. Плоскогубці DIN 561.	3,2
025	Демонтаж системи змащування і гідросистеми	Молотки слюсарні DIN 1041. Викрутки слюсарно-монтажні ISO 2380. Комплект ключів EN ISO 1207. Шуруповерт Makita FS 4000. Плоскогубці DIN 561. Грузопідіймальний механізм.	9,6
030	Розбирання верстата на вузли	Грузопідіймальні механізми. Набір слюсарного інструмента. Пересувне робоче місце. Підставки СД 3738-05. З'ємники СГА308, СГ3100. Верстак СМ522-00-00. Шуруповерт Makita FS 4000.	28,5

					КНУ.КМР.131.25.1-08.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
035	Розбирання шпиндельного вузла	Грузопідіймальні механізми. Підставки СД 3738-05. З'ємники СГА308, СГ3100. Верстак СМ522-00-00.	15,5
040	Розбирання каретки	Верстаки стаціонарні.	9,2
045	Розбирання механізму розподілення подач	Ящики для складання деталей. Стелаж-підставка СД3702.10А.	12,8
050	Розбирання станини	Підставки СД 3738-05.	7,8
055	Розбирання салазок верстата	З'ємники СГА308, СГ3100. Молотки слюсарні DIN 1041. Комплект ключів EN ISO 1207. Шуруповерт Makita FS 4000. Шплінтодери МН-537-60. Плоскогубці DIN 561. Плоскогубці ГОСТ 7236-86. Круглогубці ISO 5743-88. Викрутки слюсарно-монтажні ISO 2380.	8,9
060	Промивка деталей та вузлів	Мийна машина	12,6
065	Дефектація, контроль та сортування деталей	Плита повірочна 0400, 0600 ДСТУ 6026:2008. Стіл СД3702.09А. Калібри, нутромір, кутник, рівень слюсарний ДСТУ ГОСТ 9392:2009. Цифровий індикатор 1МИГЦ-13 0-13х0.001мм IP65. Штангенциркуль ДСТУ ГОСТ 166:2009. Набір щупів № 1. Мікрометри гладкі МІКРОТЕХ 0-25, 25-50; 50-75, 75-100. Мікроскоп універсальний УИМ-23.	19,25

Об'єкт ремонту: коробка швидкостей верстата. Технологічний процес її розбирання (табл. 2.2) включає демонтаж підшипників, муфт, валів, шестерень і блоків зубчастих коліс.

У приводі коробки швидкостей виявлено зношене зубчасте колесо 1К62.211.139, яке не підлягає ремонту та потребує виготовлення нового. Через високі навантаження і значну швидкість обертання шліцьовий вал 19 підлягає відновлювальним роботам.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Технологічний процес розбирання коробки швидкостей

№ операції	Найменування операції	Зміст операції	Обладнання
005	Демонтаж валу 4	Виконати демонтаж муфти 1, зняти кришку 2, зняти підшипник 3, демонтувати вал 4, зняти підшипник 6, втулку 7, зняти заглушку 8, зняти шестерню 5, вийняти шпонку з валу.	Викрутки слюсарно-монтажні ISO 2380. Комплект ключів EN ISO 1207. Шуруповерт Makita FS 4000.
010	Демонтаж валу 19	Зняти кришку 18, демонтувати підшипник 17, зняти блок-колес 16, демонтувати вал 19, зняти підшипник 9, зняти муфту 14.	Плоскогубці DIN 561. Молотки слюсарні DIN 1041. Фен промисловий Dnipro-M GH-203.
015	Демонтаж валу 10	Демонтувати підшипник 9, зняти шестерню 11, демонтувати вал 10, вийняти шпонку, демонтувати підшипник 12, демонтувати кришку 13.	Стелаж-підставка СД3702.10А. З'ємник СГА304.
020	Демонтаж валу 15	Зняти кришку 20, демонтувати підшипник 21, зняти блок-колес 22, демонтувати вал 15, зняти підшипник 23	

2.4 Проектування технологічного процесу складання вузла

Після завершення підготовчих робіт здійснюється повузлова збірка верстата. Кожен вузол попередньо проходить перевірку на жорсткість, точність та обкатування (див. табл. 2.3). Після цього окремі вузли монтуються на станину, а верстат під'єднується до електричної мережі. Далі проводиться перевірка взаємодії робочих вузлів, а також геометричної точності й жорсткості конструкції. Наступним етапом є обкатування верстата спочатку на холостому ходу, а потім — під навантаженням, після чого здійснюється контрольна перевірка його роботи на зразках.

Для виконання збірки та налагодження верстата застосовується таке устаткування, інструмент і пристосування:

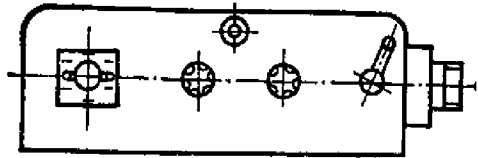
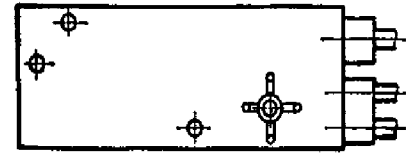
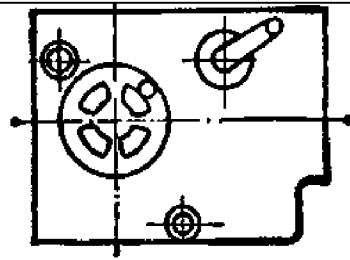
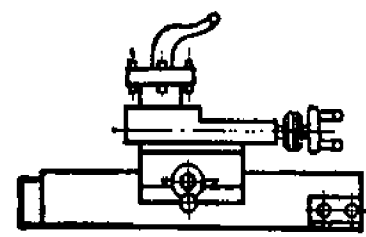
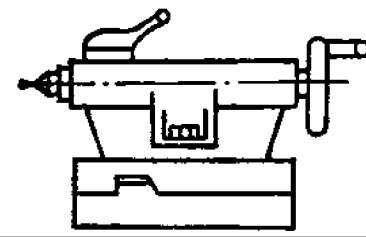
- випробувальний стенд;
- верстак;
- кантувальне пристосування;
- електроталь;
- слюсарні лещата (СТ СЭВ 1279-78);
- промислова магнітна дріль MAR-POL M79221;
- комплект слюсарного інструменту;
- штангенциркуль (ДСТУ ГОСТ 166:2009);

					КНУ.КМР.131.25.1-08.02.ПТПС	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

- мікрометр важільний МІКРОТЕХ МР-50;
- цифровий індикатор 1МИГЦ-13 0-13x0.001мм IP65;
- стійка на магнітній основі шарнірна тип МСШ - 80 виробництва МІКРОТЕХ;
- вимірювальна лінійка (ДСТУ ГОСТ 427:2009);
- пристосування для контролю відхилення від паралельності ходового гвинта та вала;
- сталеві заготовки.

Після завершення ремонтних і перевірочних робіт верстат приймається в експлуатацію за актом.

Таблиця 2.3 – Технологічний маршрут складання верстата

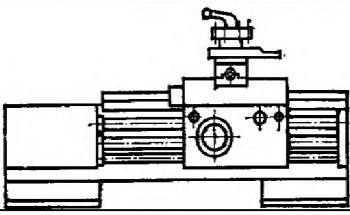
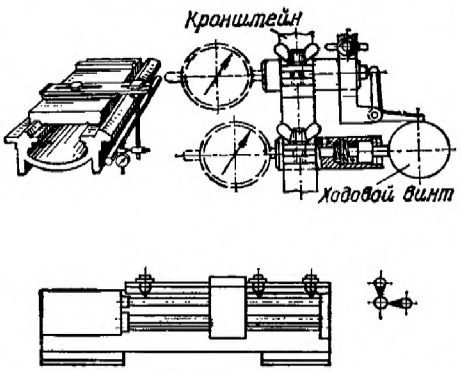
№ операції Зміст операції	Ескіз операції і перевірки
1	2
Слюсарно-складальна 1. Зібрати передню бабку і перевірити на шум і нагрів деталей.	
2. Зібрати коробку подач та перевірити вузол на шум і нагрів деталей.	
3. Зібрати фартух і перевірити роботу механізму маткової гайки на шум і нагрів деталей.	
4. Зібрати супорт і перевірити вузол на плавність і рівномірність руху.	
5. Зібрати задню бабку і перевірити рівномірність переміщення і фіксацію пінолі.	
6. Підготувати станину до загальної збірки, встановити на тумби і закріпити. Ретельно протерти напрямні і привалкові площини серветкою.	

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.25.1-08.02.ПТПС

Арк.

Продовження таблиці 2.3

1	2
7. Встановити на станину коробку подач і заздалегідь закріпити її.	
8. Встановити на станину зубчасту рейку і закріпити її.	
9. Встановити супорт в середній частині станини і закріпити задню притискну планку	
10. Встановити на супорт фартух і заздалегідь закріпити його.	
11. Встановити ходовий гвинт і вал, а також кронштейн, закріпити їх остаточно.	
12. Встановити пристосування для перевірки відхилення від паралельності ходового гвинта і валу до напрямних станини. Перевірку провести в трьох точках: 1 – біля коробки подач; 2 – біля кронштейна, 3 – в середньої частини ходового гвинта при включеній і вимкненій матковій гайці. Переміщати пристосування вздовж напрямних станини; перевірити відхилення від паралельності ходового гвинта і валу щодо напрямних.	
13. Остаточно закріпити коробку подач, фартух і кронштейн.	
14. Залити масло в картери коробки швидкостей і подач, у фартух і змастити задню бабку і станину.	
15. Підключити верстат до електромережі.	
16. Перевірити надходження масла на поверхні, що труться.	

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.25.1-08.02.ПТПС

Арк.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ПРИ РЕМОНТНОМУ ВІДНОВЛЕНІ ВИРОБУ

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

У процесі експлуатації коробки швидкостей найбільшого зносу зазнають нижні напрямні моста. Унаслідок цього геометрична вісь пінолі задньої бабки опускається нижче відносно осі шпинделя. Отвір під піноль поступово збільшується, що призводить до втрати жорсткості та зниження точності обробки деталей. Для відновлення сполучуваних поверхонь між корпусом і мостом задньої бабки виконують шабрування.

Ремонт моста задньої бабки здійснюють шляхом відновлення нижніх напрямних одним із способів: шабруванням, шліфуванням або наклеюванням відновлювальних накладок. Отвір корпусу під піноль розточують на відремонтованому верстаті – горизонтально-розточувальному або виконують його відновлення методом заливки акрилопластом. Технологія ремонту моста та пов'язаних із ним сполучуваних поверхонь корпусу задньої бабки є аналогічною, тому у варіантах II і III (табл. 3.2, 3.3) розглядається технологічний процес розточування отвору під піноль. У варіанті II розточування отвору задньої бабки проводять після складання та підключення відремонтованого верстата. У варіанті III ремонт корпусу коробки швидкостей дозволяє застосовувати відновлену піноль, при цьому отвір задньої бабки обробляють відповідно до її діаметра.

Діаметр розточуваного отвору під заливку акрилопластом приймається рівним: $D = d_{\text{пінолі}} + (6 - 8) \text{ мм}$. Допустима похибка вивірювання корпусу задньої бабки на розточувальному верстаті становить $\pm 0,3 \text{ мм}$, оскільки подальші технологічні операції забезпечують необхідну точність (табл. 3.3).

3.1.1 Технологічний маршрут ремонту корпусу і моста коробки швидкостей

Для ремонту корпусу і моста коробки швидкостей необхідне наступне обладнання, інструмент і матеріали: плоскошліфувальний, поперечно-стругальний, горизонтально-розточувальний, вертикально-свердлильний верстати, абразивний круг Чк175х50хКЧ8-80-50-СМ1-К6 ДСТУ ISO 603-4:2019, шаблер, стругальний різець ВК6 ДСТУ ГОСТ 18891:2015, розточувальний різець ВК8, борштанга, люнет, притир, свердло 10 мм ВК6 ГОСТ 6647-64, оправка циліндрична Морзе 6, штангенциркуль ДСТУ ГОСТ 166:2009, призми опорні, штангенрейсмус, нутромір НІ ДСТУ ISO 17047:2008, набір щупів, цифровий індикатор 1МИГЦ-13 0-13х0.001мм, оправка, магнітна МСШ - 80 МІКРОТЕХ, вимірювальна лінійка, прихвати, трубки, пластилін, уайтспирит, мило, берлінська блакить Л-1, акрилопласт ЛСТ-Т СТУ 79-56-Х-62, епоксидна смола ЕД-16 ДСТУ 2093-92, текстоліт ПТ.

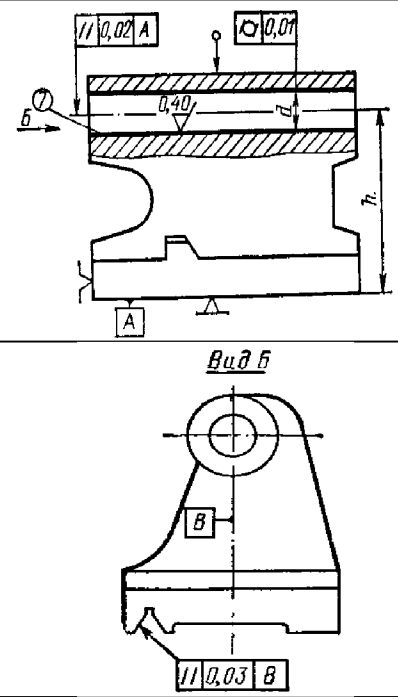
					<i>КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Мазирок</i>				<i>Технологічна підготовка виробництва при ремонтному відновленні виробу</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>	
<i>Н. контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Рязанцев</i>						

Таблиця 3.1 – Технологічний маршрут ремонту корпусу і моста коробки швидкостей

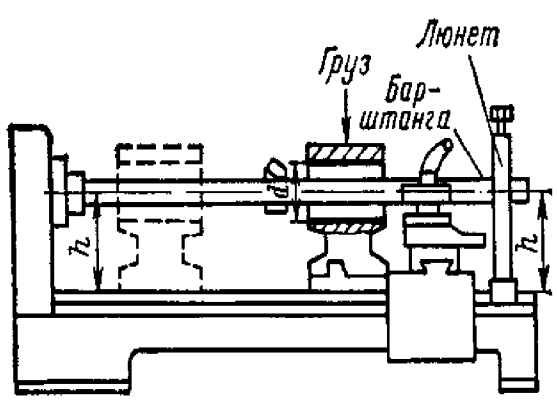
№ оп.	Зміст операції	Ескіз операції і перевірки
1	2	3
005	Слюсарна Зачистити поверхні 1, 2 і 3 корпуси задньої бабці	
010	Контроль Перевірити відхилення форми і розташування поверхонь 1 і 2 на фарбу і 3 по косинцю	
015	Слюсарна Зачистити поверхні 1, 2 і 3 мости і підігнати по поверхнях, що сполучаються, з корпусом задньої бабки з перевіркою на фарбу	
020	Слюсарна Зібрати корпус і міст задньої бабки. Встановити зібраний вузол на відремонтовані напрямні станини верстата. Визначити різницю між висотою Л геометричної осі шпинделя і задньої бабки	
025	Стругальна Стругати поверхні 4, 5 і 6 моста задньої бабки на глибину 2 мм	
030	Фрезерна. Виготовити доточування	
035	Слюсарна Приклеїти накладки 4, 5 і 6	
040	Контроль Перевірити якість приклеювання накладок 4, 5 і 6	
045	Слюсарна Пришабрити напрямні моста 4, 5 і 6 по відремонтованим напрямним станини. Перевірити прилягання напрямних моста задньої бабки станини, що сполучаються (допускається 10 плям на 25 мм ²). Зібрати корпус і міст задньої бабки	

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
050	Розточувальна Встановити задню бабку на стіл верстата, вивірити і закріпити. Розточити отвір 7 до виведення рисок і надирів, витримавши висоту h. Розвернути отвір 7	
055	Контроль Провести перевірку відхилень від паралельності осі отвору 7 щодо площин 4, 5 і 6 від циліндричності отвору 7 і розміру h	

Таблиця 3.2 – Технологічний маршрут розточування отвору під піноль коробки швидкостей (II варіант)

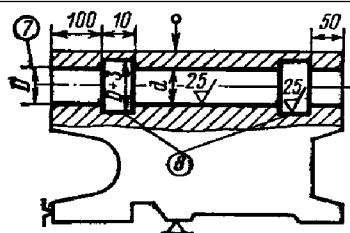
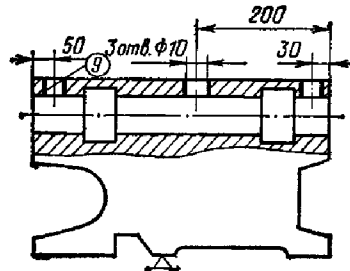
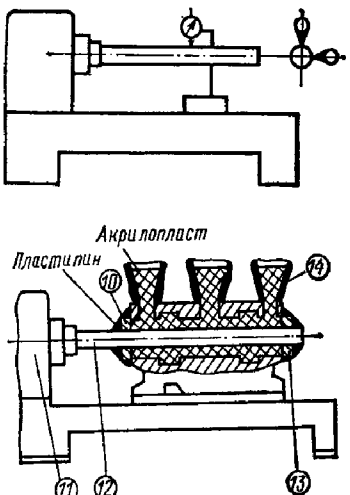
№ оп.	Зміст операції	Ескіз операції і перевірки
005	Слюсарна Зібрати корпус і міст задньої бабки	
010	Токарна Встановити зібрану задню бабку на станину токарного верстата перед супортом. Встановити борштангу конічним кінцем в шпindel верстата, а циліндровим – в нерухомий люнет. Закріпити різець і встановити його на діаметр отвору d мінус припуск під розгортання. Встановити на тросах вантаж на корпус задньої бабки. Розточити отвір d задньої бабки. Розвернути отвір d задньої бабки	
Примітка. Шорсткість розточування Ra = 1,6 мкм, а розгортання Ra-0,40 мкм.		

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР

Арк.

Таблиця 3.3 – Технологічний маршрут ремонту отвору під піноль піноль коробки швидкостей (ІІІ варіант)

№ оп.	Зміст операції	Ескіз операції і перевірки
1	2	3
I	Розточувальна Встановити, вивірити я закріпити корпус задньої бабки на столі верстата. Розточити отвір 7. Розточити канавки 8	
II	Слюсарна Розмітити і свердлити три отвори 9 Ø 10 мм. Знежирити отвір 7 корпусів задньої бабки. Встановити в шпиндель ремонтного верстата оправку 12 і вивірити її. Встановити на оправку 12 кільце 10. Нанести на оправку 12 тонкий шар мила. Встановити корпус задньої бабки в зборі з мостом. Встановити кільце 13 на оправку 12. Герметизувати корпус задньої бабки з торців пластиліном. Виготовити з пластиліну три воронки 14 і встановити їх навколо отворів 9. Приготувати рідкий акрилопласт. Залити в середню воронку акрилопласт до заповнення крайніх воронки. Витримати 3 – 4 ч. Зняти пластилін, кільця, оправку і напливи акрилопласта. Свердлити змащувальні канали	 

3.2 Проектування технологічного процесу ремонту деталі «Вал-шліцьовий»

3.2.1 Службове призначення деталі . Вибір матеріалу і варіантів замін

Вал є складовою частиною приводу коробки швидкостей верстата моделі 1К62 та призначений для передавання обертового моменту. У процесі експлуатації деталь зазнає дії крутного моменту. Внаслідок тривалого використання спостерігається зношення циліндричних поверхонь і шліців. Зі збільшенням зносу зростають бічні зазори, що призводить до підвищення ударних навантажень, виникнення перекосів сполучених деталей і, як наслідок, до перевантаження окремих ділянок шліців.

Деталь «Вал-шліцьовий» виготовляють зі сталі 45 за ДСТУ 7809:2015. Ця марка сталі застосовується для виготовлення таких елементів, як осі, вали, плунжери, штоки, кулачкові вали, кільця, шпинделі, рейки, кулачки, зубчасті вінці, болти, напівосі тощо.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Як альтернативу можливе використання сталі 40Х за ДСТУ 7806:2015 або сталі 50 за ДСТУ 7809:2015. Відомості щодо матеріалу деталі та можливих заміन наведено у таблицях 3.4 та 3.5.

Таблиця 3.4 – 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 40Х	0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,035	0,035	0,3	0,8-1,1
Сталь 50	0,47-0,55	0,17-0,37	0,5-0,8	0,04	0,035	0,3	0,25

Таблиця 3.5 – Механічні властивості сталей

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

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

3.2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Вал із шліцьовим з'єднанням обертається в підшипниках із частотою 315-1200 об/хв. У процесі роботи відбувається поступове стирання шийок валу в місцях опори підшипників. Для відновлення зношених поверхонь застосовують метод металізації з подальшою механічною обробкою.

Під впливом динамічних навантажень вал зазнає прогину відносно своєї осі.

$$T2_{\max} = \frac{65,8}{0,25} \cdot 0,99^2 \cdot 0,98 \cdot 0,99 = 249 \text{ Нм}$$

Перед виконанням ремонтних робіт проводиться аналіз технічних вимог до поверхонь, що підлягають відновленню (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Технічні засоби на ремонт

Технічні вимоги	Аналіз технічних вимог.
Шліці d-8x46g6x50a11x9f8	Збільшення бічних зазорів спричиняє підвищення ударних навантажень і появу перекосів деталей.
Діаметр шийок під підшипники Ø30js6, Ø40js6, Ø45js6, Ra 0,8	Невиконання вимог може призвести до послаблення посадки підшипника та прискореного зносу шийки, на якій він установлений.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3.2.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення деталі виконано на форматі А2 відповідно до стандарту. Деталь представлена на кресленні головним видом, видами Б, В, Г перерізами Д-Д, Е-Е, 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 $Ra\ 3,2\ \mu m$, 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.

3.2.4 Якісна оцінка ремонтної технологічності конструкції деталі.

Виконуємо класифікацію деталі «Вал – шліцьовий» відповідно до класифікатора ЄСКД. Згідно з системою класифікації конструктивних ознак, код деталі становить 721672.

Деталь характеризується наявністю розвинених установчих та базових поверхонь, представлених циліндричними та торцевими ділянками. Через недостатню жорсткість вал потребує додаткового забезпечення жорсткості за рахунок застосування відповідного верстатного оснащення. Конфігурація профілю забезпечує зручне підведення та відведення як ріжучого, так і вимірювального інструмента.

Точність виготовлення поверхонь визначається допусками від 6-го до 14-го квалітету. Для не вказаних розмірів згідно з технічними вимогами прийнято 14-й квалітет точності. Шорсткість окремих функціональних поверхонь становить $Ra = 0,8-1,6$, тоді як не вказані поверхні мають $Ra = 12,5$, що відповідає чорновій обробці. Встановлена точність і шорсткість забезпечуються при використанні верстатів та оснащення нормальної точності.

Деталь «Вал – шліцьовий» має ступінчасту форму та складається з тіл обертання. Конструкція вала передбачає наявність зручних базових поверхонь для закріплення у трикулачковому патроні або встановлення на призми.

Жорсткість деталі є недостатньою, оскільки не виконується умова:

$$l_{max}/d_{cp} < 5,$$

а саме:

$$\begin{aligned} 432/40 &< 5, \\ 10,8 &< 5. \end{aligned}$$

Це обмежує можливість застосування підвищених режимів різання та одночасної обробки кількома інструментами. Водночас профіль деталі залишається зручним для підведення та відведення інструмента під час механічної обробки.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3.2.5 Розробка технологічного процесу дефектації

еталі верстата після миття і очищення від забруднень відповідно до технологічного процесу піддаються дефектації, тобто контролю з метою виявлення дефектів. Дефектацію проводять після комплектування деталей по вузлах. Ця операція вимагає великої уваги. Кожна деталь ретельно оглядається (при необхідності через лупу), розміри окремих елементів деталі вимірюються відповідними інструментами. В окремих випадках перевіряється взаємодія сполучених деталей.

Під дефектами деталі розуміють відхилення її параметрів від величин, встановлених технічними умовами чи робочим кресленням.

Основними завданнями дефектації і сортування деталей є:

- контроль деталей для визначення їх технічного стану;
- сортування деталей на три групи;
- накопичення інформації про результати дефектації і сортування з метою використання її при вдосконаленні технологічних процесів і для визначення коефіцієнтів придатності;

- змінності і відновлення деталей;

- сортування деталей по маршрутах відновлення.

В процесі дефектації деталі сортують на три групи: придатні, ремонтно-придатні і непридатні. До придатних відносять деталі, знос робочих поверхонь у яких не вийшов за межі допуску на ті чи інші розміри, що визначають ці робочі поверхні. У ремонтно-придатних деталей знос може бути вище граничних допусків, але ремонт таких деталей економічно доцільний.

Макро-і мікротріщини, поломка окремих частин, надмірний знос тих чи інших робочих поверхонь і інші серйозні дефекти у деталей, які економічно недоцільно ремонтувати, є підставою вважати їх непридатними. При ремонті такі деталі замінюються новими.

Дефектацію деталей проводять шляхом їх зовнішнього огляду, а також за допомогою спеціального інструменту, пристосувань, приладів та обладнання.

Результати дефектації і сортування фіксують шляхом маркування деталей фарбою. При цьому зеленою фарбою відзначають придатні для подальшого використання деталі, червоною - непридатні, жовтою - які вимагають відновлення. Кількісні показники дефектації і сортування деталей фіксують також в дефектних відомостях. Ці дані після статистичної обробки дозволяють визначати або коригувати коефіцієнти придатності, змінності і відновлення деталей.

Придатні деталі після дефектації направляються на комплектуючу ділянку підприємства і далі на складання агрегатів і верстатів, а непридатні – на склад брухту. Деталі, які потребують відновлення, після визначення маршруту ремонту надходять на склад деталей, що очікують ремонту, і далі на відповідні дільниці по відновленню.

З метою економії часу при дефектації деталей дотримуються такого порядку. Спочатку проводять зовнішній огляд деталей з метою виявлення ушкоджень, видимих неозброєним оком: великих тріщин, пробойн, зламів, задирків, рисок, корозії і т. п. Потім деталі перевіряють на спеціальних пристроях

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

для виявлення дефектів, пов'язаних з порушенням взаємного розташування робочих поверхонь і фізико - механічних властивостей матеріалу деталей. Після цього деталі контролюють на відсутність прихованих дефектів (невидимих тріщин і внутрішніх вад). На закінчення проводять контроль розмірів і геометричної форми робочих поверхонь деталей.

Контроль взаємного розташування робочих поверхонь. В деталях класу валів найбільш часто контролюють неспіввісність шийок і не перпендикулярність фланців до осі валів. Контроль неспіввісності шийок валів проводять шляхом заміру їх радіального биття за допомогою індикатора. Контрольований вал при цьому встановлюють в центрах. Величина радіального биття шийок визначається як різниця найбільшого і найменшого показань індикатора за один оборот валу.

Контроль неспіввісності отворів в корпусних деталях роблять за допомогою оптичних, пневматичних і індикаторних пристроїв. Найбільше застосування знайшли індикаторні пристосування.

Контроль міжцентрової відстані і непаралельності осей отворів виробляють шляхом вимірювання відстаней a_1 і a_2 між внутрішніми утворюючими контрольних оправок за допомогою штихмаса або індикаторного нутроміра.

Міжцентрова відстань визначається розрахунком за формулою

$$A = a_1 + a_2 + d_1 + d_2 \quad (3.1)$$

де d_1 і d_2 - діаметри контрольних оправок.

Порушення фізико-механічних властивостей матеріалу деталей може проявлятися у вигляді зміни твердості деталі або її жорсткості. Порушення твердості контролюють за допомогою універсальних приладів для вимірювання твердості.

При контролі деталей дуже важливо перевіряти їх на наявність прихованих дефектів (поверхневих і внутрішніх тріщин). Існує велика кількість різних методів виявлення прихованих дефектів на деталях.

В ремонтному виробництві знайшли застосування наступні методи: люмінесцентний, намагнічування, ультразвукової.

Метод гідравлічного випробування застосовують для виявлення тріщин в корпусних деталях (блок і головка циліндрів). Випробування проводиться на спеціальних стендах, які забезпечують герметизацію всіх отворів в контрольованих деталях. При випробуванні порожнину деталі заповнюють гарячою водою під тиском 0,3 .. 0,4 МПа. Про наявність тріщин судять по підтікання води.

Метод пневматичного випробування. Порожнина деталі в цьому випадку заповнюють стисненим повітрям під тиском, відповідним технічним умовам на випробування, і потім занурюють у ванну з водою. Вихідні з тріщини бульбашки повітря вкажуть місце знаходження дефектів.

Метод фарб заснований на властивості рідких фарб до взаємної дифузії. При цьому методі на контрольовану поверхню деталі, попередньо знежирену в розчиннику, наносять червону фарбу, розведену гасом. Фарба проникає у тріщини. Потім червону фарбу змивають розчинником, і поверхня деталі покривають білою фарбою. Через кілька секунд на білому тлі проявляється фарба

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

з'являється малюнок тріщини, збільшеною за шириною в кілька разів. Цей метод дозволяє виявляти тріщини, ширина яких не менше 20 мкм.

Люмінесцентний метод заснований на властивості деяких речовин світитися при опроміненні їх ультрафіолетовими променями. При контролі деталей цим методом її спочатку занурюють у ванну з флюоресцентною рідиною, в якості якої застосовують суміш з 50% гасу, 25% бензину і 25% трансформаторного масла з добавкою флюоресцентного барвника (дефектола) або емульгатора ОП-7 в кількості 3 кг на 1 м³ суміші. Потім деталь промивають водою, просушують струменем теплого повітря і припудрюють порошком силікагелю. Силікагель витягує флюоресцентну рідину з тріщини на поверхню деталі. При опроміненні деталі ультрафіолетовими променями порошок силікагелю, просочений флюоресцентною рідиною, буде яскраво світитися, виявляючи границі тріщини. Люмінесцентні дефектоскопи застосовують при виявленні тріщин шириною більше 10 мкм в деталях, виготовлених з немагнітних матеріалів.

Метод магнітної дефектоскопії знайшов найбільш широке застосування при контролі прихованих дефектів в деталях, виготовлених з феромагнітних матеріалів (сталь, чавун). Для виявлення дефектів цим методом деталь спочатку намагнічують. Магнітні силові лінії, проходячи через деталь і зустрічаючи на своєму шляху дефект (наприклад, тріщину), огинають його як перешкоду з малою магнітною проникністю. При цьому над дефектом утворюється поле розсіювання магнітних силових ліній, а на краях тріщини – магнітні полюси.

Для того щоб виявити неоднорідність магнітного поля, деталь поливають суспензією, що складається з 50%-ного розчину гасу і трансформаторного масла, в якому в підвішеному стані знаходиться дрібний магнітний порошок (окис заліза - магнетит). При цьому магнітний порошок буде притягатися краями тріщини і чітко окреслить її межі.

Намагнічування деталей проводять на магнітних дефектоскопах, які розрізняють за способом намагнічування. Для виявлення в деталях поздовжніх тріщин застосовують дефектоскопи циркулярного намагнічування, а для поперечних - дефектоскопи поздовжнього намагнічування зовнішнім полем. Для виявлення тріщин будь-якого напрямку використовують дефектоскопи комбінованого намагнічування.

Ультразвуковий метод виявлення прихованих дефектів заснований на властивості ультразвуку проходити через металеві вироби і відбиватися від кордону двох середовищ, в тому числі і від дефекту.

Залежно від способу прийому сигналу від дефекту розрізняють два методи ультразвукової дефектоскопії: просвічування і імпульсний.

Шляхом зіставлення відстаней між імпульсами на екрані електронно-променевої трубки і розмірів деталі можна визначити не тільки місцезнаходження дефекту, але і глибину його залягання.

Метод ультразвукової дефектоскопії має дуже високу чутливість і застосовується при виявленні внутрішніх дефектів у деталях (тріщин, раковин, шлакових включень і т. п.).

До універсального вимірювального інструменту відносяться: мікрометри, штангенциркулі, індикаторні нутроміри, мікрометричні

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Похибки в геометричній формі деталей визначають шляхом їх вимірювання в декількох напрямках в поперечному перерізі і декількох поясах по довжині. Зіставляючи ці виміри, знаходять овальність, конусність, та інші відхилення від правильної геометричної форми.

В процесі дефектації складається остаточна відомість дефектів на ремонт, яка є початковим технічним і фінансовим документом.

Грамотно й детально складена відомість дефектів істотно доповнює технологічний процес ремонту. Цей технічний документ складається технологом відділу головного механіка (ВГМ) за участю майстра і бригадира ремонтної бригади, представників відділу технічного контролю (ВТК) і цеху-замовника.

При проведенні дефектації раціонально використовувати заздалегідь заготовлені типові відомості дефектів. Ці відомості відрізняються від звичайних тим, що до них внесені всі деталі верстата, що зношуються, визначені різні можливі види дефектів деталей і вузлів і перераховані операції або надані короткі описи конкретних робіт, що підлягають виконанню при ремонті. Така відомість є документом, що синтезує досвід найбільш знаючих працівників ремонтної служби.

При використанні типової відомості процес дефектації в основному зводиться до звірки виявлених дефектів ремонтованих деталей з переліком дефектів в типовій відомості. Знайшовши у відомості виявлений у деталі дефект, підкреслюють відповідний порядковий номер, операцію, групу операцій і ремонтних робіт. Якщо в типовій відомості відсутня потрібна деталь або не передбачений можливий дефект у якої-небудь деталі, тоді у відомості роблять відповідний додатковий запис.

Після оформлення відомості на ремонт здійснюється конструкторське опрацювання креслень для проведення ремонту і виготовлення деталей, а також оформляється технологічна документація. Ця відомість є документом, по якому контролюють хід виготовлення деталей, ремонту, збірки і здачі верстата після ремонту.

Приклад оформлення дефектної відомості наведено у додатку 1.

Маркування, упаковка, транспортування і зберігання капітально відремонтованого обладнання:

1. На кожній одиниці капітально відремонтованого обладнання повинна бути закріплена фірмова табличка, яка повинна містити: найменування ремонтного підприємства; найменування і марку обладнання, номер обладнання за системою нумерації ремонтного підприємства; масу одиниці обладнання в зборі; дату випуску з капітального ремонту.

2. На знімних деталях і вузлах, що входять в комплект одиниці обладнання, повинно ставитися клеймо на неробочих поверхнях, що містить позначення елемента обладнання, марку, номер і дату випуску.

3. Ремонтне підприємство зобов'язане супроводжувати кожну одиницю капітально відремонтованого обладнання паспортом, в якому має зазначатися: найменування міністерства або відомства, якому підпорядковано ремонтне підприємство, найменування і марки відремонтованого устаткування; номер обладнання за системою нумерації ремонтного підприємства; маса обладнання у

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

зібраному вигляді; дата випуску з капітального ремонту; гарантійні зобов'язання. До паспорта мають додаватися комплектувальна відомість і відомість запасних частин.

4. Комплектуючі деталі капітально відремонтованого обладнання та запасні деталі повинні упаковуватися в дерев'яну тару, на якій повинні бути нанесені марка і номер відремонтованого обладнання, до якого вони відносяться.

5. Транспортування капітально відремонтованих виробів здійснюється автомобільним і залізничним транспортом.

6. Зберігання законсервованих виробів, обладнання і запасних частин повинно здійснюватися в закритих приміщеннях або під навісами на рівній підлозі з твердим покриттям. При зберіганні виробів на відкритому повітрі без навісу, необхідно захистити їх від атмосферних опадів.

7. Транспортування і зберігання капітально відремонтованого обладнання повинно виключати можливість механічного пошкодження і його корродірованіє.

При капітальному ремонті обов'язково складається відомість дефектів ремонтного агрегату. Ця відомість складається при розбиранні машини. Кожну деталь рекомендується маркувати, позначаючи номер верстата в чисельнику, а порядковий номер деталі за відомістю дефектів у знаменнику. Номери можна наносити тавруванням на неробочих поверхнях деталей, можна прив'язувати до деталей бірки з номерами. Маркування полегшує підбір деталей при складанні контроль за проходженням ремонту.

3.2.6 Вибір способу ремонту поверхні

До коробки швидкостей входять деталі типу шліцові вали, вал-шестерні, зубчасті колеса, муфти, підшипники кочення.

В період експлуатації у валів зношуються посадкові шийки, шпонкові і шліцові пази, крім того, вали можуть бути вигнуті.

Дефекти валів:

- знос, змяття шпонкового пазу;
- знос шийок під підшипники;
- знос, змяття шліців;
- забоїни та завусенці на шліцах;
- вигин вала.

Вигнуті вали підлягають правці на спеціальному пресі.

Зношені посадочні місця відновлюють вібродуговим наплавленням, сталюванням, електромеханічним способом і феромагнітними порошками в магнітному полі.

При зношені шпонкового пазу можливе виготовлення нового шпонкового паза під кутом 90 ... 120 ° до старого, зношений паз заварюється, або наплавлення зношеного паза з подальшою обробкою (для невідповідальних з'єднань).

При великих зносах шліцевих з'єднань проводять електродугове наплавлення з наступною механічною обробкою. При зносі по ширині паза до 0,5 ... 1 мм роздають шліци відпаленого вала зубилом з подальшим заварюванням канавки і механічною обробкою.

Дефекти зубчастих коліс:

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- знос зубів по робочому профілю
- зламані зуби;
- тріщин у вінці або ступиці;
- зминання поверхонь, отворів, шпонкової канавки або шліців в маточині.

Зубчасті колеса можна ремонтувати наплавленням зношених зубів, встановленням зубчастих вкладишів, які закріплюють гвинтами або зварюванням (рис.2.1), а також ввертишей, наплавлення проводиться електродами Е-3У, Е-42, ОММ-2.

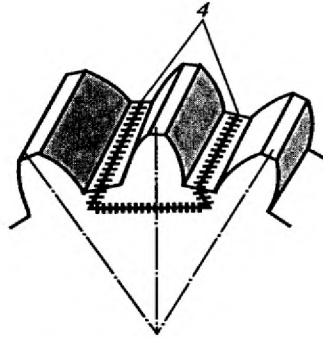


Рисунок 3.1 – Зварювання вкладиша зубчастого колеса

Обробка зношеного шпонкового пазу під наступний стандартний розмір здійснюється на довбальному верстаті або вручну. В останньому випадку спочатку обпилюються дно паза, а потім бічні сторони з забезпеченням симетричності відносно діаметральної площини.

Деякі тріщини підлягають заварюванню.

Дефекти шліцьової муфти: зминання шліців в маточині.

Дефекти в підшипниках кочення:

- лущення робочих поверхонь і тіл кочення
- збільшені радіальний і осьовий зазори в підшипнику
- тріщини, відколи, забоїни, риски на робочих поверхнях

При наведених дефектах підшипники доцільно замінити.

3.2.7 Розробка технологічного маршруту ремонту деталі

Для порівняння вартості виготовлення та відновлення вала при розробці технологічного процесу відновлення приймається одна й та сама деталь.

З метою відновлення працездатності та точності вала необхідно обрати такі методи ремонту, які забезпечать повернення його первинних геометричних і функціональних параметрів.

Шийки вала відновлюються методом хромування, що дозволяє не лише відтворити початкові розміри, а й підвищити зносостійкість робочих поверхонь.

Шліцьові поверхні ремонтуються шляхом фрезерування з подальшою механічною обробкою для досягнення необхідної точності.

Короткий маршрут виготовлення вала:

005 – Токарна операція

010 – Наплавлювальна

015 – Термічна

020 – Токарна

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

025 – Фрезерна
 030 – Термічна
 035 – Шліфувальна
 040 – Гальванічна
 045 – Контрольна

Проведемо розрахунок норми часу на кожну операцію.

005 Токарна

Інструкція з техніки безпеки

А. Встановити, зняти

$$H_{вр} = T_{пз} + t_0 = 7 + 5 = 9 \text{ хв}$$

$$t_{в1} = 0,43 \text{ хв}$$

$$T_{пз} = 23 \text{ хв}$$

Приймаємо за довідником $n = 800 \text{ об/хв}$, $s = 0,4 \text{ мм/об}$

1. Відновлюємо центровий отвір пов.1

$$t_0 = L/(ns) = 3/(800*0,4) = 0,003 \text{ хв}$$

2. Проточуємо пов.2

$$t_0 = L/(ns) = 20/(800*0,4) = 0,06 \text{ хв}$$

3. Проточуємо пов.3

$$t_0 = L/(ns) = 24/(800*0,4) = 0,075 \text{ хв}$$

4. Проточуємо пов.6

$$t_0 = L/(ns) = 1,36/(800*0,4) = 0,4 \text{ хв}$$

Визначаємо час переходу

$$t_{в2} = 0,43 \text{ хв}$$

Б. Встановити, зняти.

1. Відновлюємо центровий отвір пов. 4

$$t_0 = L/(ns) = 3/(800*0,4) = 0,003 \text{ хв}$$

2. Проточуємо пов.5

$$t_0 = L/(ns) = 30/(800*0,4) = 0,09 \text{ хв}$$

3. Проточуємо пов.4

$$t_0 = L/(ns) = 222/(800*0,4) = 0,7 \text{ хв}$$

$$H_{вр} = t_{в1} + T_{пз} + t_{0.} + t_{в2} = 1,3 + 23 + 0,43 + 0,42 = 25,15 \text{ хв}$$

010 Наплавочна

Інструктаж з техніки безпеки

А. Встановити, зняти.

$$t_{в1} = 0,46 \text{ хв}$$

$$T_{пз} = 0,3 \text{ хв}$$

$$t_0 = L/(n*S)*i = 68/(4,47*4)*4 = 15,21$$

$$H_{вр} = t_{в1} + T_{пз} + t_{0.} + T_{обс} = 15,21 + 0,46 + 1,42 + 0,3 = 17,7 \text{ хв}$$

015 Термічна

Інструктаж з техніки безпеки

Встановити, зняти.

Відпал валу

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

020 Токарна

Інструктаж з техніки безпеки

А. Встановити, зняти.

$$t_{B1} = 0,86 \text{ хв}$$

$$t_{B1} = 1,94 \text{ хв}$$

$$T_{ПЗ} = 23 \text{ хв}$$

Приймаємо за довідником $n = 800 \text{ об/хв}$, $s = 0,4 \text{ мм/об}$

1. Проточуємо пов.2

$$t_0 = L/(ns) = 20/(800*0,4) = 0,06 \text{ хв}$$

2. Проточуємо пов.6

$$t_0 = L/(ns) = 136/(800*0,4) = 0,4 \text{ хв}$$

3. Проточуємо пов.3

$$t_0 = L/(ns) = 24/(800*0,4) = 0,08 \text{ хв}$$

4. Проточуємо канавку пов.6

$$t_0 = L/(ns) = 0,5/(800*0,4) = 0,0016 \text{ хв}$$

5. Проточуємо канавку пов.9

$$t_0 = L/(ns) = 0,5/(800*0,4) = 0,0016 \text{ хв}$$

6. Проточуємо фаску пов.10

$$t_0 = L/(ns) = 2/(800*0,4) = 0,0062 \text{ хв}$$

7. Проточуємо фаску пов.11

$$t_0 = L/(ns) = 1/(800*0,4) = 0,003 \text{ хв}$$

8. Проточуємо фаску пов.12

$$t_0 = L/(ns) = 2/(800*0,4) = 0,0062 \text{ хв}$$

9. Проточуємо фаску пов.13

$$t_0 = L/(ns) = 2/(800*0,4) = 0,0062 \text{ хв}$$

Визначаємо час переходу

$$t_{B2} = 1,24 \text{ хв}$$

Б. Встановити, зняти.

1. Проточуємо пов.7

$$t_0 = L/(ns) = 222/(800*0,4) = 0,7 \text{ хв}$$

2. Проточуємо пов.5

$$t_0 = L/(ns) = 30/(800*0,4) = 0,09 \text{ хв}$$

3. Проточуємо канавку пов.14

$$t_0 = L/(ns) = 0,5/(800*0,4) = 0,0016 \text{ хв}$$

4. Проточуємо фаску пов.15

$$t_0 = L/(ns) = 2/(800*0,4) = 0,0062 \text{ хв}$$

5. Проточуємо фаску пов.16

$$t_0 = L/(ns) = 2/(800*0,4) = 0,0062 \text{ хв}$$

$$H_{Bp} = t_{B1} + T_{ПЗ} + t_0 = 0,86 + 23 + 1,37 = 39,62 \text{ хв}$$

025 Фрезерна

Інструктаж з техніки безпеки

Встановити, зняти.

$$t_{B1} = 0,21 \text{ хв}$$

$$T_{ПЗ} = 30 \text{ хв}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

1. Фрезерувати шлиці пов.11

$$t_0 = L/(S_m) * 16 = 222/(315) * 16 = 11,28 \text{ хв}$$

2. Фрезерувати шлиці пов.11

$$t_0 = L/(S_m) * 8 = 136/(315) * 8 = 3,45 \text{ хв}$$

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

030 Термічна

Інструктаж з техніки безпеки

Встановити, зняти.

Гартувати пов. 3, 6, 2, 7, 5

035 Шліфувальна

Інструктаж з техніки безпеки

А. Встановити, зняти.

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

1. Шліфувати пов.12

$$T_{шт} = 0,76 \text{ хв}$$

2. Шліфувати пов.13

$$T_{шт} = 1,63 \text{ хв}$$

3. Шліфувати пов.14

$$T_{шт} = 0,82 \text{ хв}$$

Б. Встановити, зняти.

$$t_{в1} = 0,11 \text{ хв}$$

1. Шліфувати пов.11

$$T_{шт} = 1,42 \text{ хв}$$

2. Шліфувати пов.6

$$T_{шт} = 0,94 \text{ хв}$$

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

040 Гальванічна

Інструктаж з техніки безпеки

Встановити, зняти

1. Поверхні, що не підлягають хромуванню, покрити пастою ПВХ

2. Хромувати поверхні 3, 2, 5 товщиною 0,2 мм

$$t = 0,2 \text{ мм}; V = 7,19 \text{ г/см}^3, J_k = 50 \text{ А/дм}^2, \eta = 15\%, C = 0,323 \text{ г/А-ч}, k = 1,1$$

$$K_{и} = 0,75, \Pi_d = 16 \text{ шт}, (\sum t_{в.ч.} + \sum t_{о.п.н.}) = 30 \text{ хв}$$

$$t_0 = 0,2 * 7,19 * 1000 * 60 / * 75 * 0,323 * 15 = 237 \text{ хв}$$

$$H_{вр} = t_0 + (\sum t_{в.ч.} + \sum t_{о.п.н.}) * K / \Pi_d * K_{и} = 237 + 30 * 1,1 / 16 * 0,65 = 25,96 \text{ хв}$$

045 Контрольна

Інструктаж з техніки безпеки

Встановити, зняти

1. Контролювати деталь по всіх параметрах згідно ремонтного креслення

$$H_{вр.общ.} = 25,15 + 17,7 + 39,62 + 44,94 + 23,96 + 25,96 = 177,33 \text{ хв} = 2,9 \text{ год.}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3.2.8 Розробка технологічних операцій ремонту деталі

Технологічні операції при ремонті «Вал шліцьовий» представлено в табл.

3.7.

Таблиця 3.7 – Ескізи операцій відновлення деталі

№ опер.	Найменування та зміст операції	Ескіз операції
1	2	3
005	Токарна Установ А Правити центровий отв. пов. 1 Точити пов. 2 Точити пов. 3 Точити пов. 6 Установ Б Правити центровий отвір 4 Точити пов. 5, 7	
010	Наплавлювальна Установ А Наплавити пов. 2 Наплавити пов. 6 Наплавити пов. 3 Установ Б Наплавити пов. 7 Наплавити пов. 5	
015	Термічна Відпалити вал шліцьовий	
020	Токарна Установ А Точити пов. 2, 6, 3 Точити канавки пов. 8, 9 Точити фаски пов. 10, 11, 12, 13 Установ Б Точити пов. 7, 5 Точити канавку пов. 14 Точити фаски пов. 15, 16	

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР

Арк.

Продовження таблиці 3.7

1	2	3
025	Фрезерна Фрезерувати шліці пов. 7 Фрезерувати шпонковий паз пов. 6	Technical drawing of a shaft with two sections, A and B. Section A has a length of 222 mm and section B has a length of 136 mm. The drawing includes cross-sections A-A and B-B with dimensions and surface finish requirements. Section A-A (1:1): $9h8_{(-0,022)}$ 8 шлицев $\equiv 0,036$ A Section B-B (1:1): $6h8_{(-0,018)}$ 6 шлицев $\equiv 0,036$ A Dimensions: $\phi 46_{-0,009}^{-0,025}$, $\phi 50,4_{-0,53}^{-0,34}$, $\phi 32_{-0,025}^{-0,009}$, $\phi 38,4_{-0,47}^{-0,31}$ Surface finish: $\sqrt{Ra 1,6}$
030	ТО Загартування шліців HRC = 46,4...51,3	
035	Круглошліфувальна Установ А Шліфувати пов. 2 Шліфувати пов. 6 Шліфувати пов. 3 Установ Б Шліфувати пов. 7 Шліфувати пов. 5	Technical drawing of a shaft with multiple sections and surface finish requirements. Dimensions: $\phi 44,8_{+0,008}^{-0,005}$, $\phi 50,4_{+0,008}^{-0,005}$, $\phi 39,8_{+0,008}^{-0,005}$, $\phi 38,4_{+0,008}^{-0,005}$, $\phi 29,8_{+0,0065}^{-0,005}$ Surface finish: $Ra 0,8$, $Ra 0,16$, $Ra 0,3$ Other dimensions: 30, 222, 20, 136, 24, 4,32*
040	Гальванічна Поверхні, що не потребують хромування, покрити пастою ПВХ Хромувати пов. 3, 5, 2 на товщину 0,2мм	
045	Контрольна Контролювати деталь по всім параметрам згідно ремонтно- припасовувального креслення	

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР

Арк.

Таблиця 3.8 – Маршрут технологічного процесу ремонтно-відновлювальних робіт

№ опер.	Найменування та зміст операції	Найменування обладнання	Модель обладнання	Коротка характеристика обладнання
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 10000 кг
010	Токарна Вигладити центрові отвори	Токарний верстат	16K20	Універсальний токарно-гвинторізний верстат. Найбільший діаметр оброблюваної заготовки над супортом 220мм; найбільша довжина оброблюваної заготовки 750- 1500 мм. Клас точності – Н Потужність електродвигуна 10 кВт
015	Контрольна Контролювати індикатором биття валу	Центра, індикатор		
020	Остаточна правка Правити вал остаточно на пресі	Ручний прес для правки валів	CP1800	
025	Слюсарна Нанести на кожний шліц повздовжню риску	Молоток слюсарний Зубило		
030	Токарна Виконати роздачу кожного шліца роликком до ширини шліца	Токарний верстат	16K20	

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.8

1	2	3	4	5
035	Наплавлювальна Наплавленням заварити канавки шліців	Електрод, державка електроду, зварювальний трансформа- тор	Електроди АНО-4 Інвертор ARC-200 (IGBT)	Інвертор для дугового зварювання Напруга живлення, В - $220 \pm 10\%$; Номінальний зварювальний струм, А (ПН) - 170 (100%); споживана потужність, при номінальному струмі, кВА, не більш - 5,7.
040	Шліцефрезерна Фрезерувати шліці в р-р 10	Верстат	5350	Шліцефрезерний напівавтомат діаметр до 500мм, довжина деталі до 1000 мм
045	ТО Загартування шліців HRC = 46,4...51,3	Установка ТВЧ	HF-120	Високочастотний нагрівач 120 кВт, 30-80 кГц
050	Круглошліфувальна Шліфувати зовнішній діаметр шліців $\varnothing 38g6$	Верстат	3M152BM	Круглошліфувальний верстат. Діаметр обробки 200 мм. Відстань між центрами 1000 мм
055	Шліцешліфувальна шліфувати шліці 618	Верстат	BC-815Ф4	Шліцешліфувальний верстат з ЧПК
060	Круглошліфувальна Шліфувати шийки вала до усунення слідів зносу	Верстат	3M152BM	
065	Гальванічна Хромувати шийки вала	Гальванічна ванна	Саморегу- люча ванна	250 г/л CaCO_3 щільність струму $15-75 \text{ А/дм}^2$
070	Шліфувати шийки вала	Верстат	3M152BM	
075	Контрольна			

Для розроблених операцій відновлення деталі «Вал-шліцьовий» проведено підбір інструменту, який наведено в таблиці 3.9.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.9 – Вибір інструменту

№ операції	Найменування операції	Розряд робіт	Різальний інструмент	Контрольний інструмент
1	2	3	4	5
005	Попередня правка	4		Цифровий індикатор 1МИГЦ-13 0-13x0.001мм
010	Токарна	5	Центр для вигладжування отворів	Штангенциркуль ДСТУ ГОСТ 166:2009
015	Контрольна	5		Цифровий індикатор 1МИГЦ-13 0-13x0.001мм
020	Остаточна правка	4		
025	Слюсарна	6	Зубило слюсарне Toptul HCAВ2220	Штангенциркуль ДСТУ ГОСТ 166:2009
030	Токарна	5	Оправка роликова	Штангенциркуль ДСТУ ГОСТ 166:2009
035	Зварювальна			
040	Шліцефрезерна	5	Фреза черв'ячна FETTE DIN 58411	Штангенциркуль ДСТУ ГОСТ 166:2009
045	ТО	5		Твердомір портативний ультразвуковий УЗИТ-3
050	Круглошліфувальна	4	Круг шліфувальний ДСТУ ISO 603-4:2019	Калібр-скоба Ferter ISO 17025
055	Шліцешліфувальна шліфувати шліці 618	5	Круг шліфувальний ДСТУ ISO 603-4:2019	Калібр для контролю шліцевих прямобічних з'єднань ДСТУ ГОСТ 24960:2018
060	Круглошліфувальна	5	Круг шліфувальний ДСТУ ISO 603-4:2019	Калібр-скоба Ferter ISO 17025
065	Гальванічна Хромувати шийки вала	4		
070	Круглошліфувальна	5	Круг шліфувальний ДСТУ ISO 603-4:2019	Калібр-скоба Ferter ISO 17025

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3.2.9 Вибір режимів ремонту

Вибір проводимо для технологічної операції 035 – Наплавлення шліцьового валу

На зварювання і наплавлення припадає від 40 до 80% усіх відновлених деталей. Таке широке поширення цих способів обумовлено: простотою технологічного процесу і застосовуваного устаткування; можливістю відновлення деталей з будь-яких металів і сплавів; високою продуктивністю і низькою собівартістю; одержанням на робочих поверхнях деталей нарощуваних шарів практично будь-якої товщини і хімічного складу (антифрикційні, кислотн - стійкі, жароміцні і т.д.). Нагрівання до температури плавлення матеріалів, що беруть участь при напавленні, призводить до виникнення шкідливих процесів, що впливають на якість відновлюваних деталей. До них відносяться металургійні процеси, структурні зміни, утворення внутрішніх напружень і деформацій в основному металі деталей.

Автоматичне наплавлення під шаром флюсу - один із прогресивних і широко застосовуваних способів відновлення деталей на ремонтних підприємствах. Уперше він був розроблений Київським інститутом електрозварювання ім. Є. О. Патона.

При цьому способі наплавлення механізовані два основних рухи електрода - подача його в міру оплавлення на деталь і переміщення вздовж зварювального шва.

Принципова схема автоматичного електродугового наплавлення деталей під флюсом показана на рис 2.2.

При напавленні під шаром флюсу захист дуги від кисню та азоту повітря здійснюється за рахунок того, що в зону горіння дуги подається флюс, який, розплавляючись, утворює шар, захищаючи метал від впливу навколишнього середовища.

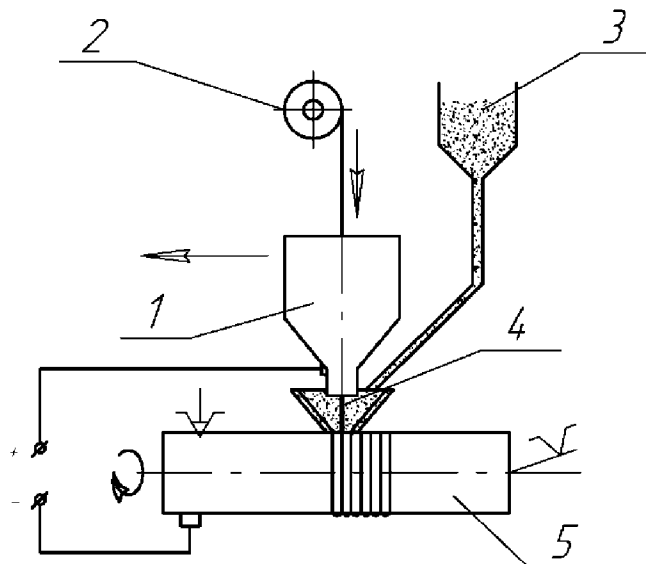


Рисунок 3.2 – Принципова схема автоматичного електродугового наплавлення деталей під флюсом: 1 – наплавлювальний апарат; 2 – касета з дротом; 3 – бункер із флюсом; 4 – електродний дріт; 5 – наплавлювана деталь

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

До дуги, що утвориться між електродом 3 і поверхнею деталі 1, що обертається, спеціальним пристроєм (автоматом) безупинно подається електродний дріт, а з бункера шаром 50...60 мм насипається гранульований флюс. Дуга, утоплена в масі флюсу, горить під рідким шаром розплавленого флюсу в газовому просторі. Рідкий шар флюсу надійно захищає розплавлений метал від навколишнього повітря, значно зменшує розбризкування металу, поліпшує формування шару 2, використання теплоти дуги й матеріалу електродного дроту.

Шлакова кірка 6, що утворюється при остиганні, сповільнює охолодження розплавленого металу і поліпшує умови формування його структури. Невеликий виліт електрода (відстань від мундштука до деталі) дає можливість збільшити щільність застосовуваних зварювальних струмів до 150...200 А/мм².

Товщина шару наплавленого металу в залежності від режиму може бути отримана в межах від 0,5 до 5 мм і більше.

Обладнання для наплавлення під шаром флюсу має зварювальну головку, джерело живлення і токарний або спеціальний верстат. Для механізованого наплавлення застосовують автомати (головки): А-580М, А-874Н, ОКС-1252М, А-384МК тощо, для напівавтоматичного зварювання — шлангові напівавтомати ПШ-54, ПДШМ-500.

Джерелом живлення є зварювальні агрегати типу ПС-300 і ПСГ-500 та випрямлячі типу ВС-300 і ВДУ-504 із спадною характеристикою.

Наплавлення переважно ведуть на постійному струмі зворотної полярності, що дозволяє підтримувати високу стабільність процесу і раціонально використовувати температуру електричної дуги, тобто більше тепла підводити до електричного дроту і менше до деталі.

Фізико-механічні властивості наплавленого металу при автоматичному наплавленні під флюсом у значній мірі залежать від вибору електродного дроту й флюсу. Найбільше застосування в ремонтному виробництві знайшли електродні дроти таких марок: для наплавлення деталей з низько вуглецевих сталей - Св 08, Св 08ГС і інші, для наплавлення деталей зі середньо вуглецевих і низько легованих сталей - пружинний дріт 2-го класу Нп- 65, Нп-80, Нп-30ХГСА і інші.

Плавлені флюси одержують плавкою вихідних матеріалів (марганцевої руди, кварцового піску, плавицевого шпату, магнезиту й ін.) в електричних печах. Розплавлену масу виливають у воду й у такий спосіб одержують склоподібний гранульований флюс із розміром часток 3-3,5 мм.

За хімічним складом плавлені флюси поділяють на два види:

- висококремнієві марок АН-348А, ОСЦ-45 і АН-60, що забезпечують стійке горіння електричної дуги, хороше формування зварювальних валиків і невелику кількість пор у наплавленому металі;

- низько-кремнієві безмарганцеві марок АН-20 і АН-30, зменшують можливість появи гарячих тріщин і пор у наплавленому металі.

Плавлені флюси мають хороші захисні властивості, але не містять легувальних речовин.

Керамічні флюси, крім речовин, що входять у плавлені флюси, містять феросплави. Їх одержують змішуванням порошків вихідних матеріалів із добавкою рідкого скла. Після затвердіння масу дроблять на гранули розміром 2—

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

3 мм. Керамічні флюси мають легувальні властивості, тому що містять феросплави. Найбільш розповсюдженими керамічними флюсами для наплавлення деталей є флюси АНК-18, АНК-348А і ЖСН.

Потрібні властивості (твердість, стійкість проти зношування) наплавленого шару одержують, поєднуючи різні флюси і електродний дріт (табл. 3.10).

У випадку відсутності необхідних керамічних флюсів можна приготувати суміші, додаючи у плавлений флюс, наприклад, А-348А, чавунну стружку (до 40 %), графіт (4 – 6 %) або феросплави (до 30% ферохрому). Застосування таких флюсів-сумішей дозволяє одержати наплавлений шар однорідного хімічного складу, високої твердості й стійкості проти зношування.

Таблиця 3.10 – Залежність твердості наплавленого шару від наплавлених 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 вибирають у залежності від діаметра наплавлюваної деталі. При наплавленні деталей застосовують дріт діаметром 1,6...2,5 мм.

Таблиця 3.11 – Залежність режиму наплавлення під шаром флюсу від діаметра відновлюваної деталі

Діаметр, мм		Зміщення від зеніту, мм	Крок наплавлення, мм	Сила струму, А	Швидкість, м/год	
деталі	електродного дроту				подачі електродного дроту	наплавлення
50 – 60	1,6	2 – 4	3	140 – 150	75 – 80	16 – 24
61 – 75	1,6	3 – 4	3,5	170 – 180	80 – 98	15 – 28
76 – 100	2	5 – 7	4,5	180 – 200	98 – 104	16 – 32
101 – 200	2 – 3	8 – 10	5,6	220 – 250	104 – 140	16 – 32
201 – 300	2 – 3	10 – 15	6,7	250 – 280	140 – 200	16 – 36

Сила зварювального струму суттєво впливає на глибину проплавлень, розміри валика наплавленого металу й продуктивність процесу. З підвищенням

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

сили струму збільшується глибина проплавлень основного металу, ширина й висота наплавленого валика, а також продуктивність процесу.

Розрахувавши режими наплавлення, їх порівнюють з рекомендованими і дослідним шляхом уточнюють. Оцінюючи автоматичне наплавлення під флюсом як спосіб компенсації зносу деталей при їхньому відновленні, слід зазначити такі його переваги: високу продуктивність процесу за рахунок застосування великих густин струму і у 1,5 рази більш вищого, ніж при ручному зварюванні, коефіцієнта наплавлення; економічність процесу у відношенні витрати електроенергії (відсутність втрат на випромінювання світла і тепла) і електродного металу; можливість одержання шарів наплавленого металу великої товщини (від 1,5 до 5 мм і більше); рівномірність шарів і невеликі припуски на наступну обробку; можливість одержання в результаті легування наплавленого металу з необхідними фізико-механічними властивостями; незалежність якості наплавленого металу від кваліфікації виконавця; поліпшення умов праці зварювальників завдяки відсутності ультрафіолетових випромінювань.

До недоліків цього процесу варто віднести: високе нагрівання деталі при наплавленні; неможливість наплавлення деталей діаметром менше 40 мм через стікання наплавленого металу і неможливість утримання флюсу на поверхні деталі; необхідність і визначені труднощі у видаленні жужільної кірки; необхідність застосування термічної обробки наплавленого металу для підвищення зносостійкості.

Вибір обладнання і матеріалів для наплавлення

Для наплавлення під шаром флюсу вибираємо наплавочний автомат А-384МК. Наплавлення виконується голою електродною проволокою, яка подається в зону горіння дуги спеціальним подавальним механізмом, який називається головкою автомата.

Підведення струму здійснюється через ковзаючий контакт, виготовлений із міді. В зону наплавки подається флюс, який її захищає від окислення.

Проволока у вигляді бухти встановлюється на барабан, який обертається, а деталь на маніпулятор. Живлення зварювальної дуги здійснюється від зварювального перетворювача постійного току.

Зварювальна головка виконує наступні функції: подачу електродного дроту в зону зварювання і регулювання дуги, запалювання дуги на початку процесу і розрив дуги в кінці виконання робіт.

Наладка на необхідну швидкість подачі дроту виконується за допомогою змінних шестерень механізму подачі.

Швидкість подачі електродного дроту від 28 до 225 м/год.

Величина зварювального струму визначається швидкістю наплавлення, подачею і діаметром дроту і може досягати 500А.

Для наплавлення валу із сталі 45 з метою підвищення зносостійкості поверхневого шару обираємо дріт Нп-30ХГСА Ø 2 ДСТУ 3671-97.

Флюс FL188F ISO 14174, в результаті одержимо наплавлений метал із твердістю HB 290...310.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3.2.9.1 Розрахунок режимів наплавлення

Поверхня деталі після наплавлення характеризується певними геометричними параметрами, пов'язаними з параметрами технологічних режимів наплавлення (рис. 3.3).

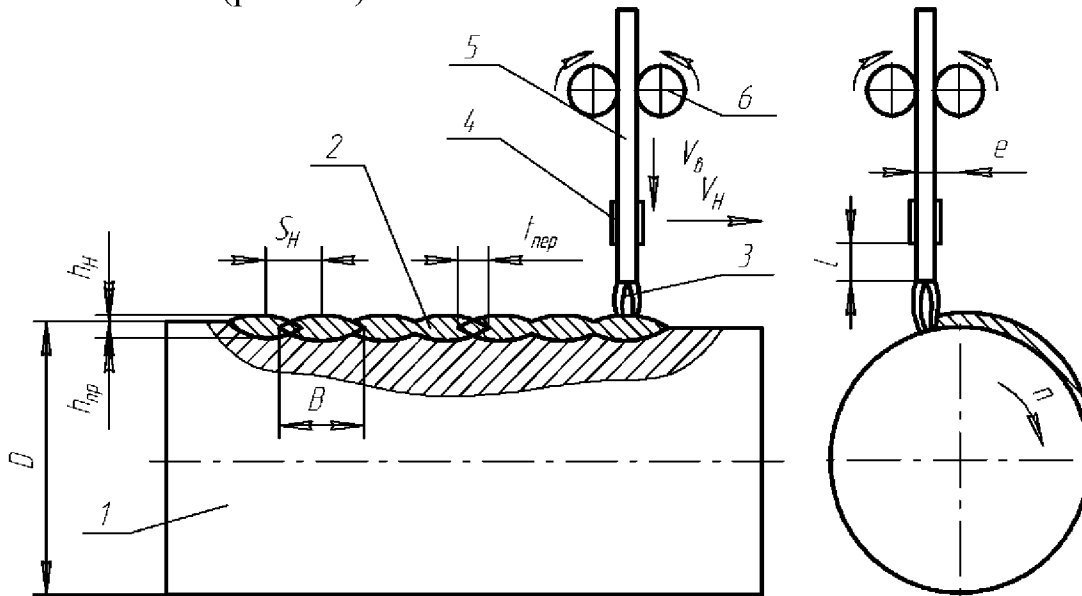


Рисунок 3.3 – Схема до розрахунку технологічних режимів наплавлення:

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 повинна забезпечувати повну компенсацію зношеного шару з урахуванням величини максимального зносу і припуску на механічну обробку, тобто має дотримуватись умова:

$$h = Z_{\max} + z \quad (3.2)$$

де $Z_{\max}$ – максимальний знос,

z – припуск на обробку.

$$h = 1,5 + 6,17 = 9,17 \text{ мм}$$

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

Наплавлений валик повинен мати певну форму, забезпечуючи повне проварювання по всій його поверхні і неглибоке проплавлення основного металу, що залежить і від електричних параметрів електродугового процесу. Враховують також висоту наплавленого шару і діаметр деталі.

Таким чином, формування наплавленого шару на поверхні деталі заданого діаметра із зазначеними якостями і геометричними характеристиками визначається, головним чином, технологічними режимами, пов'язаними з кінематичними параметрами установки для наплавлення, діаметром деталі і електродного дроту, а також електричними параметрами дуги.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

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

1) Швидкість подачі електродного дроту можна визначити, використовуючи такий підхід.

Довжина електродного дроту, який подається за одиницю часу механізмом подачі, чисельно дорівнює швидкості подачі, а його маса визначається залежністю:

$$m_e = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} \cdot v_e \cdot \gamma_e \quad (3.3)$$

де d_e - відповідно діаметр електродного дроту, 2 мм,

v_e - швидкість подачі електродного дроту, 104 м/хв

γ_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:

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

$$m_e^P = \alpha_P \cdot I_H \quad (3.4)$$

де α_P - коефіцієнт розплавлення металу електродного дроту;

I_H - струм наплавлення, 250А.

Швидкість подачі електродного дроту може змінюватись внаслідок коливань електричних і кінематичних параметрів механізму привода подачі, що приводить до зміни довжини дуги. Але при цьому змінюється й сила струму. Із зменшенням довжини дуги опір падає і струм наплавлення зростає, а разом з тим збільшується швидкість плавлення електродного дроту, в результаті чого збільшується довжина дуги; із збільшенням довжини дуги йде зворотний процес. Таким чином, під час механізованого наплавлення має місце саморегулювання дуги, що забезпечує автоматизацію процесу наплавлення.

Стійкість саморегулювання дуги пов'язана з характеристикою джерела живлення, вибір якого залежить від конкретного виду механізованого наплавлення.

Для проведення автоматичного наплавлення тіл обертання необхідно знайти частоту обертання деталі. Цей параметр легко визначити, якщо знати швидкість наплавлення.

Для розв'язання поставленої задачі розглянемо об'ємний елемент наплавленого шару з прямокутним (з деякими допущеннями) перерізом $S_H \times h_H$ і довжиною, рівною швидкості наплавлення.

Маса такого елемента визначається співвідношенням:

$$m_H = S_H \cdot h_H \cdot v_H \cdot \gamma_{HM} \quad (3.5)$$

де γ_{HM} – питома маса наплавленого металу;

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

S_H – крок наплавлення, 4,0 мм,

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

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 коловій швидкості деталі, можна записати:

$$v_H = \frac{\pi \cdot D_D \cdot n \cdot 60}{1000} \quad (3.6)$$

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:

$$n = 5,31 \cdot \frac{v_D}{D_D} \quad (3.7)$$

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

При наплавленні тіл обертання необхідно також враховувати можливість стікання наплавленого металу у напрямку обертання деталі. У зв'язку з цим дугу (електрод) зміщують із zenіту деталі у бік, протилежний її обертанню.

e - зміщення електроду із zenіту, 6 мм, [15 табл.3.52].

На формування валика впливає також виліт електрода, тобто довжина вільного кінця від мундштука. Із його збільшенням збільшується опір, а сила струму і глибина проплавлення зменшуються і за певних умов може бути непроварювання основного металу.

Виліт кінця мундштука, 12 мм.

3.2.9.2 Нормування операцій ремонту

Виконуємо нормування операції 035 – Наплавлення

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

$$T_n = T_0 + T_{\text{дон}} + T_{\text{доо}} + \frac{T_{\text{нз}}}{n} \quad (3.8)$$

де T_0 – основний час.

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

$T_{\text{доо}}$ – додатковий час,

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

n – кількість наплавляємих деталей у партії, 10 шт.

$$T_0 = \frac{\pi \cdot d \cdot \ell}{1000 \cdot V_n \cdot S} \quad (3.9)$$

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 372}{1000 \cdot 30 \cdot 4} = 0,37200 = 22,2 \text{ хв}$$

де ℓ - довжина наплавляємої поверхні деталі, 372 мм

$$T_{\text{доо}} = T_{\text{он}} \cdot \frac{K}{100} \quad (3.10)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

К – коефіцієнт, що враховує частку додаткового часу від основного і допоміжного, К = 10%

$T_{\text{опер}}$ – оперативний час.

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

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

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

3.2.10 Технологія виготовлення деталі

Технологія розробляється на деталь «Вал шліцьовий».

Для розробки технологічного процесу виготовлення деталі був вибраний вал позиція 47. В процесі експлуатації вал 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.

Для разработки технологического процесса изготовления необходимо выбрать заготовку, для чего были выполнены следующие расчеты.

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 /40Х ДСТУ 7806:2015

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

$$M_z = 7,9 \text{ кг}$$

$$M_d = 7,2 \text{ кг}$$

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

Для виготовлення валу був узятий гарячекатаний прокат конструкційної сталі мазкі 40Х ДСТУ 7806:2015. Термообробка – поліпшення (гарт і висока відпустка) НВ 250...280.

Короткий маршрут виготовлення валу:

05 Заготовча

10 Токарна

15 Фрезерна

20 Термічна

25 Шліфувальна

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

30 Контрольна

Проведемо розрахунок норми часу на кожну операцію.

005 Заготівельна

Інструкція по техніці безпеки

Встановити, зняти.

$$T_{\text{пз}} = 5 \text{ хв}$$

1. Відрвати заготовку $t_0 = 7 \text{ хв}$

$$H_{\text{вр}} = T_{\text{пз}} + t_0 = 7 + 5 = 9 \text{ хв}$$

010 Токарна

Інструкція після техніки безпеки

А. Встановити, зняти.

$$t_{\text{в1}} = 0,43 \text{ хв}$$

$$T_{\text{пз}} = 34 \text{ хв}$$

Приймаємо по довіднику $n = 1000 \text{ об/мін}$, $s = 0,4 \text{ мм/об}$

1. Підрізувати торець пов.1

$$t_0 = L/(ns) = 25,5/(1000*0,4) = 0,064 \text{ хв}$$

2. Центруємо отвір пов.1

$$t_0 = L/(ns) = 9/(1000*0,4) = 0,023 \text{ хв}$$

3. Свердлимо отвір пов.2

$$t_0 = L/(ns) = 39/(1000*0,4) = 0,097 \text{ хв}$$

4. Розточуємо отвір пов.3

$$t_0 = L/(ns) = 11/(1000*0,4) = 0,027 \text{ хв}$$

5. Проточуємо фаску пов.4

$$t_0 = L/(ns) = 3/(1000*0,4) = 0,075 \text{ хв}$$

6. Проточуємо фаску пов.5

$$t_0 = L/(ns) = 5/(1000*0,4) = 0,012 \text{ хв}$$

7. Нарізаємо різьбу пов.2

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

8. Проточуємо пов.6

$$t_0 = L/(ns) = 29/(1000*0,4) = 0,072 \text{ хв}$$

9. Проточуємо канавку пов.7

$$t_0 = L/(ns) = 3/(1000*0,4) = 0,075 \text{ хв}$$

10. Проточуємо фаску пов.8

$$t_0 = L/(ns) = 2/(1000*0,4) = 0,005 \text{ хв}$$

11. Проточуємо фаску пов.9

$$t_0 = L/(ns) = 2/(1000*0,4) = 0,005 \text{ хв}$$

Визначаємо час переходу

$$t_{\text{в2}} = 1,24 \text{ хв}$$

Б. Встановити, зняти.

1. Підрізка торцю пов.10

$$t_0 = L/(ns) = 18/(1000*0,4) = 0,11 \text{ хв}$$

2. Центрування отвору пов.10

$$t_0 = L/(ns) = 8/(1000*0,4) = 0,045 \text{ хв}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Визначаємо час переходу

$$t_{B2} = 0,78 \text{ хв}$$

В. Встановити, зняти

1. Проточуємо пов.11

$$t_0 = L/(ns) = 204/(1000*0,4) = 0,51 \text{ хв}$$

2. Проточуємо пов.12

$$t_0 = L/(ns) = 15/(1000*0,4) = 0,037 \text{ хв}$$

3. Проточуємо пов.13

$$t_0 = L/(ns) = 134/(1000*0,4) = 0,33 \text{ хв}$$

4. Проточуємо пов.14

$$t_0 = L/(ns) = 21/(1000*0,4) = 0,052 \text{ хв}$$

5. Проточуємо канавку пов.15

$$t_0 = L/(ns) = 9/(1000*0,4) = 0,022 \text{ хв}$$

6. Проточуємо канавку пов.16

$$t_0 = L/(ns) = 11,5/(1000*0,4) = 0,029 \text{ хв}$$

7. Проточуємо фаску пов.17

$$t_0 = L/(ns) = 2/(1000*0,4) = 0,005 \text{ хв}$$

8. Проточуємо фаску пов.18

$$t_0 = L/(ns) = 2/(1000*0,4) = 0,005 \text{ хв}$$

9. Проточуємо фаску пов.19

$$t_0 = L/(ns) = 2/(1000*0,4) = 0,005 \text{ хв}$$

10. Проточуємо фаску пов.20

$$t_0 = L/(ns) = 2/(1000*0,4) = 0,005 \text{ хв}$$

$$H_{BP} = t_{B1} + T_{ПЗ} + t_0 = 3,4 + 34 + 2,16 = 39,62 \text{ хв}$$

015 Фрезерна

Інструктаж з техніки безпеки

Встановити, зняти.

$$t_{B1} = 0,21 \text{ хв}$$

$$T_{ПЗ} = 30 \text{ хв}$$

1. Фрезерувати шлиці пов.11

$$t_0 = L/(S_m)*16 = 222/(315)*16 = 11,28 \text{ хв}$$

2. Фрезерувати шлиці пов.11

$$t_0 = L/(S_m)*8 = 136/(315)*8 = 3,45 \text{ хв}$$

$$H_{BP} = t_{B1} + T_{ПЗ} + t_0 = 0,21 + 30 + 14,73 = 44,94 \text{ хв}$$

020 Термічна

Інструктаж з техніки безпеки

Встановити, зняти.

1. Загартувати деталь

2. Провести високий відпуск НВ 250...280.

025 Шліфувальна

Інструктаж з техніки безпеки

А. Встановити, зняти.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

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

1. Шліфувати пов.12

$$T_{шт} = 0,76 \text{ хв}$$

2. Шліфувати пов.13

$$T_{шт} = 1,63 \text{ хв}$$

3. Шліфувати пов.14

$$T_{шт} = 0,82 \text{ хв}$$

Б. Встановити, зняти.

$$t_{в1} = 0,11 \text{ хв}$$

1. Шліфувати пов.11

$$T_{шт} = 1,42 \text{ хв}$$

2. Шліфувати пов.6

$$T_{шт} = 0,94 \text{ хв}$$

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

030 Контрольна

Інструктаж з техніки безпеки

Встановити, зняти.

1. Контролювати деталь по всіх параметрах згідно робочого креслення

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

					КНУ.КМР.131.25.1-08.03.ТПВР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Розробляємо верстатно-інструментальне налагодження на верстат HAAS ST-20Y з числовим програмним керуванням, операція токарна з ЧПК Установ А та установ Б.

Загальний вигляд верстату токарного з ЧПК HAAS ST-20Y зображено на рис. 4.1, а його технічні характеристики в табл. 4.1.



Рисунок 4.1 – Верстат мод. HAAS ST-20Y

Ключові особливості верстата мод. HAAS ST-20Y:

Універсальність: Завдяки осі Y і приводному інструменту, верстат здатний обробляти складні деталі, що зменшує потребу в наступних операціях на інших верстатах.

Висока жорсткість: Удосконалена конструкція забезпечує високу жорсткість, що дозволяє виконувати більш важкі режими різання.

Висока продуктивність: Оптимізована конструкція і збільшена потужність шпинделя підвищують швидкість знімання металу.

Зручність роботи: Перероблена ергономіка, зокрема зручніший доступ до патрона, полегшує ручне завантаження і вивантаження деталей.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-08.04.МПОМО</i>		
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата	<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>		
Розроб.	Мазирок						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>		

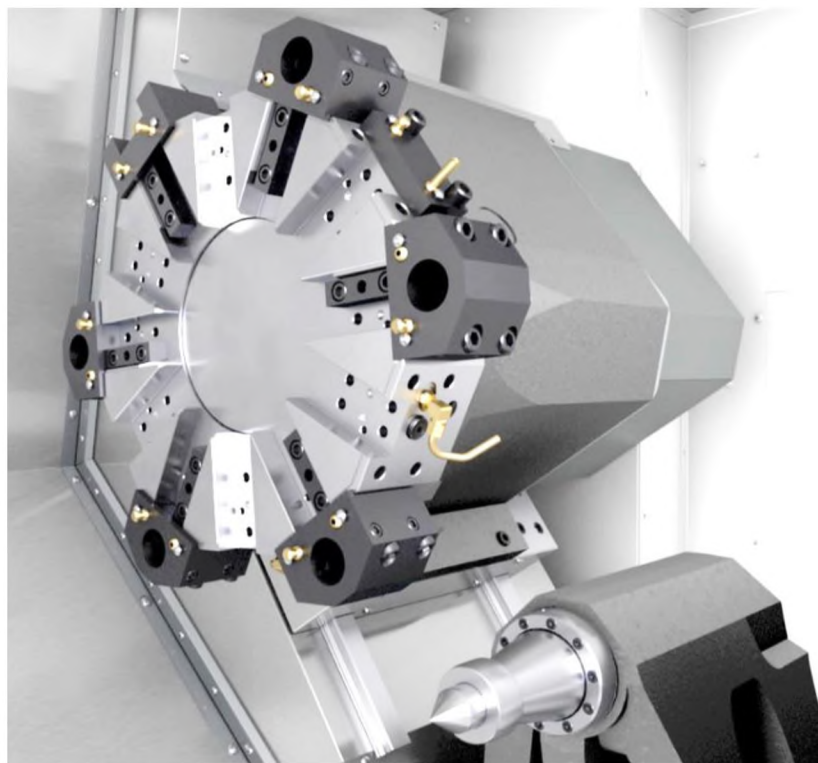


Рисунок 4.2 – Револьверна кріпильна голівка верстата HAAS ST-20Y за стандартом BMT65

Таблиця 4.1 – Технічні характеристики верстата мод. HAAS ST-20Y

Характеристика	Значення
Система керування:	Haas Next Generation Contro
Робочі характеристики	
Максимальний діаметр обробки	298 мм
Максимальна довжина обробки	572 мм
Максимальний діаметр заготовки над станиною	533 мм
Максимальний діаметр прутка	63,5 мм
Переміщення по осях	
Переміщення по осі X	213 мм
Переміщення по осі Y	$Y \pm 50,8$ мм
Переміщення по осі Z	572 мм
Головний шпиндель	
Максимальна потужність	14,9 кВт (20 к.с.)
Максимальна частота обертання	4000 об/хв
Розмір патрона	210 мм
Конус шпинделя	A2-6
Крутний момент	203 Нм
Револьверна головка	
Кількість позицій	12
Тип інструментальної головки	BMT-65
Особливості:	Підтримує приводний інструмент та вісь C

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КМР.131.25.1-08.04.МПМО

Арк.

На кресленні необхідно позначити початки координат верстата, інструмента та деталі. Інструменти слід зобразити у тій послідовності, в якій виконується обробка деталі, із зазначенням їхнього положення у шпинделі верстата. Далі наносять траєкторію руху інструмента з позначенням опорних точок і напрямку переміщення. Після цього здійснюється розроблення керуючої програми для виконання заданої технологічної операції. Кодування інструментів подано в таблиці 4.2, а керуючу програму наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.2 – Кодування інструментів

Код	Інструмент
T01	Різець Seco, державка C4-DSSNR-27042-12, пластина SNMA 120408
T02	Різець Seco, державка C4-SDUNR-11065-11, пластина VBGT 110201-F1

Таблиця 4.3 – Текст керуючої програми

Установ А	Установ Б
%	O010(FILENAME = 010)
ОВал-шліц CAD005(FILENAME = Вал-шліц CAD005)	N20 G20 G40
N20 G20 G40	N25 G28 U0
N25 G28 U0	N30 G28 W0
N30 G28 W0	(OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ1)
(OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ1)	N40 T101
N40 T101	N45 G50 S3000
N45 G50 S3000	N50 G96 S1200 M4
N50 G96 S559 M4	N55 G0 X1.979 Z0.1292 M8
N55 G0 X2.0 Z0.1292 M8	N60 G42 G1 Z0.0111 F0.01
N60 G42 G1 Z0.0111 F0.01	N65 Z-6.9619
N65 Z-10.0394	N70 G3 X2.0047 Z-6.9606 R0.0141
N70 G40 X2.4016	N75 G1 X2.0166 Z-6.9471
N75 G0 Z0.1292	N80 X2.0635 Z-6.937
N80 G42 G1 X1.8031	N85 G40 X2.4016
N85 Z-1.1654	N90 G0 Z0.1292
N90 X1.811	N95 G42 G1 X1.7927
N95 G3 X1.8333 Z-1.17 R0.0157	N100 Z-7.0709
N100 G1 X1.9908 Z-1.2487	N105 X1.811
N105 G3 X2.0 Z-1.2598 R0.0157	N110 G3 X1.8333 Z-7.0755 R0.0157
N110 G40 G1 X2.2362	N115 G1 X1.9682 Z-7.1429
N115 G0 Z0.1292	N120 Z-6.9685
N120 G42 G1 X1.6364	N125 G3 X1.979 Z-6.9619 R0.0141
N125 Z0.0111	N130 G40 G1 X2.2152
N130 X1.7939 Z-0.0676	N135 G0 Z0.1292
N135 G3 X1.8031 Z-0.0787 R0.0157	N140 G42 G1 X1.6063
N140 G40 G1 X2.0394	N145 Z-7.0709
N145 G0 X2.1019 Z0.1843	N150 G40 X2.0289
N150 G28 U0	N155 G0 Z0.1292
N155 G28 W4.9213	N160 G42 G1 X1.5276
	N165 Z-6.2927
	N170 X1.5971 Z-6.3274
	N175 G3 X1.6063 Z-6.3386 R0.0157
	N180 G40 G1 X1.8425
	N185 G0 Z0.1292

					КНУ.КМР.131.25.1-08.04.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 4.3

Установ А	Установ Б
(OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ1)	N190 G42 G1 X1.3701
N165 T202	N195 Z-0.9384
N170 G50 S3000	N200 X1.5183 Z-1.0125
N175 G96 S810 M4	N205 G3 X1.5276 Z-1.0236 R0.0157
N180 G0 X1.553 Z0.1141 M8	N210 G40 G1 X1.7638
N185 G42 G1 X1.6142 Z0. F0.01	N215 G0 Z0.1292
N190 X1.7717 Z-0.0787	N220 G42 G1 X1.2126
N195 Z-1.0489	N225 Z-0.9247
N200 X1.7662 Z-1.0528	N230 G2 X1.2402 Z-0.9291 R0.0236
N205 G2 X1.752 Z-1.0754 R0.0394	N235 G1 X1.3386
N210 G1 Z-1.1713	N240 G3 X1.3609 Z-0.9337 R0.0157
N215 G2 X1.7717 Z-1.1811 R0.0098	N245 G1 X1.3701 Z-0.9384
N220 G1 X1.811	N250 G40 X1.6063
N225 X1.9685 Z-1.2598	N255 G0 Z0.1292
N230 Z-10.0394	N260 G42 G1 X1.0459
N235 G40 X2.2047	N265 Z0.0111
N240 G0 X2.4803	N270 X1.2034 Z-0.0676
N245 G28 U0	N275 G3 X1.2126 Z-0.0787 R0.0157
N250 G28 W0	N280 G40 G1 X1.4488
N255 M30	N285 G0 X1.5113 Z0.1494
%	N290 G28 U0
	N295 G28 W4.9213
	(OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ1)
	N305 T202
	N310 G50 S3000
	N315 G96 S1600 M4
	N320 G0 X0.9625 Z0.1141 M8
	N325 G42 G1 X1.0236 Z0. F0.01
	N330 X1.1811 Z-0.0787
	N335 Z-0.8088
	N340 X1.1729 Z-0.8129
	N345 G2 X1.1614 Z-0.8268 R0.0197
	N350 G1 Z-0.9055
	N355 G2 X1.2402 Z-0.9449 R0.0394
	N360 G1 X1.3386
	N365 X1.4961 Z-1.0236
	N370 Z-6.2992
	N375 X1.5748 Z-6.3386
	N380 Z-6.9505
	N385 X1.5666 Z-6.9546
	N390 G2 X1.5551 Z-6.9685 R0.0197
	N395 G1 Z-7.0669
	N400 G2 X1.5945 Z-7.0866 R0.0197
	N405 G1 X1.811
	N410 X1.9685 Z-7.1654
	N415 G40 X2.2047
	N420 G0 X2.4803 Z-7.1375
	N425 G28 U0
	N430 G28 W0
	N435 M30

					КНУ.КМР.131.25.1-08.04.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Розробка процесу обробки, а саме точіння, розроблено у програмному продукті FeatureCAM та представлено на рисунках 4.3-4.5.

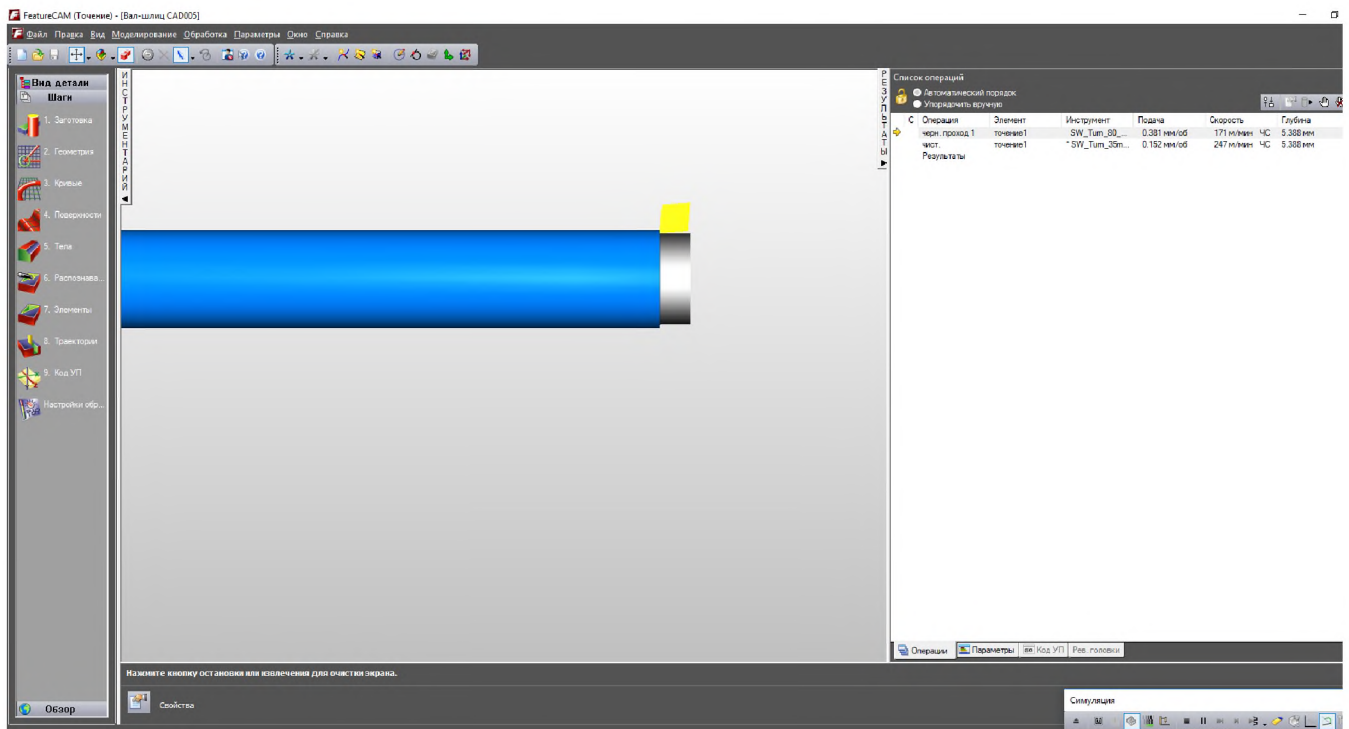


Рисунок 4.3 – Инструмент T01 – початок обробки

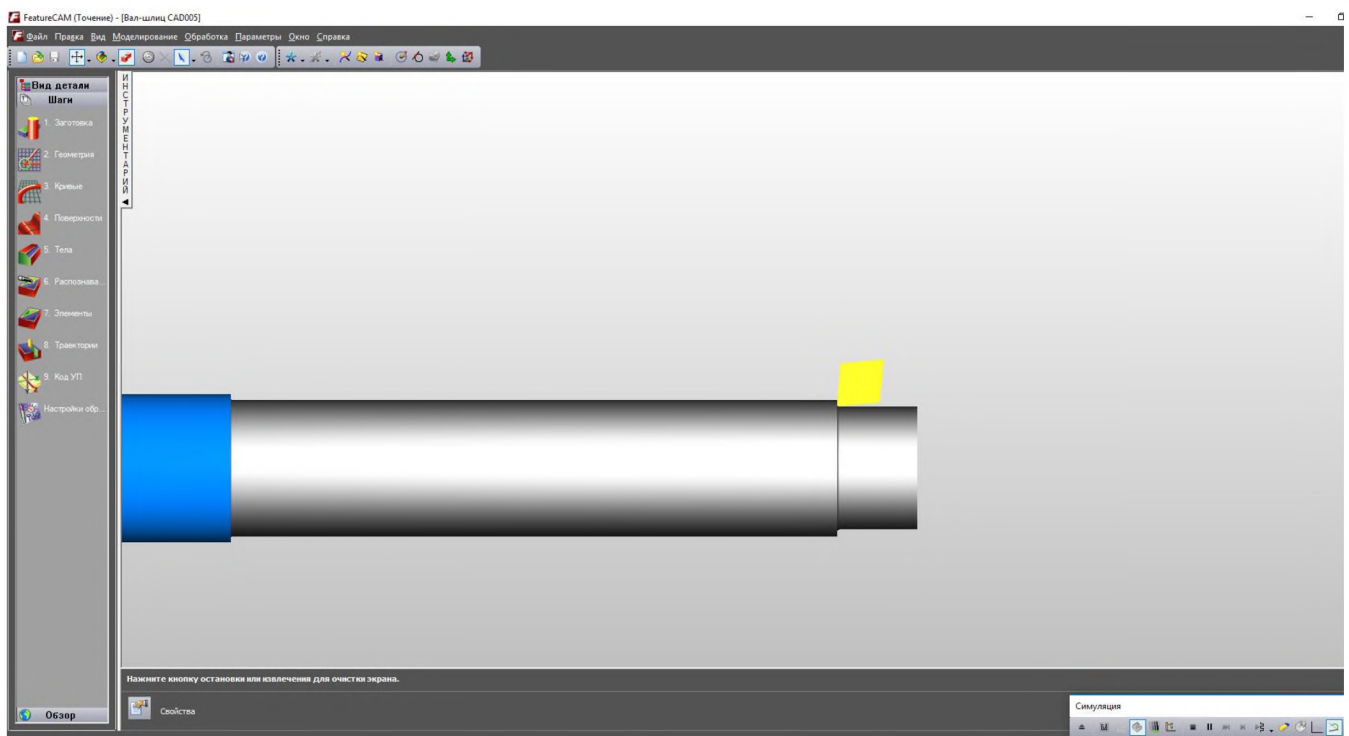


Рисунок 4.4 – Процесс точіння инструментом T01

					КНУ.КМР.131.25.1-08.04.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

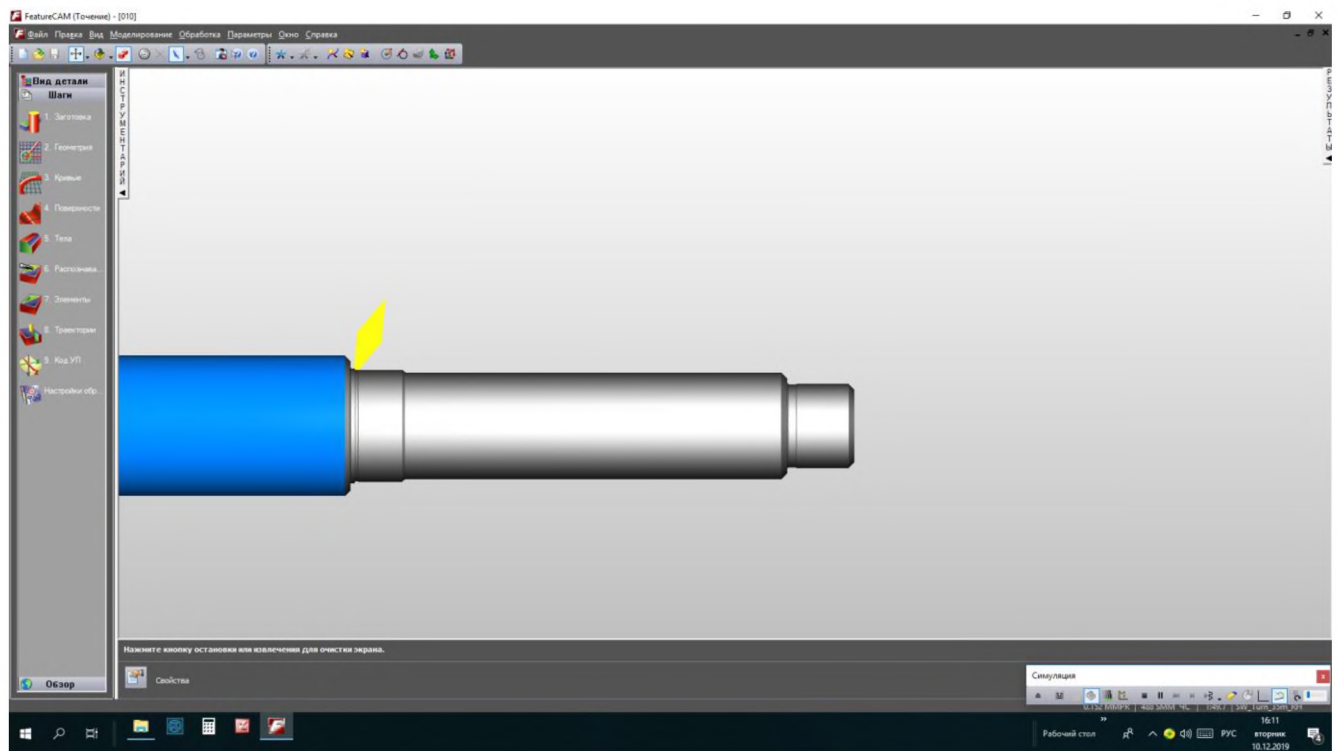


Рисунок 4.5 – Процесс точиния инструментом T02

					КНУ.КМР.131.25.1-08.04.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Розробка оснащення для перевірки геометричної точності і жорсткості верстата

Після капітального ремонту і обкатки верстата проводиться перевірка його відповідності нормам точності і жорсткості. В процесі перевірки не допускається розбирання або регулювання верстата. Результати перевірки заносяться в акт здачі верстата з ремонту.

Верстат, що перевіряється, має довжину станини 2800 мм.

5.1.1 Прямолінійність подовжнього переміщення супорта в горизонтальній площині

Перевірка проводиться за допомогою струни і мікроскопа (рис.5.1, а).

Мікроскоп 3 укріплюють на супорті біля різцетримача. Різцетримач повинен бути розташований можливо ближче до осі центрів верстата. Струну 2 натягують уздовж напрямних станини так, щоб штрихова пластина окуляра мікроскопа поєднувалася з однією з бічних утворюючих струни.

При переміщенні супорта свідчення відлікового пристрою мікроскопа на кінцях струни повинні бути однаковими. Супорт розміщують в подовжньому напрямі на всю довжину ходу. Вимірювання проводять не більше ніж через 0,1 довжин ходу супорта.

Відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю горизонтальних зсувів мікроскопа щодо струни; враховується кратність збільшення мікроскопа.

Допуск на всю довжину напрямних складає 30 мкм.

5.1.2 Прямолінійність подовжнього переміщення супорта у вертикальній площині

Перевірка проводиться за допомогою рівня (рис.5.1, б).

На супорті 4 біля різцетримача паралельно напрямку переміщення супорта встановлюють рівень 5. Різцетримач повинен бути розташований можливо ближче до осі центрів верстата. Супорт переміщують в подовжньому напрямі на всю довжину ходу. Вимірювання проводять не більше ніж через 0,1 довжин ходу супорта.

За отриманими свідченнями рівня на кожній з ділянок будують графік форми траєкторії руху, по якому визначають величину відхилення відносно прямої, що сполучає крайні точки графіка, як найбільшу алгебраїчну різницю ординат.

Допуск на всю довжину напрямних складає 50 мкм.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ					
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Конструкторська підготовка виробництва			Літ.	Арк.	Арх-шіт
Розроб.		Мазирок								
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.								Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								

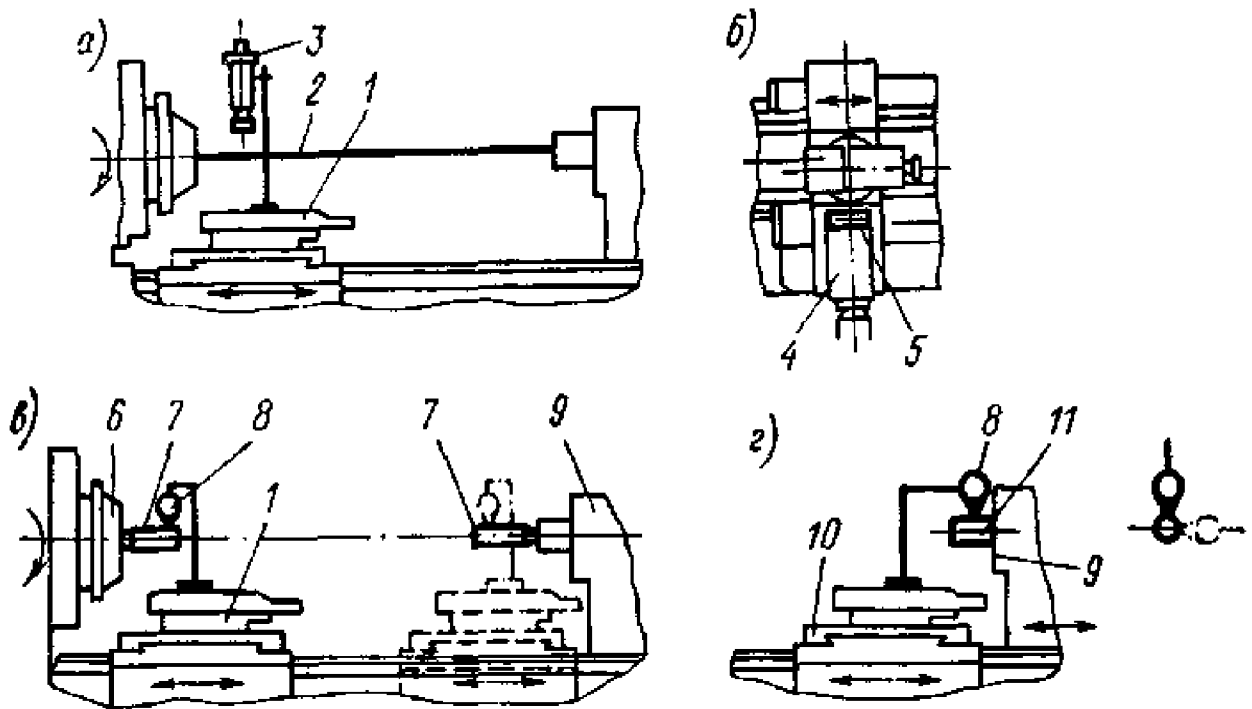


Рисунок 5.1 – Перевірка геометричної точності токарно-гвинторізного

5.1.3 Одновисотність осі обертання шпинделя передньої бабки і осі отвору пінолі задньої бабки по відношенню до напрямних станини у вертикальній площині

Перевірка проводиться за допомогою оправок і індикатора (рис.5.1, в).

Задню бабку 9 з повністю всунутою пінолю встановлюють на відстані приблизно рівному D (найбільший діаметр оброблюваного виробу) від торця шпинделя до торця пінолі. Задню бабку і піноль закріплюють. У отвір шпинделя передньої бабки 6 і в отвір пінолі задньої бабки 9 вставляють оправку 7 з циліндровою вимірювальною поверхнею однакового діаметру.

На супорті 1 (у різцетримачі) укріплюють індикатор 8 так, щоб його вимірювальний наконечник торкався вимірювальної поверхні однієї із оправок на відстані, рівному двом діаметрам оправки від торця шпинделя (пінолі), і був направлений до її осі перпендикулярно утворюючої. Потім супорт переміщують у бік другої оправки і, не змінюючи положення індикатора, проводять перевірку одновисотності з першою оправкою.

Для визначення найбільшого свідчення індикатора верхню частину супорта (поперечні полозки) переміщують в поперечному напрямі вперед і назад. За наслідками вимірювання у шпинделя передньої бабки встановлюють середню арифметичну двох вимірювань. Після першого вимірювання шпиндель повертають на 180° .

Відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю свідчень індикатора двох вказаних вимірювань.

Допуск відхилення складає 40 мкм. Вісь пінолі може бути лише вище за вісь шпинделя.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

5.1.4 Паралельність переміщення задньої бабки переміщенню супорта, що перевіряється у вертикальній і горизонтальній площинах

Супорт 10 і задню бабку 9 встановлюють в крайнє початкове положення на тих, що направляють станини (праве або ліве). Піноль 11 всувають в задню бабку на 0,8 ходу і затискають. На супорті укріплюють індикатор 8, вимірювальний наконечник якого повинен бути перпендикулярний до осі пінолі (рис.5.1, г).

Супорт і задню бабку переміщують одночасно (при цьому відстань між супортом і задньою бабкою повинна бути постійною) на всю довжину ходу задньої бабки із зупинками для вимірювання не більше ніж через 0,3 довжин ходу. Задню бабку закріплюють.

Відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю свідчень індикатора при первинному і подальшому положеннях задньої бабці і супорта. Допуск відхилення складає 50 мкм.

5.1.5 Радіальне биття центруючої поверхні шпинделя передньої бабці під патрон

На нерухомій частині верстата укріплюють індикатор 1 так, щоб його вимірювальний наконечник торкався поверхні шпинделя, що перевірялася, 2 і був направлений до її осі перпендикулярно утворюючої (рис.5.2,а). Шпиндель приводять в обертання (у робочому напрямі). Шпиндель при вимірюванні повинен зробити не менше двох оборотів. Відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю свідчень індикатора.

Допуск відхилення складає 10 мкм.

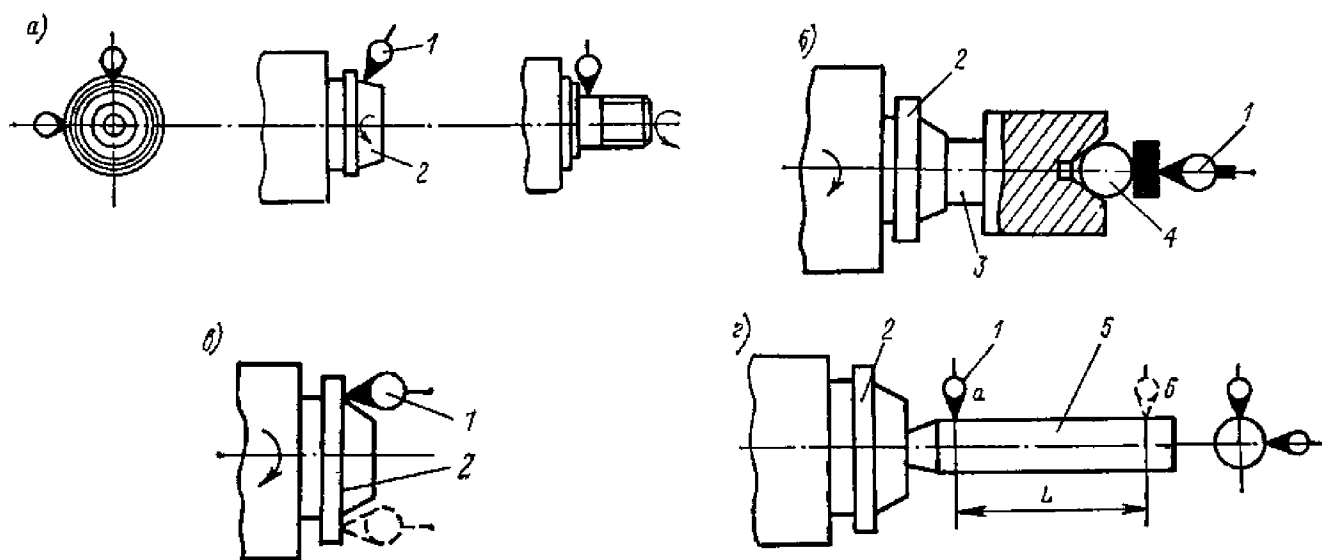


Рисунок 5.2 – Перевірка геометричної точності токарно-гвинторізного верстата

5.1.6 Осьове биття шпинделя передньої бабки

У отвір шпинделя 2 передніх бабці вставляють контрольне облямовування 3 з центровим отвором під кульку 4 (рис. 5.2, б).

На нерухомій частині верстата укріплюють індикатор 1 так, щоб його плоский вимірювальний наконечник торкався кульки, вставленої в центровий отвір оправки. Шпиндель приводять в обертання (у робочому напрямі).

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Шпиндель при вимірюванні повинен зробити не менше двох оборотів. Відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю результатів вимірювань.

Допуск відхилення складає 10 мкм.

5.1.7 Торцеве биття опорного буртика шпинделя передньої бабки

На нерухомій частині верстата укріплюють індикатор 1 так, щоб його вимірювальний наконечник торкався опорного буртика шпинделя 2 на можливо більшій відстані від центру і був перпендикулярний йому. Шпиндель приводять в обертання (у робочому напрямі). Вимірювання його проводять так, як показано на рис.5.2, в.

При кожному вимірюванні шпиндель повинен зробити не менше двох оборотів. Відхилення визначають як найбільшу різницю алгебри свідчень індикатора в кожному його положенні.

Допуск відхилення складає 20 мкм.

5.1.8 Радіальне биття конічного отвору шпинделя передньої бабки, що перевіряється: а – у торця; б – на довжині L

У отвір шпинделя 2 вставляють контрольну оправку 5 з циліндровою вимірювальною поверхнею (рис.5.2, г). На нерухомій частині верстата укріплюють індикатор 1 так, щоб його вимірювальний наконечник торкався вимірювальної поверхні оправки і був направлений до її осі перпендикулярно утворюючою. Шпиндель приводять в обертання (у робочому напрямі).

При кожному вимірюванні шпиндель повинен зробити не менше двох оборотів. Відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю свідчень індикатора в кожному його положенні.

Допуск відхилення при $L = 300$ мм по схемі а складає 12 мкм, б – 20 мкм.

5.1.9 Паралельність осі обертання шпинделя передньої бабці подовжньому переміщенню супорта: а – у вертикальній площині; б – в горизонтальній площині

У отвір шпинделя 1 вставляють контрольну оправку 3 з циліндровою вимірювальною поверхнею (рис.5.3, а).

На супорті 4 (у різцетримачі) укріплюють індикатор 2 так, щоб його вимірювальний наконечник торкався вимірювальної поверхні оправки і був направлений до її осі перпендикулярно утворюючою. Супорт переміщують в подовжньому напрямі на всю довжину ходу L. Вимірювання проводять по двох діаметрально протилежним утворюючим оправки (при повороті шпинделя на 180°).

Відхилення визначають як середню арифметичну результатів не менше чим двох вимірювань в кожній площині, а кожен з результатів визначають як найбільшу алгебраїчну різницю свідчень індикатора при переміщенні супорта.

У разі опор ковзання перевірку можна проводити при повільному обертанні шпинделя. Результат визначається при кожному положенні супорта найбільшою різницею алгебри свідчень індикатора.

Допуск відхилення при $L = 300$ мм по схемі а складає 20 мкм, б – 12 мкм.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Відхилення в кожній з площин визначають як найбільшу величину алгебраїчної різниці свідчень індикатора в двох вказаних положеннях пінолі і супорта. Допуск відхилення при $L = 100$ мм по схемі а складає 20 мкм, б – 12 мкм.

5.1.13 Паралельність осі конічного отвору пінолі задньої бабки переміщенню супорта: а – у вертикальній площині; б – в горизонтальній площині

Задню бабку встановлюють в положення, передбачене в перевірці 1.3, і закріплюють (рис.5.3, г).

У отвір пінолі 6 вставляють контрольну оправку 3 з циліндровою вимірювальною поверхнею. На супорті 4 встановлюють індикатор 2 так, щоб його вимірювальний наконечник торкався вимірювальної поверхні оправки і був направлений до її осі перпендикулярно утворюючої. Супорт переміщують в подовжньому напрямі на довжину L . Відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю свідчень індикатора у вказаних положеннях супорта.

У разі пінолі з центром» вимірювання, що обертається, проводять по двох діаметрально протилежним утворюючим оправки (при повороті оправки з центром, що обертається, на 180° після першого вимірювання). Відхилення при цьому визначають як середню арифметичну результатів двох вказаних вимірювань.

Допуск відхилення при $L = 300$ мм по схемі а складає 30 мкм, б – 30 мкм.

5.1.14 Точність кінематичного ланцюга від шпинделя передньої бабці до супорта (ходового гвинта)

Ланцюг передач настроюють так, щоб за кожен оборот шпинделя проводилося переміщення супорта на довжину, близьку кроку ходового гвинта.

Перевірку проводять за допомогою приладів і засобів, що забезпечують безперервний запис результатів вимірювання (або дискретний запис з кількістю точний вимірювань не менше 4-6 на одному обороті ходового гвинта). Накопичена погрішність визначається як різниця між фактичною і заданою довжиною щодо переміщення супорта в межах заданої довжини вимірювання на будь-якій ділянці переміщення супорту.

При неможливості проведення перевірки 5.1.14 проводиться перевірка 5.1.15. Допуск відхилень складає 16 мкм при $L = 50$ мм і 40 мкм – при $L = 300$ мм (L – довжина переміщення супорта). При участі в перевірці коробки подачі допуски збільшуються на 25%.

5.1.15. Осьове биття ходового гвинта

На нерухомій частині верстата укріплюють індикатор 2 так, щоб його вимірювальний наконечник торкався торця ходового гвинта 8 у його центру (або поверхні кульки 9, вставленого в центровий отвір ходового гвинта). Ходовий гвинт приводять в обертання (рис.5.3, д).

Вимірювання проводять по черзі при обох напрямках обертання ходового гвинта (при відповідних напрямках осьового навантаження, що створюється робочим тиском між гвинтом і матковою гайкою при подовжньому переміщенні супорта).

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

При вимірюванні ходовий гвинт повинен зробити не менше трьох оборотів. Відхилення визначають як найбільшу різницю алгебраїчну свідчень індикатора. Допуск відхилення складає 10 мкм.

5.2 Перевірка верстата в роботі

5.2.1 Точність геометричної форми циліндрової поверхні зразка, обробленого на верстаті при закріпленні його в патроні або в отворі шпинделя

Точність геометричної форми циліндрової поверхні зразка 1, обробленого на верстаті при закріпленні його в патроні або в отворі шпинделя (рис. 5.4, а): а – постійність діаметру в поперечному перетині; б – постійність діаметру в будь-якому перетині. На верстаті (у патроні або в отворі шпинделя) закріплюють зразок 1 і проводять обробку його зовнішньої циліндрової поверхні (поясочків шириною 20 мм).

Перевірку постійності діаметру обробленої поверхні проводять приладом для вимірювання діаметрів валів. Відхилення визначають по різниці діаметрів оброблених поверхонь: для перевірки а – в будь-якому поперечному перетині; для перевірки б – в будь-яких два і більш поперечних перетинах.

Допуск відхилення при $L = 300$ мм по схемі а складає 10 мкм, би — 30 мкм.

5.2.2 Площинна поверхні торця зразка, обробленої на верстаті.

Зразок виготовляється з будь-якого металу і може мати кільцеві поясочки – у периферії, в середині і в центрі (рис. 5.4, б, в).

Зразок 3 (рис. 5.4, б) закріплюють на верстаті в патроні або шпинделі і проводять обробку поверхні торця.

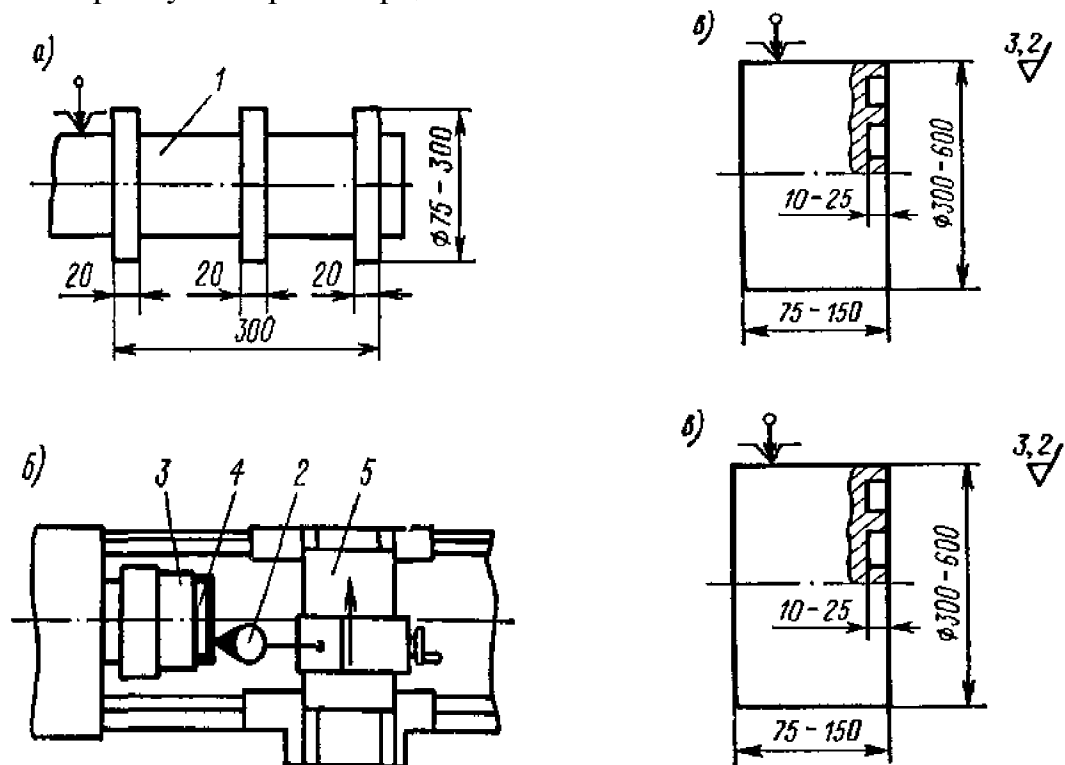


Рисунок 5.4 – Перевірка верстата в роботі

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

5.2.3 Перевірку площинності обробленої поверхні за допомогою індикатора на верстаті

Перевірку проводять, не знімаючи зразок з верстата. Індикатор 2 укріплюють на супорті 5 так, щоб його вимірювальний наконечник торкався поверхні, що перевірялася, 4 і був їй перпендикулярний. Верхню частину супорта переміщують в поперечному напрямі на довжину, рівну або декілька велику D (діаметр зразка).

Відхилення визначають як половину найбільшої алгебраїчної різниці свідчень індикатора.

5.2.4 Перевірку площинності обробленої поверхні за допомогою контрольної лінійки і індикатора (або кінцевих мір довжини, плиток або щупа).

На поверхні, що перевіряється, встановлюють лінійку (рис. 5.4, б) по черзі в осевих і інших різних перетинах. Індикатор ставлять поряд і торкаються вимірювальним наконечникам його лінійки.

Відхилення визначають як найбільшу алгебраїчну різницю свідчень індикатора при його переміщенні. Допускається перевірка за допомогою щупа.

Допуск відхилення при $L = 300$ мм складає 20 мкм (L – довжина вимірювання). Опуклість не допускається.

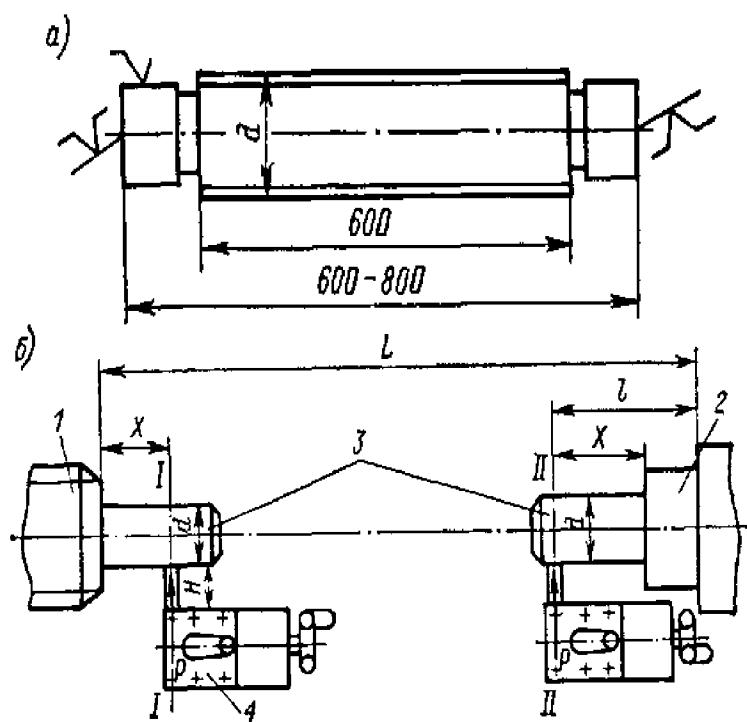


Рисунок 5.5 – Перевірка верстата: а – на точність кроку різьблення ходового гвинта; б – на жорсткість

5.2.5 Точність кроку різьблення (рівномірність), нарізаного на верстаті

Заздалегідь виготовляється зразок з середньовуглецевої сталі з d , рівним діаметру ходового гвинта верстата, $L \geq D$; $L_1 \geq D_i$ ($L = 600-800$ мм; $L_1 = 600$ мм).

Зразок закріплюють в центрах верстата, після чого нарізують трапецеїдальне різьблення $d \times L_1 \times t$, де t – крок різьблення, приблизно рівний

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

кроку ходового гвинта верстата. Після чистової обробки перевіряють рівномірність різблення за допомогою відповідних приладів і методів перевірки (рис. 5.5, а).

За наслідками вимірювань визначають накопичену погрішність кроку різблення – різниця між фактичною і заданою відстанню між будь-якими однойменними не сусідніми профілями витка різблення в осьовому перетині по лінії, паралельній осі гвинта.

Допуск відхилень при $L = 300$ мм складає 40 мкм.

4.2.6 Відносне переміщення під навантаженням різцетримача і оправки, встановленої: а – в шпинделі передньої бабці; б – в пінолі задньої бабці.

Для даного верстата Н – відстань від точки додатку сили Р до різцетримача (рис. 5.5, б) – рівні 67 мм; І – відстань від точки прикладання сили Р до торця корпусу задньої бабки, рівне 200 мм; d – діаметр оправки в точці вимірювання переміщення, рівний 45 мм; L – найбільша відстань від торця шпинделя до торця корпусу задньої бабки, рівне 0,75 – 0,85 найбільшої міжцентрової відстані; Х – відстань від точки прикладання сили Р до торця шпинделя (перехідної втулки) або пінолі, рівне для шпинделя 90 мм і для пінолі, – 70 мм. Сила, що додається, рівна 112 Н, а допуск для шпинделя передньої бабці складає 0,35 мм, для пінолі задньої бабки — 0,47 мм.

У отвори шпинделя 1 і пінолі 2 вставляють оправку 3.

Пристрій для навантажуючої сили закріплюють в лівому пазу різцетримача 4. Для вимірювання величини навантажуючої сили використовують робочі динамометри.

Всі рухомі частини супорта, піноль і корпус задньої бабки разом з її плитою перед кожним випробуванням переміщують і встановлюють в задані положення, а шпиндель повертають. При цьому ползки супорта підводять в положення перевірки, переміщуючи їх до лінії центрів верстата. Допускається подовжній (уздовж лінії центрів) зсув верхньої частини супорта в межах 0,2 довжини ходу.

Закріплення задньої бабки і пінолі в бабці, а також різцетримача проводять без застосування подовжувачів до ключів і рукояток, якщо це не передбачено керівництвом по експлуатації верстата.

Між шпинделем (пинолью) і різцетримачем по напрямку поперечної подачі створюють силу Р., що плавно зростає до заданої межі.

Одночасно за допомогою індикатора вимірюють (у площині дії сили) відносне переміщення різцетримача і оправки в радіальному напрямі, паралельному напрямку подачі.

За величину відносних переміщень приймають середню арифметичну результатів двох випробувань.

5.3 Розрахунок на міцність та перевірка механічних властивостей ремонтної деталі

Під час виготовлення деталі ремонтного шліцьового вала коробки швидкостей доцільно провести порівняльний аналіз механічних властивостей

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

залежно від обраного матеріалу заготовки. У даному випадку використовується сталь 40Х відповідно до ДСТУ 7806:2015.

За допомогою програмного забезпечення SolidWorks Simulation можна дослідити схему викривлення вала, визначити ділянки з максимальними навантаженнями, а також проаналізувати сумарні лінійні переміщення конструкції.

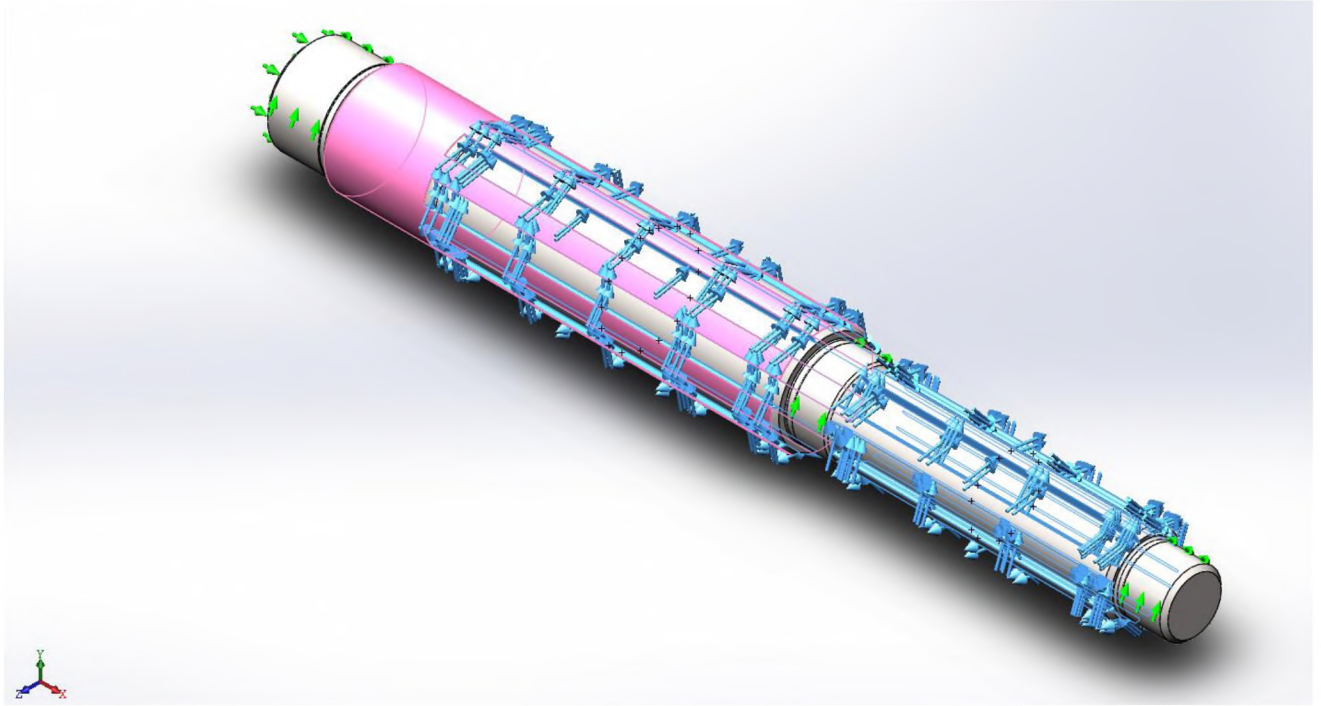


Рисунок 5.6 – Закріплення та прикладення зусиль до вал-шліцьовий

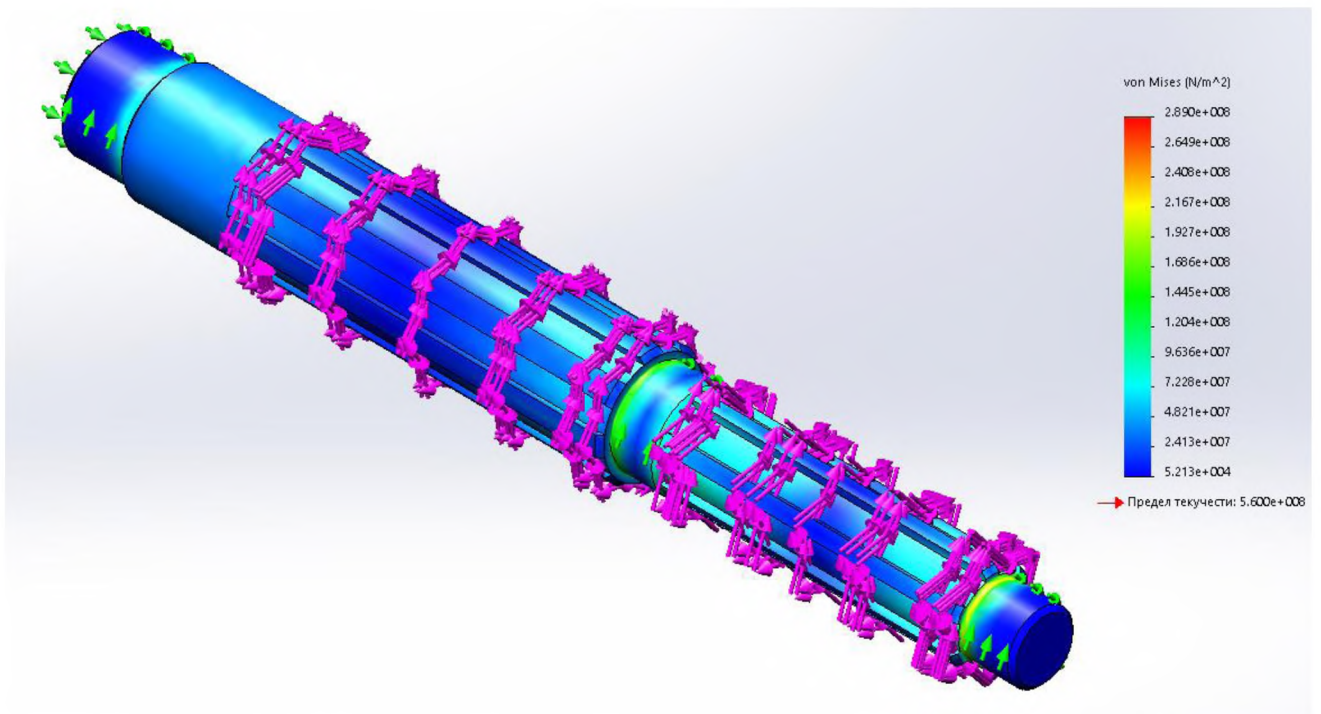


Рисунок 5.7 – Аналіз деформації вал-шліцьовий (епюри напружень)

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На епюрі напружень чітко видно зону максимальної концентрації напружень, яка розташована в районі кореня шліців (в місці різкої зміни геометрії). Це цілком очікувано для деталей, що працюють на кручення, оскільки шліци є концентраторами напружень. Максимальне значення напружень (червона зона на епюрі) не повинно перевищувати границю текучості матеріалу (560 МПа) для забезпечення міцності.

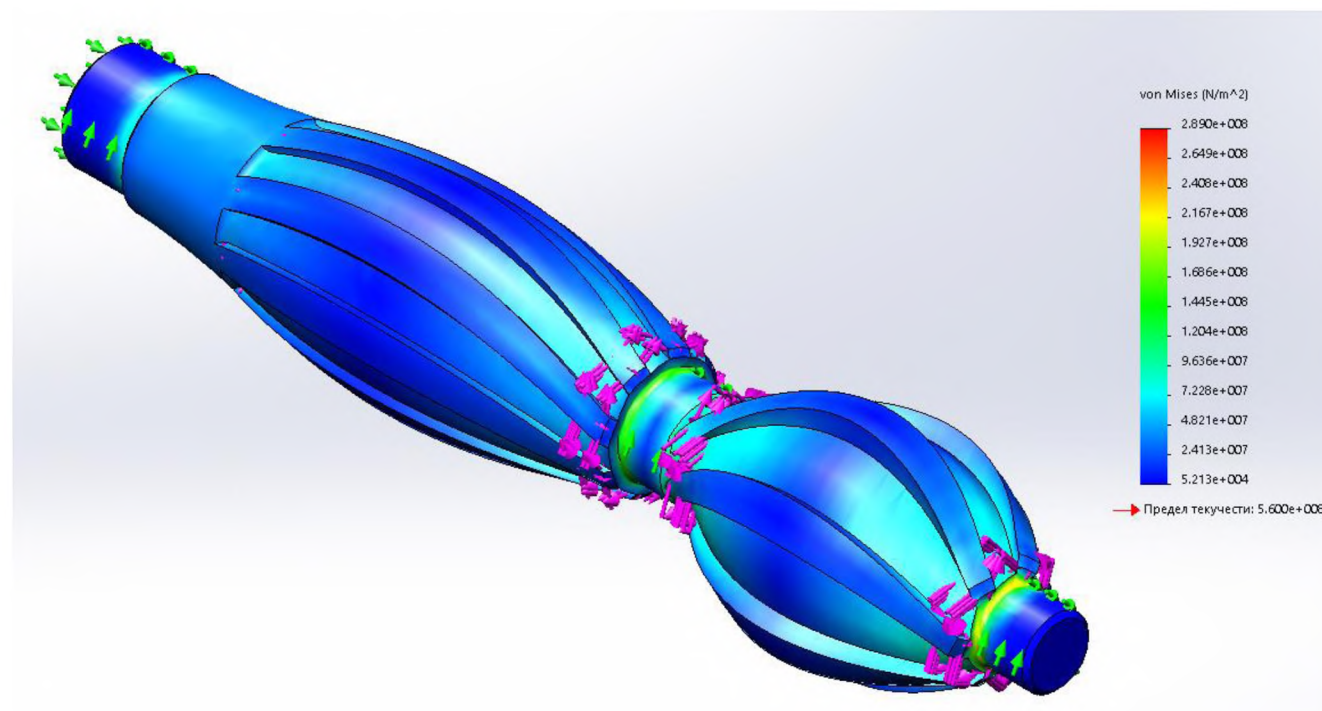


Рисунок 5.8 – Аналіз деформації вал-шліцьовий (епюри деформації)

Епюра переміщень показує величину та розподіл сумарних переміщень (деформації) валу під дією моменту, що крутить. Максимальне переміщення спостерігається на найвільніших ділянках валу, найвіддаленіших від закріплень. Величина максимального переміщення є незначною (порядку мікронів або сотих часток міліметра), що є типовим для жорстких сталевих валів під такими навантаженнями. Це підтверджує, що жорсткість валу є достатньою.

Епюра еквівалентних деформацій (за Вон Мізесом) корелює з епюрою напружень. Максимальні деформації також зосереджені в зоні кореня шліців. Характер розподілу деформацій підтверджує, що пластична деформація (якщо вона є) локалізована в невеликій області, в той час як більша частина валу залишається в пружній стадії деформування. Це нормально для роботи конструкції, якщо напруження не перевищують границю текучості.

5.3.1 Загальний висновок

Конструкція валу в цілому витримує прикладене навантаження крутного моменту 65 Н·м. Однак, наявність явної концентрації напружень в корені шліців є критичним фактором. Ця зона вимагає найбільшої уваги при оцінці довговічності та запасу міцності.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деформації та переміщення валу під навантаженням є мінімальними, що свідчить про достатню жорсткість конструкції для даного типу навантаження.

Рекомендації:

1. Обов'язково перевірити чисельне значення максимального еквівалентного напруження в зоні концентрації. Воно має бути значно нижчим за границю текучості матеріалу (560 МПа) з необхідним коефіцієнтом запасу.

2. Для підвищення довговічності та зниження концентрації напружень рекомендується застосування галтелі (радіусу закруглення) в корені шліців. Навіть невеликий радіус значно знизить пікові напруження.

3. Розглянути можливість термообробки поверхні (наприклад, гартування з подальшим відпуском) шліцьової частини валу для підвищення її втомної міцності.

Підсумок: вал з запропонованою геометрією та матеріалом принципово придатний для роботи під навантаженням 65 Н·м, але для забезпечення надійності та довговічності необхідно вжити заходів щодо зниження концентрації напружень у шліцах.

5.4 Проектування контрольного пристосування

Виконуємо проектування контрольного пристрою, призначеного для перевірки відхилень форми та розташування поверхонь валу (рисунок 5.9). Під час перевірки індикатор встановлюють у контакт із контрольованою поверхнею, після чого деталь обертають і фіксують покази індикатора.

Підбір засобів контролю здійснюється з урахуванням допустимої похибки вимірювання. Контрольний прилад повинен мати точність, що перевищує вимоги, зазначені на робочому кресленні деталі, щонайменше на один порядок. Для цього обираємо електронний індикатор моделі 1МИГЦ-13 з діапазоном вимірювання 0–13 мм і ціною поділки 0,001 мм.

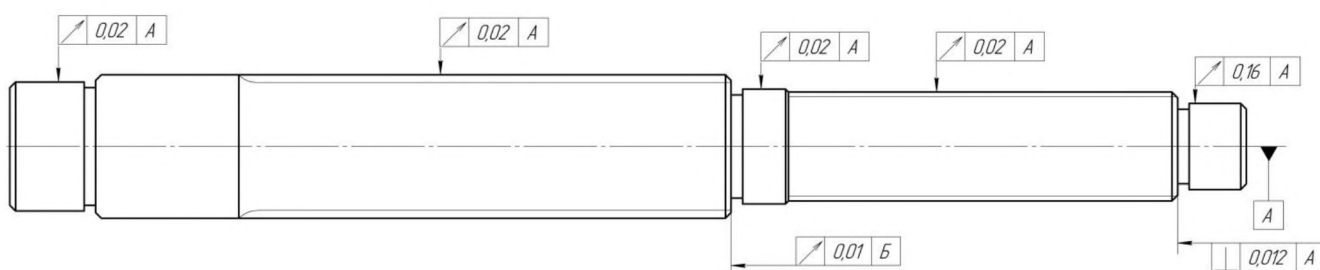


Рисунок 5.9 – Відхилення форми та розташування поверхні вал шліцьовий

Таблиця 5.1 – 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

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

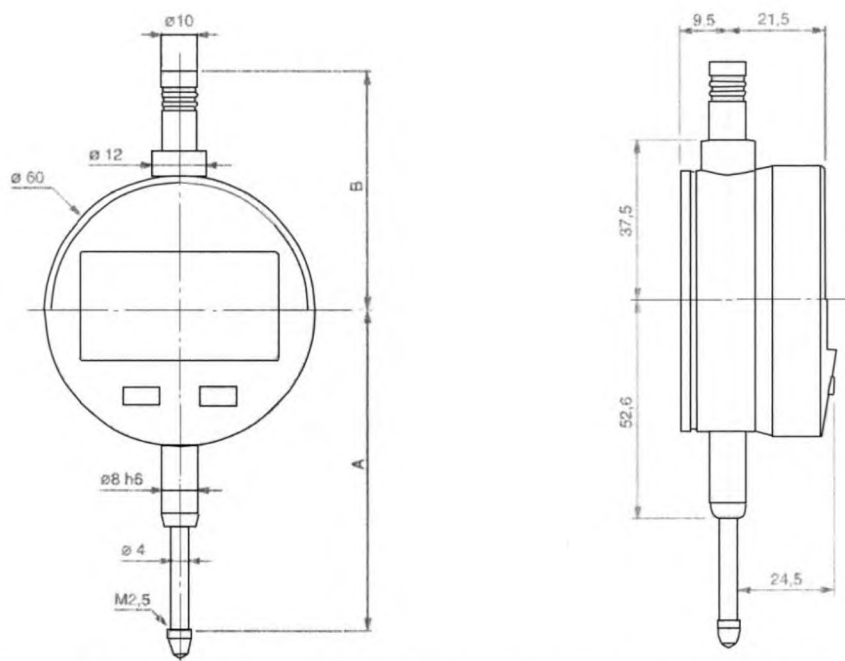


Рисунок 5.10 – Ескіз цифрового індикатора 1МИГЦ-13 0-13x0.001мм

5.4.1 Розрахунок точності контрольного пристрою

Розрахунок точності контрольного пристрою здійснюється у такій послідовності:

1. Визначається допустима похибка контролю.
2. Обчислюється сумарна похибка контролю.

Сумарна похибка контролю визначається за відповідною формулою, для чого необхідно виявити та розрахувати всі її складові:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{л.р.} + \Delta_{н.п.} + \Delta_{у.е.} + \sqrt{\Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{деф}^2 + \Delta_{вип.}^2 + \Delta_{з}^2 + \Delta_{в.п.}^2}, \quad (5.1)$$

Допустима похибка контролю може становити від 8 % до 30 % від допуску на контрольований розмір:

$$[\Delta] = 0,08 \div 0,3 \cdot T, \quad (5.2)$$

де $[\Delta]$ – допустима похибка вимірювання;

T – допуск на параметр, який контролюється.

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

Величина допустимої похибки вимірювання визначається залежно від допуску на параметр, що контролюється. Вимірювальний прилад обирають таким чином, щоб його точність була на порядок вищою за заданий допуск.

З урахуванням схеми вимірювання, а також того, що перед початком роботи у пристрій встановлюється еталон і датчики проходять процедуру обнулення, похибка виготовлення установочних елементів ($\Delta_{у.е.}$) приймається рівною допуску на розмір еталону.

Похибка базування відсутня, оскільки деталь установлена на конструкторську базу. Похибка деформації також не враховується, тому що деталь має достатню жорсткість, а закріплення не здійснюється.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для даного пристрою сумарна похибка контролю розраховується за наведеною формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y.e} + \sqrt{\Delta_{\text{вип.}}^2 + \Delta_{\text{в.п.}}^2}, \quad (5.3)$$

Випадкові похибки визначаються:

$$\Delta_{\text{вип.}} = 0,04 \cdot T \quad (5.4)$$

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

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

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

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

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

Таким чином, якщо допуск на еталон становить менше 0,004 мм, то похибка вимірювання не перевищуватиме допустиме значення.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.05.КПВ	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

При плануванні планово-попереджувальних ремонтів дільниці, здійснюється обов'язкове планування всіх робіт по технічному обслуговуванню та ремонту наявного на підприємстві обладнання. За річним планом ремонту та модернізації обладнання визначається загальний обсяг ремонтних робіт по підприємству.

Кількість умовних ремонтних одиниць визначимо за формулою:

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

де n – кількість верстатів даного типу на ділянці – дані за завданням викладача;
 R – ремонтна складність верстатів.

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

Таблиця 6.1 – Кошторис-специфікація ремонтної дільниці

№ з/п	Найменування обладнання	Марка устаткування	Кількість ремонтних одиниць (n)	Ремонтна складність (R)	Кількість умовних ремонтних одиниць (N)	Первинна вартість устаткування, тис.грн (Bn^{*1})
1	Гвинторізний підвищеної точності	1E61MT	24	9,5	220	25,3
2	Радіально-свердлильні	2503	25	5	121	62,3
3	Координатно-розточні	MP-4	6	26	150	75
4	Круглошліфувальні	3Б153У	22	7,5	160	79
5	Зубофрезерувальний горизонтальний автомат	5А308	15	8	120	90
6	Токарні вертикальні полуавтомати універсальні	1284Б	2	49	100	102
7	Горизонтально-фрезерні	6М80	13	7,5	98	89
8	Вертикально-протяжні	7705	24	7	165	69
9	Гвинторізний	1К62	2	79	120	128
10	Токарно-карусельний	5К-500	2	94	110	128
Разом		Разом:		135		1364

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			
Розроб.	Мазирок				Організаційно-економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						Архів
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м	
Зав. каф.	Рязанцев						

Тривалість ремонтного циклу у годинах для кожного виду устаткування ($T_{\text{год } i}$) визначимо за формулою:

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

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).

Для масового виробництва коефіцієнт $\beta_n=1,0$; $\beta_m=1,0$; $\beta_t=1,0$.

$$T_{\text{год } i} = 1 \times 1 \times 1,1 \times 1 \times 23000 = 25300 \text{ год.}$$

Для визначення ремонтного циклу у роках для всіх видів ремонтів ($T_{\text{р}}$), використаємо формулу:

$$T_{\text{р}} = T_{\text{год}} / T_p \quad (6.3)$$

де $T_{\text{год}}$ – тривалість ремонтного циклу у годинах для всіх видів ремонтів за i -м видом обладнання, год;

T_p – річний фонд робочого часу для всіх видів обладнання за i -м видом ремонту, год (При двозмінному режимі роботи $T_p = 3984$ год).

$$T_{\text{р}} = 25300 / 3984 = 6,4 \text{ років.}$$

Для визначення коефіцієнту циклічності ($K_{\text{ц}}$) виконання ремонтів (О,П,К), застосуємо формулу:

$$K_{\text{ц } Ki} = n_{Ki} / T_{\text{р } Ki}, \quad (6.4)$$

$$K_{\text{ц } Pi} = n_{Pi} / T_{\text{р } Pi}, \quad (6.5)$$

$$K_{\text{ц } Oi} = n_{Oi} / T_{\text{р } Oi}, \quad (6.6)$$

де n_K, n_P, n_O – кількість капітальних ремонтів, поточних ремонтів і оглядів в ремонтному циклі за i -м видом обладнання.

$$K_{\text{ц } Ki} = 1 / 6,4 = 0,15;$$

$$K_{\text{ц } Pi} = 5 / 6,4 = 0,8;$$

$$K_{\text{ц } Oi} = 6 / 6,4 = 0,9.$$

Таким чином, кількість умовних ремонтних одиниць устаткування ($N_{\text{р } i}$), що знаходиться у ремонті за рік за ремонтами (О,П,К), визначмо за формулою:

$$N_{\text{р } Ki} = K_{\text{ц } Ki} \cdot N_{Ki}, \quad (6.7)$$

$$N_{\text{р } Pi} = K_{\text{ц } Pi} \cdot N_{Pi}, \quad (6.8)$$

$$N_{\text{р } Oi} = K_{\text{ц } Oi} \cdot N_{Oi}, \quad (6.9)$$

де N_{Ki}, N_{Pi}, N_{Oi} – кількість устаткування для всіх видів ремонтів за i -м видом обладнання, од.

Розрахунки заносимо до таблиці 6.2.

Розрахунок часу простою устаткування в ремонті ($T_{\text{пр}}$) за видами ремонту (О,П,К) проводиться з урахуванням ремонтної складності:

$$T_{\text{пр } Ki} = N_{\text{р } Ki} \cdot R_i, \quad (6.10)$$

$$T_{\text{пр } Pi} = N_{\text{р } Pi} \cdot R_i, \quad (6.11)$$

$$T_{\text{пр } Oi} = N_{\text{р } Oi} \cdot R_i, \quad (6.12)$$

де $N_{\text{р } Ki}, N_{\text{р } Pi}, N_{\text{р } Oi}$ – норматив простоїв обладнання у ремонті за видом ремонту за i -м видом обладнання;

R_i – ремонтна складність за i -м видом обладнання.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Назва обладнання	Кількість ремонтних одиниць (n)	Ремонтна складність (R)	Кількість умовних ремонтних одиниць (N)	Тривалість ремонтного циклу ($T_{цр}$)	Структура (О-П-К)	Коефіцієнт циклічності ($K_{ци}$)			Кількість ремонтних одиниць (N_{pi})		
						О	П	К	О	П	К
1Е61МТ	24	9,5	220	6,4	1-5-6	12	0,8	0,15	198	176	33
2503	25	5	121	6,4	1-5-6	0,9	0,8	0,15	108,9	96,8	18,1
МР-4	6	26	150	6,4	1-5-6	0,9	0,8	0,15	135	120	22,5
ЗБ153У	22	7,5	160	6,4	1-5-6	0,9	0,8	0,15	144	128	24
5А308	15	8	120	6,4	1-5-6	0,9	0,8	0,15	108	96	18
1284Б	2	49	100	6,4	1-5-6	0,9	0,8	0,15	90	80	15
6М80	13	7,5	98	6,4	1-5-6	0,9	0,8	0,15	88,2	78,4	14,7
7705	24	7	165	6,4	1-5-6	0,9	0,8	0,15	148,5	132	24,7
1К62	2	79	120	6,4	1-5-6	0,9	0,8	0,15	108	96	18
5К-500	2	94	110	6,4	1-5-6	0,9	0,8	0,15	99	88	16,5
Разом	135		1364						1227,6	1091,2	204,5

Залежно від виду ремонту (О,П,К), норматив простоїв обладнання буде наступним:

$$N_{пр\ K} = 0,54;$$

$$N_{пр\ П} = 0,33;$$

$$N_{пр\ О} = 0,12.$$

Виконуємо розрахунок часу простою устаткування в ремонті за видами ремонту (О,П,К) для гвинторізного верстату підвищеної точності 1Е61МТ:

$$T_{пр\ K} = 0,54 \times 9,5 = 5,13 \text{ доби};$$

$$T_{пр\ П} = 0,33 \times 9,5 = 3,13 \text{ доби};$$

$$T_{пр\ О} = 0,12 \times 9,5 = 1,14 \text{ доби}.$$

Аналогічні розрахунки виконуємо для всього устаткування.

Для визначення загальної тривалості простоїв необхідно використати формулу:

$$T_{пр\ заг\ i} = T_{пр\ Ki} + T_{пр\ Пи} + T_{пр\ Oi} \quad (6.13)$$

Загальна тривалість простоїв визначається за кожним i -м видом обладнання, а отримані результати заносяться до табл. 6.3.

Для визначення ефективного фонду робочого часу ($Т_{эф\ i}$) використовуємо формулу:

$$T_{эф\ i} = (T_{к\ i} - T_{в\ i} - T_{св\ i}) - T_{пр\ заг\ i}, \quad (6.14)$$

де $T_{к\ i}$ – календарний час роботи устаткування (365 днів), дні;

$T_{в\ i}$ – кількість вихідних днів (106 днів), дні;

$T_{св\ i}$ – кількість святкових днів (10 днів), дні.

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

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

№ з/п	Назва обладнання	Час простоїв, дні				Ефективний фонд робочого часу, $Te_{\phi i}$
		$T_{пр Ki}$	$T_{пр Pi}$	$T_{пр Oi}$	$T_{пр заг i}$	
1.	1E61MT	5,13	3,13	1,14	9,4	239,6
2.	2503	2,7	1,65	0,6	4,95	244,05
3.	MP-4	14,04	8,58	3,12	25,74	223,26
4.	ЗБ153У	4,05	2,47	0,9	7,42	241,58
5.	5A308	4,32	2,64	0,96	7,92	241,08
6.	1284Б	26,44	16,17	5,88	48,49	200,51
7.	6M80	4,05	2,47	0,9	7,42	241,58
8.	7705	3,78	2,31	0,84	6,93	242,07
9.	1A675	42,66	26,07	9,48	78,21	170,79
10.	5K-500	50,76	31,02	11,28	93,24	155,76

6.1.2 Визначення чисельності працівників, необхідних для виконання планових ремонтів устаткування.

При плануванні необхідної чисельності працівників, необхідно розрахувати трудомісткість ремонтних робіт для виконання оглядових робіт, поточного та капітального ремонтів.

Розрахунок річної трудомісткості (Te) проведення планових ремонтів здійснюється за формулою:

$$Te_K = Te_{1K} \cdot Nr_K, \quad (6.15)$$

$$Te_P = Te_{1P} \cdot Nr_P, \quad (6.16)$$

$$Te_O = Te_{1O} \cdot Nr_O, \quad (6.17)$$

де Te_{1K} , Te_{1P} , Te_{1O} – трудомісткість на одну ремонтну одиницю за видами ремонтів (О,П,К) у відповідності до нормативів, чол.-год;

Nr_K , Nr_P , Nr_O – кількість умовних ремонтних одиниць устаткування, од.

Отримані результати зводимо до табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Розрахунок трудомісткості робітників

Вид ремонту	Nr , од	Трудомісткість на одну ремонтну одиницю (Te_1), чол.-год			Річна трудомісткість (Te), чол.-год		
		Слюсарі	Верстатники	Інші	Слюсарі	Верстатники	Інші
Капітальний (К)	204,5	23	10	2	4703,5	2045	409
Поточний (П)	1091,2	16	7	0,5	17459,2	7638,4	545,6
Оглядовий (О)	1227,6	5,32	2,08	–	6530,8	2553,4	–
Разом					28693,5	12236,8	954,6

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

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
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		17378,1	7173,3	4304		28855,4
Верстатник			6118,4	4649,9	1468,4	12236,7
Інші		687,3	267,2			954,5
Разом						

Для розрахунку облікової чисельності працівників, необхідно спланувати баланс робочого часу (табл. 6.6).

Таблиця 6.6 – Баланс робочого часу

Показники	Періодичне		
	В добах	В годинах	В %
Календарний фонд	365	2920	
Кількість вихідних в році	106	848	
Кількість свят в році	10	80	
Номінальний фонд робочого часу	249	1992	100%
Заплановані нез'явлення	28	224	11%
- відпустка	24	192	10%
- лікарняний	3	24	1%
- виконання державних обов'язків	1	8	0%
Ефективний фонд робочого часу	221	1768	89%

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

$$Ч_{обл\ i} = Te_i / ФРЧ_{эф}, \quad (5.18)$$

$$Ч_{обл\ сл} = 28855,4 / 1768 = 17;$$

$$Ч_{обл\ вер} = 12236,7 / 1768 = 8;$$

$$Ч_{обл\ ін} = 954,5 / 1768 = 2.$$

де Te_i – трудомісткість ремонтників за категорією та розрядом, чол.-год;
 $ФРЧ_{эф}$ – ефективний фонд робочого часу, год.

Розрахунок облікової чисельності визначається окремо для кожної категорії робітників (слюсарі, верстатники та інші), та по розрядах у кожній категорії.

Таблиця 6.7 – Чисельність ремонтної бригади, чол.

Професія	Розряди					Всього робітників, чол
	II	III	IV	V	VI	
Слюсар		10	4	3		17
Верстатник			4	3	1	8
Інші		1	1			2
Разом		11	9	6	1	27

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1.3 Розрахунок фонду оплати праці робітників ремонтної бригади

Розрахунок оплати праці робітників ремонтної бригади здійснюється у відповідності до тарифів за категорією та розрядом працівника.

Розрахунок тарифного фонду оплати праці ($\Phi ОП_{тар}$) здійснюється за формулою:

$$\Phi ОП_{тар i} = Te_i \cdot C_i, \text{ грн} \quad (6.19)$$

де Te_i – трудомісткість ремонтників за категорією та розрядом, чол.-год;

C_i – тарифна ставка у відповідності до категорії та розряду працівника, грн./год.

Тарифний фонд оплати для слюсарів:

1) $\Phi ОП_{тар III} = 17378,1 \times 8,2 = 142500$, грн.;

2) $\Phi ОП_{тар IV} = 7173,3 \times 8,65 = 62049$, грн.;

3) $\Phi ОП_{тар V} = 4304 \times 8,9 = 38305$, грн.

Тарифний фонд оплати праці для верстатників:

1) $\Phi ОП_{тар IV} = 6118,4 \times 9,2 = 56289$, грн.

2) $\Phi ОП_{тар V} = 4649,9 \times 9,58 = 44546$, грн.

3) $\Phi ОП_{тар VI} = 1468,4 \times 10,2 = 14977$, грн.

Тарифний фонд оплати праці для інших працівників:

1) $\Phi ОП_{тар III} = 687,3 \times 7,98 = 5484$, грн.

2) $\Phi ОП_{тар IV} = 267,2 \times 8,3 = 2218$, грн.

Отримані результати зводимо до табл. 6.8.

Таблиця 6.8 – Розрахунок річного тарифного фонду оплати праці робітників ремонтної бригади

Професія	Тарифний ФОР у відповідності до розряду, грн					Всього, грн
	II	III	IV	V	VI	
Слюсар		142500	62049	38305		242854
Верстатник			56289	44546	14977	115812
Інші		5484	2218			7702
Разом		147984	120556	82851	14977	366368

Доплати до тарифного ФОР складаються з:

- за вихід у вихідні та святкові дні ;
- за шкідливі умови праці;
- за відпрацьований стаж;
- за професіоналізм;
- оплата відпусток;
- інші.

Загальний обсяг доплат до фонду оплати праці ($\Phi ОП_{доп}$) складає 25% до тарифного:

$$\Phi ОП_{доп} = \Phi ОП_{тар} \cdot 0,25, \text{ грн} \quad (6.20)$$

де $\Phi ОП_{тар}$ – загальний тарифний фонд оплати праці всіх робітників-ремонтників, грн.

$$\Phi ОП_{доп} = 366368 \times 0,25 = 91592, \text{ грн.}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Премія, що нараховується до тарифного фонду оплати праці ($\Phi ОП_{np}$) складає 35...40%. Приймаємо 35%, тоді:

$$\begin{aligned}\Phi ОП_{np} &= \Phi ОП_{тар} \cdot 0,35, \text{ грн} \\ \Phi ОП_{np} &= 366368 \times 0,35 = 128228, \text{ грн.}\end{aligned}\quad (6.21)$$

Загальний річний фонд оплати праці ($\Phi ОП_{заг}$) визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned}\Phi ОП_{заг} &= \Phi ОП_{тар} + \Phi ОП_{дод} + \Phi ОП_{np}, \text{ грн} \\ \Phi ОП_{заг} &= 366368 + 91592 + 128228 = 586188, \text{ грн.}\end{aligned}\quad (6.22)$$

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

$$\begin{aligned}Всз &= \Phi ОП_{заг} \cdot 0,39, \text{ грн.} \\ Всз &= 586188 \times 0,39 = 228613, \text{ грн.}\end{aligned}\quad (6.23)$$

6.1.4 Визначення загальновиробничих витрат на проведення ремонту виробничого устаткування

6.1.4.1 Визначення кількості устаткування та амортизації

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

$$N_v = \frac{Te_{верст}}{Teф_{сер} \cdot K_z}, \text{ год} \quad (6.24)$$

де $Te_{верст}$ - трудомісткість роботи верстатника, чол.-год (табл 5.1);

$Teф_{сер}$ – ефективний середній час роботи обладнання, год ($Teф_{сер} = 1992$ год);

K_z – коефіцієнт завантаження устаткування ($K_z = 0,85$).

$$N_v = \frac{12236,8}{1992 \times 0,85} = 7,22 \approx 8 \text{ верстатників.}$$

Отриману кількість верстатів, розподіляємо між групами:

- токарні;
- фрезерувальні;
- свердлильні;
- довбальні;
- шліфувальні.

Визначаємо назву та ціну верстату, отримані результати заносимо до табл.

6.9.

Для розрахунку амортизаційних відрахувань (A_v) використовуємо формулу:

$$A_v = B_n \cdot \frac{H_a}{100}, \text{ грн} \quad (6.25)$$

де B_n – первісна вартість виробничого устаткування, грн.;

H_a – норма амортизація даної групи устаткування, % (приймаємо $H_a = 3,3\%$).

Для токарно – гвинторізного верстату амортизаційні відрахування будуть дорівнювати:

$$A_v = 60000 \times \frac{3,3}{100} = 1980, \text{ грн.}$$

Аналогічно виконуємо розрахунки для іншого устаткування.

Отримані результати за розрахунками зводимо до табл. 6.4.

					КНЧ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.9 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Тип устаткування	Назва	Кількість (N_0), од	Габарити	Потужність (N_p)	Норма амортизації (H_a), %	Ціна устаткування (B_n), грн	Амортизація (A_0), грн
Токарно-гвинторізний	1К62	2	2505x1190x1500	11	3,3	60000	1980
Вертикально-фрезерувальний	6Р13	2	2560x2260x1770	11	3,3	52000	1716
Вертикально-свердлильний	2Н125	2	1130x805x2290	2,2	3,3	16000	528
Довбальний	7Д450	1	3540x2890x3465	10	3,3	51000	1683
Круглошліфувальний	3У10В	1	1250x1400x1690	1,1	3,3	58000	1914
Всього		8				237000	7821

6.1.4.2 Розрахунок матеріальних витрат на ремонт

Для забезпечення безперебійного проведення ремонту, необхідно визначити потребу у матеріалах. Для цього необхідно розраховуємо кількість витратних матеріалів (M_0) за формулою:

$$M_0 = 1,05 \cdot H_m \cdot (N_{PK} + N_{PI}) \cdot (1 + K_0) \cdot K_d, \text{ кг} \quad (6.26)$$

де H_m – норма витрат матеріалів, кг;

N_{PK} , N_{PI} – 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 ($K_d = 0,16$).

Визначаємо кількість витратних матеріалів для сталевих лиття:

$$M_0 = 1,05 \cdot 0,2 \cdot (204,5 + 1091,2) \cdot (1 + 0,15) \cdot 0,16 = 50,06, \text{ кг.}$$

$$N_{PK} = 204,5;$$

$$N_{PI} = 1091,2.$$

Загальна вартість на кожен i -й вид матеріалу (MB_i) визначається за формулою:

$$MB_i = M_{0i} \cdot C_{mi}, \text{ грн} \quad (6.27)$$

де M_{0i} – кількість кожного i -го виду матеріалів, кг;

C_{mi} – ціна на кожний i -й вид матеріалів, грн.

$$MB_{сл.} = 50,06 \times 9,7 = 485,5, \text{ грн.}$$

Аналогічні розраховуємо витрати для інших видів матеріалу.

Розрахунки заносимо до таблиці 6.10.

Таблиця 6.10 – Матеріальні витрати на ремонт

Найменування	Кількість (M_0), кг	Вартість (C_m), грн.	Сума (MB), грн.
Стале ліття	50,06	9,7	485,55
Сталь вуглецева	54,85	27	1480,95
Сталь легована	50,06	39,3	1967,35
Чавунне ліття	54,41	8,25	448,88
Алюмінієве ліття	54,41	43,2	2350,51
Бронзове ліття	54,41	330	17955,3
Всього			24688,54

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

6.1.4.3 Визначення витрат на електроенергію

При розрахунку витрат на електроенергію, необхідно розрахувати загальну площу, яку займають верстати, зайняті у ремонті.

Середній наділ площі на один верстат ураховує наділ площі разом із проходами і проїздами.

Середня площа, яку займає один верстат, може бути прийнята:

- для малих верстатів - 10... 12 м² (до 1800х800 мм);
- для середніх - 15...25 м² (до 4000х2000 мм);
- для великих -30...45 м² (до 8000х4000 мм).

Таким чином, загальна площа (S) визначається за формулою:

$$S = \sum N_{ei} \cdot H_{Si}, \quad \text{м}^2 \quad (6.28)$$

де N_{ei} – кількість верстатів кожного i -го типу, зайнятих у ремонті, од (табл. 6.9);

H_{Si} – середня площа, яку займає i -й верстат, м².

$$S = (2 \times 15) + (2 \times 17) + (2 \times 20) + (1 \times 25) + (1 \times 17) = 146 \text{ м}^2$$

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

$$B_{e.s.} = 0,015 \cdot S \cdot \Pi_e \cdot T_{ef_{сер}} \text{ грн} \quad (6.29)$$

де S – загальна площа, яку займають верстати, що зайняті у ремонті, м²;

Π_e – вартість 1 кВт·год енергії, дорівнює, грн ($\Pi_e = 0,45$ грн);

$T_{ef_{сер}}$ – ефективний середній час роботи обладнання, год ($T_{ef_{сер}} = 1992$ год);

$$B_{e.s.} = 0,015 \times 146 \times 0,45 \times 1992 = 1963,1 \text{ грн.}$$

Також необхідно врахувати витрати електроенергії, які пов'язані з роботою двигунів верстатів, що зайняті у ремонті обладнання

Річні втрати електроенергії для двигунів дільниці, кВт·год:

$$W = \frac{N_y \cdot T_{e_{верст}} \cdot k_3 \cdot k_0}{h_c \cdot h_m}, \text{ кВт} \quad (6.30)$$

де N_y – сумарна потужність верстатів, зайнятих у ремонті, кВт (табл. 6.9);

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

k_3 – коефіцієнт завантаження устаткування; нормативний, $k_3 = 0,8$;

k_0 – коефіцієнт одночасної роботи обладнання, $k_0 = 0,06$;

h_c – коефіцієнт витрат електроенергії у мережі, $h_c = 0,95$; h_m – ККД моторів, $h_m = 0,85$.

$$W = \frac{35,3 \cdot 12236,8 \cdot 0,8 \cdot 0,06}{0,95 \cdot 0,85} = 25676,8, \text{ кВт.}$$

Вартість електроенергії для виробничих потреб:

$$B_{e.w} = W \cdot \Pi_e \cdot \text{ грн} \quad (6.31)$$

$$B_{e.w} = 25676,8 \times 0,45 = 11554,56, \text{ грн.}$$

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

$$B_e = B_{e.s.} + B_{e.w} \quad (6.32)$$

$$B_e = 1963,1 + 11554,56 = 13517,66, \text{ грн.}$$

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

6.1.4.4 Визначення витрат на управління

Витрати на управління складаються з витрат на оплату праці керівника ремонтних бригад. Витрати на оплату його праці складаються з окладу та додаткових нарахувань. Середній оклад керівника ремонтних бригад приймаємо на рівні 13500 грн/місяць.

Таким чином, річний фонд оплати праці керівника ($\Phi OPr_{кер}$) складе:

$$\Phi OPr_{кер} = T_{ок} \cdot 12, \text{ грн} \quad (6.33)$$

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

$$\Phi OPr_{кер} = 13500 \times 12 = 42000, \text{ грн.}$$

Загальний обсяг доплат до фонду оплати праці ($\Phi OPд_{кер}$) складає 25% до тарифного:

$$\Phi OPд_{кер} = \Phi OPr_{кер} \cdot 0,25, \text{ грн} \quad (6.34)$$

де $\Phi OPr_{кер}$ - річний фонд оплати праці керівника, грн.

$$\Phi OPд_{кер} = 42000 \times 0,25 = 10500, \text{ грн.}$$

Премія, що нараховується до тарифного фонду оплати праці ($\Phi OPпр_{кер}$) складає 35...40%, приймаємо 35%.

$$\Phi OPпр_{кер} = \Phi OPr_{кер} \cdot 0,35, \text{ грн} \quad (6.35)$$

$$\Phi OPпр_{кер} = 10500 \times 0,35 = 3675, \text{ грн.}$$

Загальний річний фонд оплати праці ($\Phi OP_{заг}$) визначаємо за формулою:

$$\Phi OP_{заг_{кер}} = \Phi OPr_{кер} + \Phi OPд_{кер} + \Phi OPпр_{кер}, \text{ грн} \quad (6.36)$$

$$\Phi OP_{заг_{кер}} = 42000 + 10500 + 3675 = 58875, \text{ грн.}$$

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

$$Bcз_{кер} = \Phi OP_{заг_{кер}} \cdot 0,39, \text{ грн.} \quad (6.37)$$

$$Bcз_{кер} = 58875 \times 0,39 = 22961,25, \text{ грн.}$$

6.1.4.5 Визначення загальної суми загальновиробничих витрат на ремонт виробничого обладнання

Для визначення загальної суми витрат на проведення ремонтних робіт виробничого обладнання підприємства, необхідно врахувати всі розраховані раніше витрати:

$$B_{заг} = \Phi OP_{заг} + Bcз + Ав + MB + B_e + \Phi OP_{заг_{кер}} + Bcз_{кер} + \text{Інші} \quad (6.38)$$

де $\Phi OP_{заг}$ - фонд оплати праці робітників, зайнятих ремонтом обладнання, грн.;

$Bcз$ – відрахування на соціальні заходи із фонду оплати праці робітників, грн.;

$Ав$ – амортизаційні відрахування, грн.;

MB – матеріальні витрати, грн;

B_e – витрати на електроенергію, грн.;

$\Phi OP_{заг_{кер}}$ – фонд оплати праці керівника, грн.;

$Bcз_{кер}$ – 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.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$B_{\text{заг}} = 586188 + 22961,25 + 7821 + 24688,54 + 13517,66 + 58875 + 22961,25 + 7370,12 \\ = 744382,827, \text{ грн.}$$

6.1.5 Планування кошторису загальновиробничих витрат на ремонт виробничого обладнання

Кошторис загальновиробничих витрат складається за основними статтями, такими як:

- матеріальні витрати;
- витрати на оплату праці;
- відрахування на соціальні заходи;
- амортизація;
- інші витрати.

При цьому необхідно розподілити всі статті витрат за видами ремонту (капітальний, поточний, оглядовий). Розподіл здійснюється пропорційно кількості умовних ремонтних одиниць зайнятий у ремонті (Te) (табл. 6.1).

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

$$Te = Te_K + Te_{\Pi} + Te_O, \quad (6.39)$$

де Te_K , Te_{Π} , Te_O – трудомісткість проведення капітального, поточного та оглядового ремонтів, чол.-год.

$$Te = 7157,5 + 25643,2 + 9084,2 = 41884,9, \text{ чол. – год.}$$

Визначаємо частину капітального ремонту у загальній трудомісткості:

$$Ч_K, \% = Te_K / Te \cdot 100\%. \quad (6.40)$$

$$Ч_K, \% = 7157,5 / 41884,9 \times 100 = 17,08\%;$$

Визначаємо частину поточного ремонту:

$$Ч_{\Pi}, \% = Te_{\Pi} / Te \cdot 100\%. \quad (6.41)$$

$$Ч_{\Pi}, \% = 25643,2 / 41884,9 \times 100 = 61,22\%;$$

Визначаємо частину поточного ремонту:

$$Ч_O, \% = Te_O / Te \cdot 100\%. \quad (6.42)$$

$$Ч_O, \% = 9084,2 / 41884,9 \times 100 = 21,68\%.$$

У відповідності до частини розподіляємо загальну суму витрат між ремонтами:

- для капітального:

$$K = B_{\text{заг}} \cdot \frac{Ч_K, \%}{100}, \quad (6.43)$$

$$K = 737012,7 \times 17,08 / 100 = 125881,7;$$

- для поточного:

$$\Pi = B_{\text{заг}} \cdot \frac{Ч_{\Pi}, \%}{100}, \quad (6.44)$$

$$\Pi = 737012,7 \times 61,22 / 100 = 451199,17;$$

- для оглядового:

$$O = B_{\text{заг}} \cdot \frac{Ч_O, \%}{100}, \quad (6.45)$$

$$O = 737012,7 \times 21,68 / 100 = 159784,35.$$

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $B_{\text{заг}}$ - загальна сума витрат на ремонт устаткування, грн.
Отримані результати заносимо у табл. 6.11.

Таблиця 5.11 – Планування кошторису загальновиробничих витрат на ремонт устаткування

Стаття витрат	Загальна сума, грн	За видами ремонту, грн		
		B_K	B_{Π}	B_O
Матеріальні витрати, у тому числі:		125881,7	451199,17	159784,35
- на сировину та матеріали	24688,54			
- на електроенергію	13517,66			
Витрати на оплату праці	609149,25			
Відрахування на соціальні заходи	22961,25			
Амортизація	7821			
Інші витрати	7370			
Всього	662546,45			

6.1.6 Оцінка діяльності проведення ремонтних робіт

Для визначення доцільності проведення капітального ремонту ніж купівля нового верстату, необхідно визначити вартість ремонту для одного верстату. Для цього потрібно визначити частину витрат на обраний верстат у частині витрат на ремонт (К, П, О) за формулами:

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

$$B_K = \frac{B_K}{Np_K}, \quad (6.46)$$

де B_K – витрати на проведення капітального ремонту, грн.;

Np_K – кількість умовних ремонтних одиниць, що знаходиться на капітальному ремонті, од.

$$B_K = \frac{125881,7}{204,5} = 615,5.$$

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

$$B_{\Pi} = \frac{B_{\Pi}}{Np_{\Pi}}, \quad (6.47)$$

де B_K - витрати на проведення поточного ремонту, грн.;

Np_K – кількість умовних ремонтних одиниць, що знаходиться на поточному ремонті, од.

$$B_{\Pi} = \frac{451199,17}{1091,2} = 413,48.$$

- сума витрат на огляді (B_O):

$$B_O = \frac{B_O}{Np_O}, \quad (6.48)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де B_K - витрати на проведення обгляду, грн.;

N_{PK} – кількість умовних ремонтних одиниць, що знаходиться на огляді, од.
 $\frac{159784,35}{1227,6}$

$$B_O = \frac{159784,35}{1227,6} = 130,15.$$

Визначимо загальну суму витрат для обраного i -го верстату ($B_{заг\ i}$):

$$B_{заг} = B_K + B_{П} + B_O \quad (6.49)$$

$$B_{заг} = 615,5 + 413,48 + 130,15 = 1159,13 \text{ грн.}$$

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

Тобто необхідно, щоб

$$B_{заг} < Bn_i \cdot 0,2. \quad (6.50)$$

$$1159,13 < 25300 \times 0,2;$$

$$1159,13 < 5060.$$

Висновок. При порівнянні двох варіантів: ремонту та покупки нового верстату було встановлено, що сума ремонту не перевищує 20% від вартості верстату, а отже, економічно доцільно буде виконати ремонт верстату, ніж купівля нового.

6.2 Проектування та організація робочого місця

Для ефективного функціонування сучасного виробництва, заснованого на застосуванні складної техніки і технології, що характеризується великою кількістю внутрішньовиробничих зв'язків, необхідні чітка організація робочого місця.

Робоче місце має бути в максимальному ступені пристосоване для високопродуктивної, ефективної роботи з мінімальними затратами часу і зусиль. Під організацією робочого місця розуміється технологічна і організаційна їх оснащення, планування та обслуговування. Робота з організації робочого місця залежить від типу виробництва і змісту трудового процесу.

При проектуванні виробничих процесів і розробці плану розташування обладнання та робочих місць необхідно враховувати основні положення наукової організації праці та технічної етики, виконання яких сприяє створенню найбільш сприятливих умов для працюючих і підвищення продуктивності праці.

Зовнішнім плануванням робочого місця є розміщення основного устаткування, оснащення, підйомно-транспортних засобів, пристроїв, заготовок і готових деталей.

Під робочим місцем розуміється організаційна зона виробничої площі, призначеної для виконання певних робіт і оснащена необхідними матеріально-технічними засобами праці, обладнанням. При будь-якій формі організації роботи для найкращого використання устаткування і досягнення найбільшої продуктивності праці необхідно, крім всіх технічних можливостей верстата, інструмента і пристосування, передбачити раціональну організацію робочого місця

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для цього потрібно усунути втрати часу і затримки, що викликаються зайвими рухами і ходінням несвоєчасної подачі матеріалу, незручним розташуванням заготовок, інструменту на робочому місці.

Рациональна організація робочого місця передбачає необхідну попередню підготовку роботи і робочого місця, своєчасне і чітке обслуговування його в процесі роботи і найбільш досконале планування. Організація робочого місця і конструкція "обладнання повинні забезпечувати пряме і вільне положення корпусу тіла працюючого або нахил його вперед не більше ніж на 15° .

Для забезпечення зручного, можливо близького підходу до столу, шафи і т.п., має бути передбачено простір для стоп розміром не менше 150 мм по глибині, 150 мм по висоті і 530 мм по ширині.

Що стосується вимог до розміщення органів управління, то при роботі двома руками органи управління розміщують з таким розрахунком, щоб не було перехрещення рук.

Дуже часто використовувані засоби відображення інформації, що вимагають точного і швидкого зчитування показань, слід розташовувати у вертикальній площині під кутом $\pm 15^\circ$ від нормальної лінії погляду і горизонтальній площині під кутом $\pm 15^\circ$ від сагітальній площині (рис. 6.1 і 6.2).

Оснащення робочого місця являє собою сукупність розташованих в межах робочого місця основного технологічного і допоміжного обладнання, технологічної та організаційної оснащення, інструменту, технічної документації, засобів зв'язку та сигналізації, засобів охорони праці. Набір цих коштів залежить від технологічного призначення робочого місця, рівня його спеціалізації, системи обслуговування робочих місць. Типовими основними видами оснащення є наступні :

- основне технологічне обладнання, яке призначене для виконання основної роботи на даному робочому місці (верстат).
- допоміжне обладнання - індивідуальні підйомно-транспортні пристрої.
- технологічне оснащення - робочі та вимірювальні інструменти, пристосування, запасні частини,
- робоча документація і спеціальна література - інструкції, технологічні карти, правила техніки безпеки.
- організаційна оснастка, до якої відносяться робочі меблі (шафи, тумбочки, стелажі), пристосування типу підніжних грат, упорів;
- засоби безпеки - огорожі, екрани, засоби індивідуального захисту (окуляри, рукавиці спеціальні одяг і взуття);
- засоби освітлення (загального для всього приміщення та місцевого для робочої поверхні або простору);
- робоча тара для сировини, матеріалів, напівфабрикатів, готових виробів, відходів виробництва (контейнери, піддони, коробки, ящики);
- засоби для підтримки на робочому місці нормального мікроклімату;
- господарські засоби для догляду за обладнанням і робочим місцем (щітки, ветош, совки, віники, маслянки, урни для сміття та ін.).

Основне и допоміжне устаткування повинні забезпечувати: зручність його обслуговування, налагодження и ремонту; раціональну робочу позу (краще

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змінну) виконавця; безпеку експлуатації і ремонту; можливість застосування прогресивних прийомів і методів праці; зручність і легкість управління; економію фізіологічних зусиль працівників й зниження нервово-психічного навантаження на них.

Розміщення організаційного оснащення має відповідати послідовності виконуваних робіт і бути підпорядковане зручності користування нею. Необхідно передбачати роздільне Зберігання документації, ріжучих, вимірювального і допоміжних інструментів, запасних частин і пристосувань.

Столи й стелажі, на яких зберігаються предмети праці, повинні розташовуватися так, щоб відповідати за висоті або бути трохи вище рівня обробки деталей, а висота столів або стелажів для готової продукції - відповідати рівню її обробки або бути трохи нижче.

Меблі по своїх габаритах не мають загромаджувати робоче місце, а її кількість потребує обґрунтування, при цьому слід керуватися необхідністю раціонального використання виробничої площі.

Кількість полиць в шафах і стелажах, ящиків в тумбочках і столах повинне бути достатнім для розміщення технологічного оснащення, робочої документації, предметів господарського вжитку. В місцях, де безпосередньо виконують свої виробничі функції працівники, слід встановлювати дерев'яні підставки для ніг.

Велике значення має вибір засобів освітлення. При висвітленні робочих місць необхідно забезпечити достатній рівень загального освітлення, спеціальне освітлення робочої поверхні або простору, однаковість висвітлення різних приладів, контраст між робочими елементами і тлом, відсутність сліпучої дії світла.

Технологічна оснастка повинна бути розділена на предмети постійного і тимчасового користування, мати строго певні місця зберігання і розташовуватися в певному порядку. Предмети постійного користування слід розміщувати в безпосередній близькості від працівника, на рівні його рук. При цьому те, що береться правою рукою, повинно бути праворуч від працівника, а те, що береться лівою рукою - зліва.

Технологічна оснастка повинна відповідати вимогам технології виробництва по своєму складу і кількості. Ріжучі інструменти повинні бути зручними в роботі, легко встановлюватися на обладнанні і легко зніматися з нього. Робочі ручні інструменти крім функціональної придатності також повинні бути зручні у використанні, пристосовані до руки людини і до його фізичним можливостям. Ці ж вимоги застосовні до ручних вимірювальним інструментам.

При виборі технологічної оснастки керуються тим, що її конструктивні особливості повинні відповідати характеру виконуваних робіт і операцій, забезпечувати максимальне використання технологічних можливостей устаткування. Вона повинна бути зручна у використанні, безпечна в роботі, повинна забезпечувати мінімальні витрати часу при монтажі на робочому.

Організаційна оснастка покликана забезпечувати ефективне виконання працівником своїх обов'язків. Завдання наукової організації праці полягають у формулюванні вимог до комплексності оснащення, щоб не були упущені такі елементи оснащення, які забезпечують створення необхідних умов праці. НОТ

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пред'являє також вимоги до якості кожного з елементів оснащення, до їх ергономічності, тобто пристосованості до антропометричних, фізичних і психічних характеристик людини.

Площу необхідну для збереження деталей і заготовок на робочому місці можна визначити за формулою:

$$S_1 = 3 \cdot S \cdot k, \text{ м}^2 \quad (6.51)$$

де S – площа в плані займана тарою, м^2

k – коефіцієнт площі необхідної для навантаження-вивантаження тари, $k = 1,3$

На верстаті 1К62 можуть розточуватися деталі середніх розмірів (наприклад чавунні відливки масою до 8 кг) так і зварювальні корпуса, отже обираємо тару двох типів.

$$S_1 = (2 \cdot 0,48 + 2,04) \cdot 1,3 = 3,9 \text{ м}^2$$

Площа необхідна для допоміжного устаткування, збереження інструментів і технологічного оснащення:

$$S_2 = S_{cm} \cdot k_1 + S_{ин.т.} \cdot k_2 + S_{ст.пр.} \cdot k_3, \text{ м}^2 \quad (6.52)$$

де S_{cm} – площа в плані столика прийомного, м^2 , (СД3702, 12Б – $0,53 \text{ м}^2$);

k_1 – коефіцієнт займаної площі приймальним столиком; $k_1 = 1,1$

$S_{ин.т.}$ – площа в плані інструментальної тумбочки, СМ3711.01 $0,63 \text{ м}^2$;

k_2 – коефіцієнт займаної площі інструментальною тумбочкою; $k_2 = 2$

$S_{ст.пр.}$ – площа в плані стелажа для пристосувань, СМ3723.17 $1,143 \text{ м}^2$;

k_3 – коефіцієнт займаної площі стелажем для пристосувань; $k_3 = 2$

$$S_2 = 0,53 \cdot 1,1 + 0,63 \cdot 2 + 1,143 \cdot 2 = 4,13 \text{ м}^2$$

Площа для допоміжних технологічних цілей визначається:

$$S_3 = k_4 \cdot (S_{об.} + S_1 + S_2), \text{ м}^2 \quad (6.53)$$

де $S_{об.}$ – площа в плані верстата, м^2 ;

k_4 – коефіцієнт займаної площі для обслуговування робочого місця;

$k_4 = 0,5$.

$$S_3 = 0,5 \cdot (24,09 + 3,9 + 4,13) = 16 \text{ м}^2$$

Розрахунок загальної площі робочого місця

Площа для робочого місця визначається за формулою:

$$S_{P.M.} = S_P + S_{об.} + S_1 + S_2 + S_3, \text{ м}^2 \quad (6.54)$$

де, $S_{P..}$ – площа робочого місця верстатника, м^2 .

$$S_{P.M.} = 5 + 24,09 + 3,9 + 4,13 + 16 = 53,12 \text{ м}^2,$$

Рішення задачі знаходження оптимального варіанту організації робочого місця приймається за допомогою спеціальної системи оцінки різних варіантів.

Робоче місце розділяється на зони в залежності від трудових рухів (переміщення предметів праці до місця установки і назад).

На рис. 6.1 показано схему зон робочого місця верстатника.

18° – кут миттєвого бачення в робочій зоні;

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30° – кут ефективної видимості в робочій зоні;

120° – кут зору на робочому місці при фіксованому положенні голови;

220° – кут зору при поворотах голови.

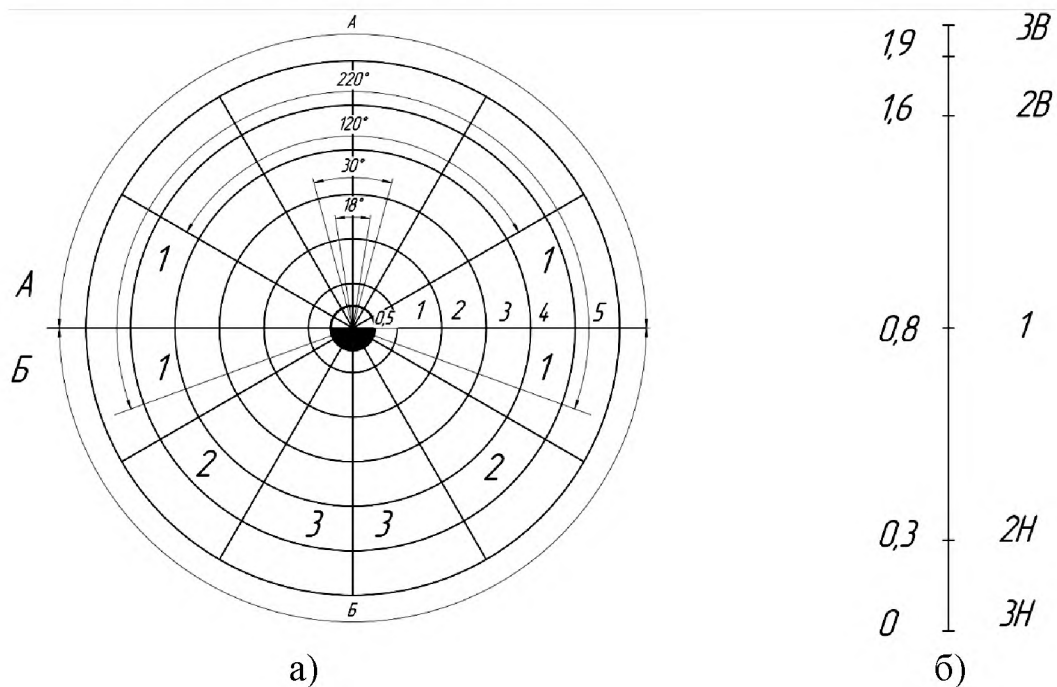


Рисунок 6.1 – Зони робочого місця в залежності від необхідних витрат робочого часу, зв'язаних з маніпуляціями з предметом праці й оснащенням при роботі на металорізальному верстаті: а) у плані, б) по висоті

При побудові схеми прийнято, що робоче місце в плані розділено на дві основні зони: А, яка знаходиться попереду від осьової лінії, що проходить через місце розташування робітника, і Б, що знаходиться позади цієї лінії

Кожна з основних зон розділена на ряд секторів (1, 2, і 3) рис. 6.1а в залежності від розташування стосовно робітника, а кожен сектор розділений концентричними колами, що визначають відстань місця розташування предметів праці від робітника.

Зони поділяються в залежності від розташування предмета праці по висоті рис. 6.1 б на верхні В і нижні Н. Цифрова індексація побудована таким чином, що менші значення індексів відповідають більш зручним зонам, також враховується розташування предмета праці стосовно руки робітника, за допомогою якої він установлюється. Якщо предмет праці розташований з боку тієї руки, за допомогою якої він установлюється (чи знімається), то розташування предмета праці вважається прямим (П), а якщо з протилежної сторони, то розташування вважається зворотним (О).

Для робочого місця необхідно визначити бальну оцінку робочого місця виходячи з розташування на ньому предметів праці і технологічного оснащення:

$$B = \frac{K_{\Pi} \cdot B_{\Pi} + K_{\Pi} \cdot B_{\Pi}}{K_{\Pi} + K_{\Pi}} \quad (6.55)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де, B_{II} і B_{II} – бальна оцінка розташування предметів праці й інструментів на робочому місці;

K_{II} – число прийомів установки і зняття деталей, виконуваних за зміну;

K_{II} – число прийомів, зв'язаних з користуванням інструментами, за зміну.

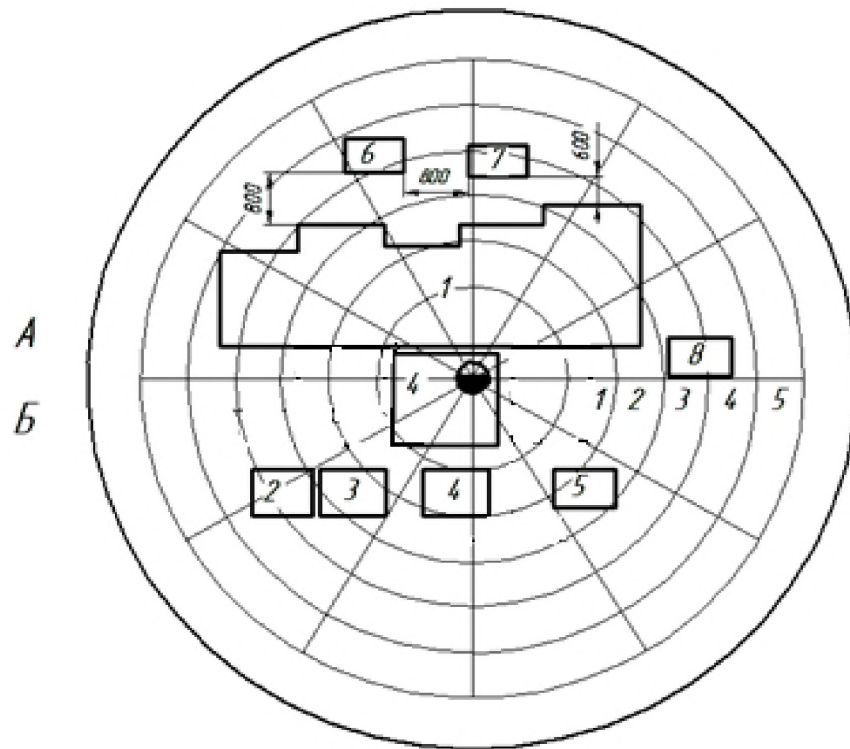


Рисунок 6.2 – Компонівка робочого місця верстата 1К62

1 – верстат, 2 – тара для заготовок, 3 – тара для деталей, 4 – решітка під ноги, 5 – шафа інструментальна, 6 – електрошафа; 7 – контейнер для стружки; 8 – стелаж для пристосувань.

Оцінка розташування заготовок і деталей у балах:

а) заготовки в ящику

$B - 2 - 2 - 2 - П = 16$

б) деталі в ящику

$B - 2 - 2 - 2 - П = 16$

Разом середня 16

Оцінка розташування інструменту і пристосувань у балах:

в ящиках інструментальної тумбочки:

$B - 2 - 1 - 1 - П = 19$

в ящиках прийомного столу:

$B - 3 - 1 - 1 - П = 17$

Середня 18

Норма виробітку - 50 шт. у зміну. Установка і зняття деталі один раз з обробкою кожної деталі, вимірюється деталь двома інструментами.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B = \frac{50 \cdot 16 + 100 \cdot 18}{50 + 100} = 17,3 \approx 17 \text{ бала}$$

6.3 Техніка безпеки та екологія виробництва при ремонті верстату

Верстат 1К62 – це універсальний токарний верстат, широко застосовуваний у машинобудуванні для обробки металів різних типів. У процесі експлуатації будь-яке обладнання зазнає зношування, тому періодичний ремонт є невід’ємною частиною його життєвого циклу. Під час ремонтних робіт особливо важливо дотримуватися вимог техніки безпеки, щоб запобігти травмам, та екологічних стандартів, щоб мінімізувати вплив на довкілля.

Верстат 1К62 має складну конструкцію: механічну, електричну і гідравлічну частини. Під час ремонту необхідно знеструмити обладнання, переконатися у відсутності залишкової напруги, зупинити всі рухомі механізми, зняти запобіжні кожухи лише після повної зупинки шпинделя. Робоче місце повинно бути добре освітлене, чисте, без зайвих предметів і мастильних плям на підлозі. Забороняється проводити ремонт при ввімкненому живленні або при обертанні шпинделя. На пульті керування має бути вивішена табличка «Не вмикати – працюють люди».

Працівники, які виконують ремонт, зобов’язані користуватися засобами індивідуального захисту: спецодягом, захисними окулярами, рукавицями, взуттям із нековзною підошвою, при роботі з електричними елементами – діелектричними рукавичками. Не допускається робота у вільному одязі, з розстібнутими рукавами чи довгими прикрасами, які можуть потрапити в рухомі частини верстата. Під час зняття або встановлення важких деталей необхідно використовувати підймальні механізми – талі, крани або домкрати, а не піднімати вручну.

Електробезпека має ключове значення. Усі роботи з електричною частиною верстата може виконувати лише кваліфікований електромонтер із відповідною групою допуску. Заборонено торкатися струмопровідних елементів, навіть якщо верстат вимкнено, без попереднього заземлення. Після завершення ремонту електрообладнання проводиться перевірка ізоляції, працездатності вимикачів, заземлення корпусу і цілісності кабелів.

Не менш важливою є пожежна безпека. При роботі з мастильними матеріалами або розчинниками необхідно уникати відкритого вогню, а приміщення має бути обладнане вогнегасниками, піском і засобами для локалізації розливів оливи. Куріння у виробничій зоні категорично забороняється. Будь-які витoki мастил або охолоджувальних рідин потрібно негайно ліквідувати.

З екологічної точки зору, ремонт верстата пов’язаний з утворенням різних типів відходів – металева стружка, відпрацьовані мастила, промаслене ганчір’я, зношені ущільнення та прокладки. Усі ці відходи слід збирати окремо: металева стружка направляється на переробку, мастила – на регенерацію або утилізацію через спеціалізовані підприємства, промаслені матеріали – у герметичні контейнери з кришками. Забороняється зливати мастила або охолоджувальні рідини в каналізацію, оскільки вони містять токсичні сполуки, небезпечні для водних ресурсів.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Мастильно-охолоджувальні рідини (МОР), що використовуються у процесі обробки металів, з часом втрачають свої властивості і можуть виділяти шкідливі пари. Їх необхідно своєчасно замінювати, очищати або фільтрувати. Робочі приміщення повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією для видалення парів мастил, пилу та диму. Використання сучасних безпечних мийних засобів на водній основі значно знижує рівень токсичності ремонтних процесів.

Під час ремонту важливо контролювати рівень шуму і вібрацій. Для цього проводиться перевірка балансування рухомих деталей, мастило всіх вузлів, встановлення антивібраційних опор під верстат. Зменшення шуму не лише покращує умови праці, а й знижує навантаження на слух працівників, запобігаючи професійним захворюванням.

Організаційні заходи безпеки включають обов'язковий інструктаж працівників перед початком робіт, призначення відповідального за безпечне виконання операцій, наявність аптечки, плану евакуації, пожежного інвентарю та системи сповіщення. У разі нещасного випадку необхідно негайно зупинити роботи, надати домедичну допомогу потерпілому і повідомити керівника дільниці.

Дотримання екологічних вимог під час ремонту сприяє зменшенню шкідливого впливу на навколишнє середовище, збереженню чистоти повітря, води та ґрунтів. Рациональне використання матеріалів, повторна переробка металевої стружки, утилізація мастил і контроль за викидами допомагають підприємству працювати згідно з принципами сталого розвитку.

Ремонт верстата 1K62 є складним технологічним процесом, що потребує глибоких знань конструкції, відповідальності та дисципліни. Дотримання правил техніки безпеки та екологічних норм забезпечує безпечну роботу персоналу, продовжує строк служби обладнання, підвищує ефективність виробництва і знижує негативний вплив на довкілля.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВЕРСТАТА МОДЕЛІ 1K62

Модернізація верстатів є економічною альтернативою придбання нового обладнання при впровадженні нових технологій. Вона передбачає продовження терміну експлуатації верстатів шляхом заміни ключових вузлів або доповнення існуючої системи новими технологіями.

Переваги модернізації:

- економія капітальних витрат при впровадженні нових технологій;
- оптимізація діючих технологічних компонентів;
- адаптація технологій під нову або модифіковану продукцію;
- покращення параметрів виробництва;
- наявність виробничих запчастин.

Модернізація надає верстату «друге життя» та продовжує термін його експлуатації. За десятирічний термін служби верстата технології керування та системи приводів зазнали суттєвих змін з точки зору енергоефективності та функціональності. Нові компоненти мають доступніші запасні частини, що підвищує безпеку експлуатації.

Механічний стан старих верстатів часто залишається задовільним, тому модернізація систем керування та приводів є більш економічно вигідною, ніж закупівля нових верстатів. Навіть при зносі напрямних, що впливає на точність, існують ефективні методи їх відновлення. Крім того, у металообробному обладнанні з тривалим терміном експлуатації практично відсутні внутрішні напруження, що дозволяє створювати обладнання зі стабільними геометричними параметрами та високою точністю.

Нові технології сприяють створенню гнучкого виробництва. Повний механічний та електричний ремонт верстата є інвестицією в майбутнє. Навіть існуючі старі технологічні програми можуть бути використані після модернізації. Додатковою перевагою є можливість інтеграції верстата в існуючу IT-інфраструктуру з моніторингом стану.

Одним із рішень для підвищення ефективності виробництва є утилізація старого обладнання та закупівля нового автоматизованого обладнання з ЧПК під конкретні деталі, а також зміна технологічних процесів. Однак такий підхід не завжди є прийнятним через такі причини:

- старе обладнання є спеціальним, але застарілим;
- на базі старого обладнання впроваджені унікальні технології, які є економічно вигідними, але не випускаються у нових аналогах;
- відсутність коштів на закупівлю нового обладнання з ЧПК;
- нестабільне фінансове становище підприємства.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-08.07.КОЕПР</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Мазурок</i>			<i>Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів</i>	<i>/літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Арк.шві</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-24м</i>		
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>						

У таких випадках модернізація верстатів є оптимальним рішенням. Найпоширенішим видом модернізації є заміна застарілої електронної складової на сучасну. Це доступний та ефективний спосіб підтримки працездатності обладнання.

7.1 Основні напрями модернізації обладнання

Верстати колишніх випусків, що перебувають у доброму технічному стані, можна модернізувати, наближаючи їх характеристики до рівня нових верстатів.

Основні напрями модернізації:

- підвищення потужності;
- збільшення частот обертання шпинделя;
- підвищення жорсткості верстата.

Токарні верстати оснащуються пристроями механізованого закріплення заготовок, пристроями прискореного підведення та відведення супорта, що покращує умови безпеки. Модернізація зазвичай проводиться під час капітального ремонту.

Для підвищення потужності встановлюють більш потужний електродвигун. Під час модернізації виконують перевірочні розрахунки механізмів верстата та посилюють слабкі ланки (наприклад, замінюють плоскоремінну передачу на клиноремінну, змінюють матеріали або розміри зубчастих коліс тощо). Інформацію про проведену модернізацію вносять до паспорта верстата.

Найпростішим способом підвищення швидкохідності є збільшення діаметра ведучого шківів та зменшення діаметра веденого шківів. Перед цим виконують перевірочні розрахунки на зношування ременів та відповідність підшипників шпинделя підвищеним частотам обертання.

Для підвищення жорсткості верстат встановлюють на масивніші тумби, а в окремих випадках додають ребра жорсткості між напрямними.

Метою модернізації токарного верстата може бути розширення його технологічних можливостей. Наприклад, для обробки довгих валів подовжують станину, для свердління глибоких отворів вводять спеціальний механізм обертання свердла, для нарізування різьб — механізм прискореного відведення різця.

Модернізація також може бути спрямована на спеціалізацію верстата для обробки певних деталей.

Для впровадження сучасних систем керування змінюють механічну частину та кінематичну схему обладнання. У умовах економічної кризи модернізація є реальною можливістю заощадити кошти підприємства. Під час реновації верстата з ЧПК замінюють застарілі системи керування, приводи подач, електродвигуни, електрообладнання, гідравліку, системи мастила, ремонтують механіку, системи охолодження та відновлюють геометрію робочих поверхонь.

Основні заходи з модернізації верстатів:

1. Заміна електродвигунів на сучасні.
2. Встановлення сучасних перетворювачів.
3. Заміна електрообладнання.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

4. Впровадження ЧПК або заміна застарілої системи на сучасну.
5. Встановлення монітора.
6. Впровадження числової індикації на універсальні верстати.
7. Заміна ШВП, підшипників та інших відповідальних вузлів на точні аналоги.
8. Виготовлення та встановлення нових вузлів для розширення функціональності.

Під час заміни або встановлення ЧПК змінюється вся комплексна система керування. Верстати з ЧПК дозволяють отримувати моделі деталей електронною поштою або іншими способами. Спеціальні програми можуть відтворювати віртуальні деталі, зчитуючи їх параметри, що спрощує перенесення креслень з паперових носіїв у систему верстата.

Модернізація може призвести до виходу з ладу інших вузлів. Наприклад, при встановленні потужнішого двигуна можуть не витримати ремінна передача, фрикційна муфта, зубчасті колеса тощо. Щоб уникнути таких ситуацій, необхідно провести перевірочні розрахунки на міцність та посилити слабкі вузли.

У роботі розглядається модернізація універсального токарно-гвинторізного верстата моделі 1K62. Основні дані про верстат надо в 1 розділі кваліфікаційної роботи.

7.2 Модернізація механізмів токарного верстата 1K62

7.2.1 Частотний перетворювач

Для регулювання частоти обертання шпинделя верстата 1K62 обрано систему Siemens SINAMICS G120. Вона забезпечує точне та стабільне керування процесом обробки, включаючи регулювання швидкості обертання шпинделя.



Рисунок 7.1 – Частотний перетворювач Siemens SINAMICS G120

Характеристики перетворювача:

Потужність: 4-7,5 кВт;

Напруга: 380 В;

					КНУ.КМР.131.25.1-08.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діапазон регулювання обертів: 100-1500 об/хв;

Сумісність із Siemens Sinumerik.

Переваги системи:

Висока точність і стабільність;

Гнучкі налаштування;

Підвищення продуктивності;

Економія енергії до 50%;

Зменшення зносу механічних частин.

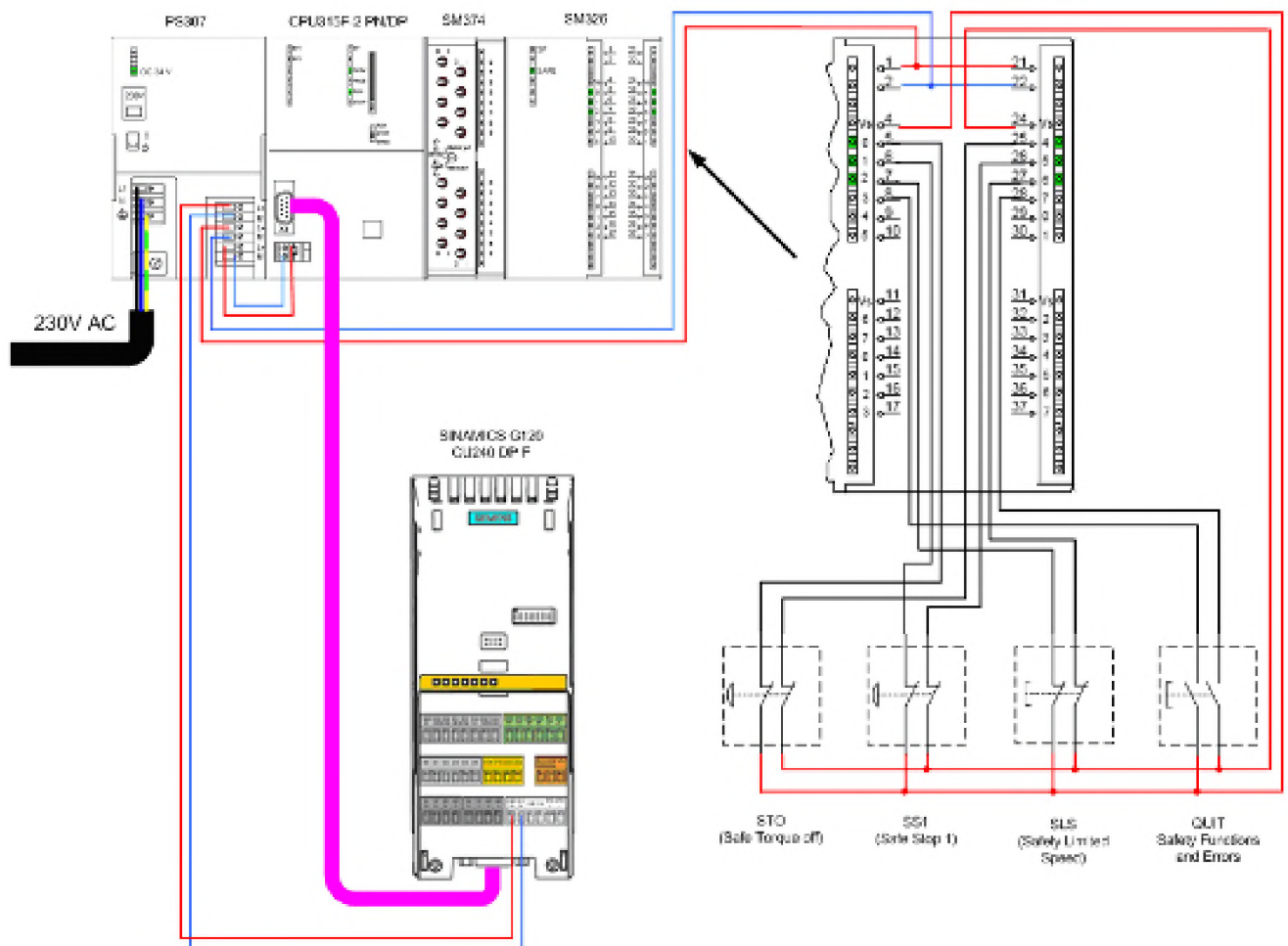


Рисунок 7.2 – Схема підключення перетворювача

7.2.2 Крокові двигуни

Під час модернізації ручні маховики поздовжніх і поперечних переміщень пропонується замінити на кронштейни з кроковими двигунами STEPPERONLINE 23HS45-4204S. Це гібридні біполярні двигуни стандарту NEMA 23 з утримуючим моментом 3,0 Н·м і кутом кроку $1,8^\circ$ (200 кроків/оберт), які забезпечують високу точність позиціонування. Двигуни закріплені на спеціально виготовлених кронштейнах (рис. 7.3), це дає змогу ефективно замінити ручне керування на автоматизоване.

Переваги двигунів:

- висока точність позиціонування;
- надійність;

- мінімальний нагрів;
- сумісність із драйверами TB6600 або DM542.



Рисунок 7.3 – Кронштейн з кроковим двигуном

Застосування даних двигунів дозволяє значно покращити функціональність верстата, знизити знос механічних частей, а також підвищити якість обробки.

Двигуни STEPPERONLINE є оптимальним рішенням для модернізації верстатів типу 1K62, оскільки поєднують у собі високу точність, достатню потужність та економічну ефективність. Основні технічні характеристики крокового двигуна наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Технічні характеристики двигуна STEPPERONLINE

№ з/п	Параметр	Значення
1	Розміри	56×56×114 мм
2	Вага	1,2 кг
3	Діаметр валу	6,35 мм
4	Кроків за 1 оберт	200
5	Номінальний струм	4,2 А
6	Опір обмотки	1,2 Ом
7	Крутний момент	3 кг·см
8	Індуктивність	3,8 мГн

3.3 Драйвери крокових двигунів з контролером

Кроковий двигун – це електричний пристрій постійного струму, який перетворює обертання валу на серію дискретних кроків із фіксованим кутом повороту. Для забезпечення точної фіксації положення та плавності руху такого двигуна необхідна система автоматичного керування. Її основним елементом є драйвер крокового двигуна, що генерує керуючі імпульси відповідно до заданого режиму роботи.

У процесі модернізації токарного верстата 1K62 було встановлено крокові двигуни STEPPERONLINE 23HS45-4204S, які потребують драйверів, здатних працювати при струмі до 4,2 А.

Як оптимальний варіант було обрано цифрові драйвери DM542, спеціально розроблені для двигунів стандарту NEMA 23. Пристрій підтримує широкий

					КНУ.КМР.131.25.1-08.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

діапазон вхідної напруги – від 20 до 50 В постійного струму, що забезпечує стабільну роботу навіть у складних виробничих умовах. Завдяки використанню високоточних мікросхем із цифровим керуванням драйвер дозволяє реалізувати мікрокрокове керування до 1/256 оберту, що гарантує виняткову плавність ходу та зменшення вібрацій.

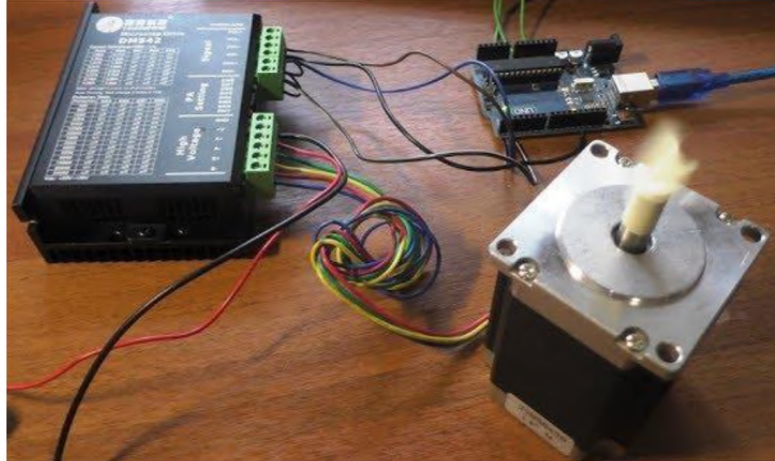


Рисунок 7.4 – Драйвери DM542, підключені до контролера

На відміну від традиційних аналогових моделей, DM542 оснащений системами захисту від перевантаження по струму, перегрівання, короткого замикання та втрати фази. Це особливо важливо у промислових умовах, де стабільність і надійність роботи обладнання мають вирішальне значення та не повинні вимагати постійного втручання оператора.

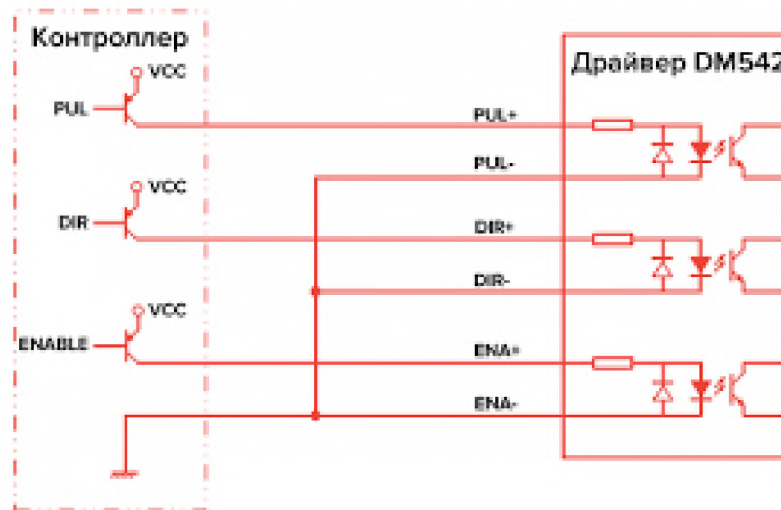


Рисунок 7.5 – Принципова схема драйвера DM542

Драйвер може встановлюватися як у окремий корпус, так і інтегруватися в електричну панель керування за допомогою стандартних монтажних отворів. На рис. 7.4 представлено підключення драйверів DM542 до контролера системи ЧПУ. Рациональна організація з'єднань забезпечує надійну роботу системи та зручність технічного обслуговування.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Драйвер крокового двигуна – це силовий електронний модуль, який приймає керуючі сигнали від контролера (наприклад, NVUM або MACH3) та регулює струм у його обмотках. Завдяки цьому пристрою забезпечується точний зворотно-поступальний рух, а можливість поділу кроку на тисячі мікрокроків робить його ідеальним рішенням для високоточної обробки на верстатах. Від правильного вибору драйвера залежить не лише стабільність роботи системи, а й ресурс самого двигуна.

Таблиця 7.2 – Характеристики драйверу DM542

№ з/п	Параметр	Значення
1	Напруга живлення	20 – 50 В постійної напруги
2	Вихідний струм	від 1А до 4.2А
3	Мікрошаг	від 1/256
4	Робоча температура	від -10°C до + 50°C;
5	Вага	280 г
6	Розміри драйвера	1,18 × 7,5 × 3,4 см
7	Вологість	Не допускати конденсат і краплі води
8	Додаткові умови	Не допускати потрапляння газів і захищати від пилу

7.4 Модернізація задньої бабки

Для виконання операції намотування ниток на оправку на задню бабку встановлено додаткову вісь з фланцем для фіксації оправки. Привід обертання оправки керується контролером, що забезпечує точне регулювання швидкості та напрямку обертання.

7.5 Встановлення керуючої програми

Контролер, встановлений на модернізованому токарному верстаті 1K62, підключається до персонального комп'ютера через USB-інтерфейс, що забезпечує надійну передачу даних між обладнанням і керуючою програмою числового програмного управління (ЧПК). Така взаємодія дає змогу автоматизувати процес обробки, підвищити точність і забезпечити стабільну повторюваність виготовлення деталей.

Для управління модернізованим верстатом використовується система на базі Mach3 – програмне забезпечення, яке широко застосовується для керування токарними, фрезерними, гравірувальними та іншими типами верстатів з ЧПК. Програма обробляє G-коди та генерує імпульси управління, що передаються на зовнішній контролер.

Контролер, у свою чергу, інтерпретує отримані сигнали й надсилає їх на драйвери електроприводів, які забезпечують рух по координатних осях і обертання оправки, встановленої на задній бабці. Така система дозволяє точно реалізовувати процес намотування ниток на оправку з заданими параметрами швидкості та положення.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

G-кодові програми можуть створюватися в CAD/CAM-системах або формуватися вручну. Кожен рядок коду визначає конкретну операцію – переміщення інструмента, обертання оправки, зупинку, зміну швидкості тощо. Готову програму зберігають на зовнішньому носії або передають безпосередньо в середовище Mach3 через USB-з'єднання.

Система Mach3 надає користувачеві зручний графічний інтерфейс, можливість налаштування параметрів обробки, керування обертанням, а також підтримує використання додаткових макросів на основі VB-скриптів. Крім того, вона сумісна з MPG (ручними генераторами імпульсів), що дозволяє виконувати точне позиціонування у ручному режимі.

Використання зовнішнього контролера зменшує навантаження на комп'ютер, підвищує стабільність роботи системи та забезпечує більш високу точність процесу намотування без збоїв.

Отже, інтеграція керуючої програми Mach3 у модернізований токарний верстат 1K62 дала змогу реалізувати напівавтоматичний режим роботи, зменшити участь оператора в процесі керування та досягти високої якості виготовлення деталей з композиційних матеріалів.

7.6 Висновки щодо модернізації верстата 1K62

У процесі виконання науково-дослідної роботи було здійснено модернізацію універсального токарного верстата моделі 1K62 з метою розширення його технологічних можливостей та адаптації для виготовлення виробів із композиційних матеріалів.

Для реалізації процесу намотування армувальних ниток на задню бабку пропонується встановлення додаткової вісь із фланцем та інтеграцію привода обертання оправки. Керування приводом здійснюється за допомогою зовнішнього контролера, що забезпечує точне регулювання параметрів обертання.

На модернізований верстат пропонується встановити систему числового програмного керування на базі програмного забезпечення Mach3. Запропоновані електронні компоненти – контролер, драйвери та крокові двигуни – для автоматизованого керування рухом по координатних осях. Додатково можливе встановлення частотного перетворювача для регулювання швидкості обертання шпинделя.

У результаті модернізації токарний верстат 1K62 має здатність виконувати не лише традиційні токарні операції, а й спеціалізовані технологічні процеси – зокрема намотування армувальних волокон під час виготовлення композитних виробів. Це дає змогу істотно розширити функціональні можливості обладнання, підвищити точність й автоматизувати процес обробки, забезпечивши стабільне виготовлення високоякісних деталей у напівавтоматичному режимі.

Таким чином, доведено, що модернізований токарний верстат 1K62 може ефективно застосовуватись у сучасних умовах виробництва для обробки заготовок та виготовлення композитних елементів із високою точністю і повторюваністю.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.07.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У КМР виконано комплекс досліджень і проєктних розробок, спрямованих на підвищення точності виготовлення, технологічної ефективності та надійності елементів токарного верстата 1К62, а також удосконалення умов його експлуатації. У ході роботи отримано такі результати:

Проведено проектування технологічного процесу складання вузла. Розроблена послідовність складання коробки швидкостей.

Розроблено маршрут відновлення, послідовність технологічних операцій відновлювальних операцій, приведені розрахунки міжопераційних розмірів та припусків на операцію наплавлення. Також на деталь «Вал-шліцьовий» розроблено контрольне оснащення, інструментальне налагодження та розроблено технологічний процес виготовлення.

У даній роботі вирішені наступні завдання: проаналізовано існуючий процес експлуатації верстата та його ремонту; розроблено технологічні процеси ремонту зношених деталей; був проаналізований базовий вузол верстату – коробка швидкостей; розроблені пропозиції щодо впровадження ефективної форми перевірки на точність після ремонту; розроблені заходи по охороні праці і інженерної екології; зроблено розрахунок ефективності ремонтно-відновлювальних операцій верстата.

Зроблений аналіз доцільності проведення ремонтних робіт свідчить про доцільність ремонту верстату. Сформовано план організації робочого місця верстата 1К62. Додатково подано комплекс заходів з охорони праці та екологічної безпеки під час ремонтно-експлуатаційних робіт.

Створено верстатно-інструментальне налагодження для токарної операції на ЧПК-верстаті HAAS ST-20Y. Обґрунтовано вибір сучасного металорізального інструменту та розроблено керуючу програму в CAD/CAM-системі FeatureCAM, що забезпечує стабільність процесу різання, підвищення продуктивності та зменшення ймовірності утворення браку.

Науково-дослідна частина присвячена модернізації верстата 1К62, у межах якої запропоновано конструктивні та технологічні рішення, спрямовані на підвищення ресурсу роботи, точності виготовлення деталей та загальної надійності агрегату.

Загалом, результати роботи підтверджують ефективність застосування CAD/CAM-технологій для проєктування, виготовлення та контролю деталей токарних верстатів. запропоновані технічні та організаційні рішення дозволяють підвищити точність і надійність механізмів, знизити трудомісткість та собівартість виготовлення, а також підвищити безпечність та екологічність виробничого процесу.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.В					
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата						
Розроб.		Мазцрок			Висновки			Літ.	Арк.	Арх-шіт
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м					

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. Справочник технолога – машиностроения. В 2 томах/ Косилова А.Г., Мещеряков Р.К., М., 1986г.
3. Атаманюк, В.В. Технологія конструкційних матеріалів: [Текст] Навчальний. посібник / В.В. Атаманюк. – К.: Кондор, 2006. – 528 с.
4. Біленький П.Є. Підвищення якості організації промислового виробництва / П.Є. Біленький. – Львів: Світ, 1990. – 168 с.
5. Боженко, Л.І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні [Текст] / Л.І. Боженко. – К.: НМК ВО, 1990. – 264 с.
6. Захаркін, О.У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та технологічні обробляючі системи для їх реалізації): [Текст]: Навчальний посібник / О.У. Захаркін. – Суми: Сумський державний університет, 2011. –137 с.
7. Мельничук П.П., Боровик А.І., Лінчевський П.А., Петраков Ю.В. Технологія машинобудування [Текст] : Навчальний посібник / ЖДТУ, – Житомир: 2005. – 835 с.
8. Сучасні методи аналізу технологічних процесів у машинобудуванні: [Текст] : Навчальний посібник / В.В. Душинський. – К.: ІСДО, 1994. – 216 с.
9. Технологія конструкційних матеріалів [Текст]; за ред. М.А. Сологуба. – К.: Вища школа, 1983. – 286 с. 20.
10. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ.вищ.закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.
11. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Посібник / Боженко Л.І.-Львів. Світ, 2001.-296 с.
12. Технологічна оснастка механоскладального виробництва:Підручник / Боровик А.І,- К.: Кондор, 2008. 726 с.
13. Технологічні задачі механоскладального виробництва/ Бондаренко С.Г.- Ніжин.:Спект Поліграф, 2008.-220 с.
14. Технології механоскладального виробництва/ Бондаренко С.Г.- Ніжин.:Спект- Поліграф, 2008. 358 с.
15. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
16. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.СВД			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Список використаних джерел	Літ.	Арк.	Аркцшів
Розроб.		Мазцрарк						
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

17. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення

18. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.

19. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

24. ДСТУ 2.604:2005 ЄСКД. Єдина система конструкторської документації. Кресленики ремонтні. Загальні вимоги.

25. Дусанюк Ж. П. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Литі заготовки : навч. посібник / Ж. П. Дусанюк, О. П. Шиліна, С. В. Репінський, С. В. Дусанюк. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 199 с.

26. Software module for generating control programs for additive manufacturing equipment / M. I. Chizhov, A. V. Lutovin, A. V. Bredihin, V. V. Vetohin // AIP Conference Proceedings, Krasnoyarsk, 29–30 апреля 2021 года / Krasnoyarsk Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Vol. Volume 2402. – Melville, New York, United States of America: AIP Publishing, 2021. – P. 70038. – DOI 10.1063/5.0071393. – EDN MUIHO.

27. Эттель, В. А. Исследование технологии производства деталей сложной конфигурации с помощью аддитивных технологий / В. А. Эттель, А. А. Берг, С. С. Иванов // Академическая наука - проблемы и достижения : Материалы XV международной научно-практической конференции, North Charleston, USA, 26–27 марта 2018 года. Том 2. – North Charleston, USA: CreateSpace, 2018. – С. 41-43. – EDN XQBBRZ.

28. Kheifetz, M. L. From Information and Additive Technologies to Self-Reproduction of Machines and Organisms / M. L. Kheifetz // Advanced Materials and Technologies. – 2018. – No. 1. – P. 22-35. – DOI 10.17277/amt.2018.01.pp.022-035. – EDN XWDLAD.

					КНУ.КМР.131.25.1-08.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КНУ.КМР.131.25.1-08.Д		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Додатки		
Розроб.	Мазирок						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

до кваліфікаційної магістерської роботи

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Забезпечення експлуатаційної надійності деталей верстата
1К62 на етапах виготовлення та експлуатації з використанням
CAD/CAM систем

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Мазурок І.В.

Керівник КМР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечасв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

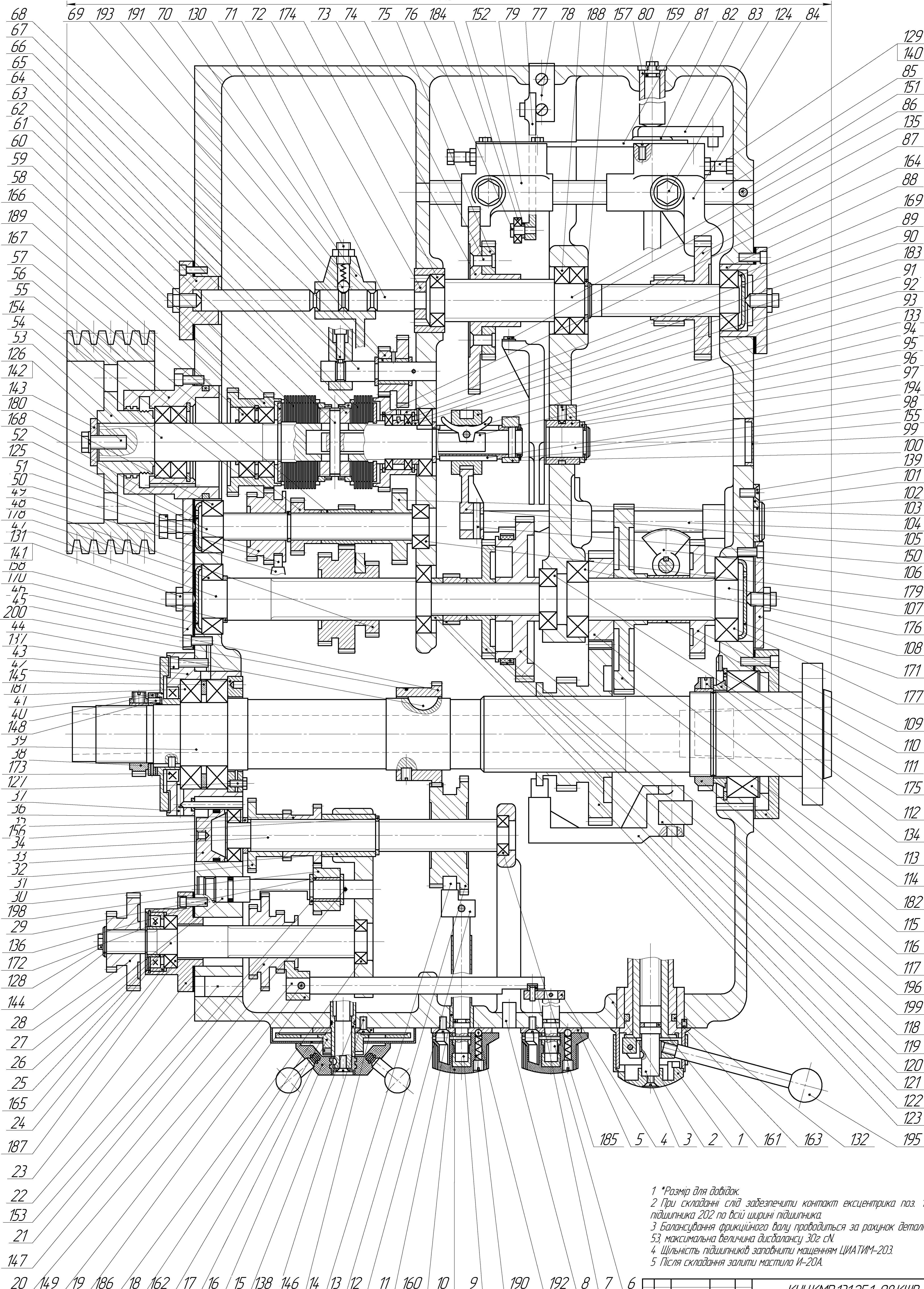
Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №						Креслення		
	A1		1	КНУ.КМР.131.25.1-08.ВКШ	Коробка швидкостей	1		
					верстата мод. 1К62			
	A1		2	КНУ.КМР.131.25.1-08.ССКШ	Схема складання	1		
					коробка швидкостей			
					верстата мод. 1К62			
	A3		3	КНУ.КМР.131.25.1-08.ВШ	Вал шліцьовий	1		
	A1		4	КНУ.КМР.131.25.1-08.ЕОР	Ескізи операцій відновлення	1		
	A1		5	КНУ.КМР.131.25.1-08.ЕОВ	Ескізи операцій виготовлення	1		
	A1		6	КНУ.КМР.131.25.1-08.ВІН	Верстатно- інструментальне	1		
Подп. и дата						налагодження		
	A3		7	КНУ.КМР.131.25.1-08.ПВВ	Протокол випробовувань	1		
					верстата на точність			
	A3		8	КНУ.КМР.131.25.1-08.КП	Контрольний пристрій	1		
	A2		9	КНУ.КМР.131.25.1-08.ПРВ	Пристосування для	1		
					ремонту верстата			
	A2		10	КНУ.КМР.131.25.1-08.НЧ	Наукова частина	1		
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
					КНУ.КМР.131.25.1-08.ВКІЗА			
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разраб.	Куліш				Відомість креслень та інформаційно-засвідчуючих аркушів КМР		
	Пров.	Рязанцев						
	Н.контр.	Нечаєв						
	Утв.	Рязанцев						
						Лит.	Лист	Листов
						Н		1
						Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		

Копировал

Формат А4

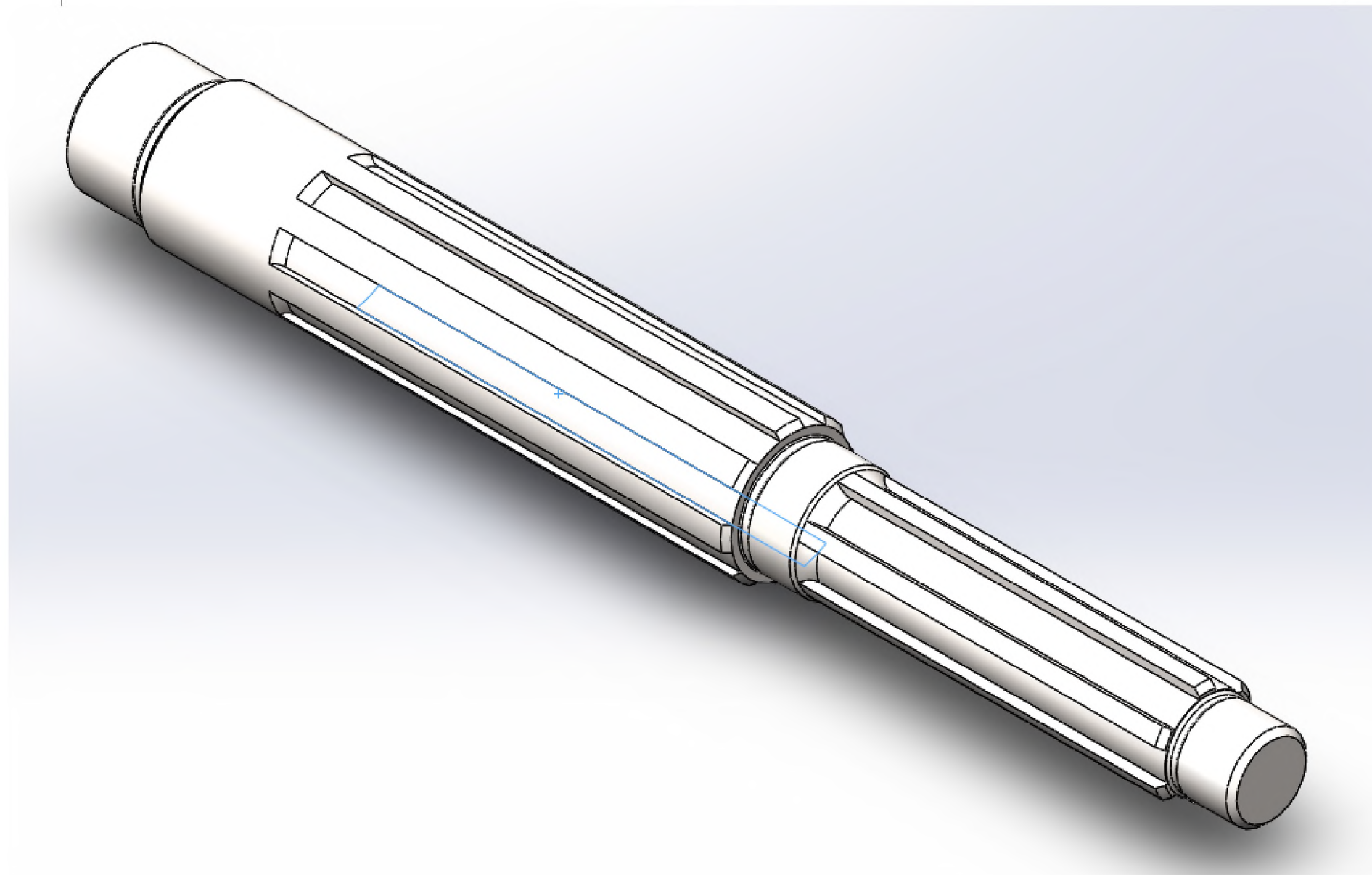
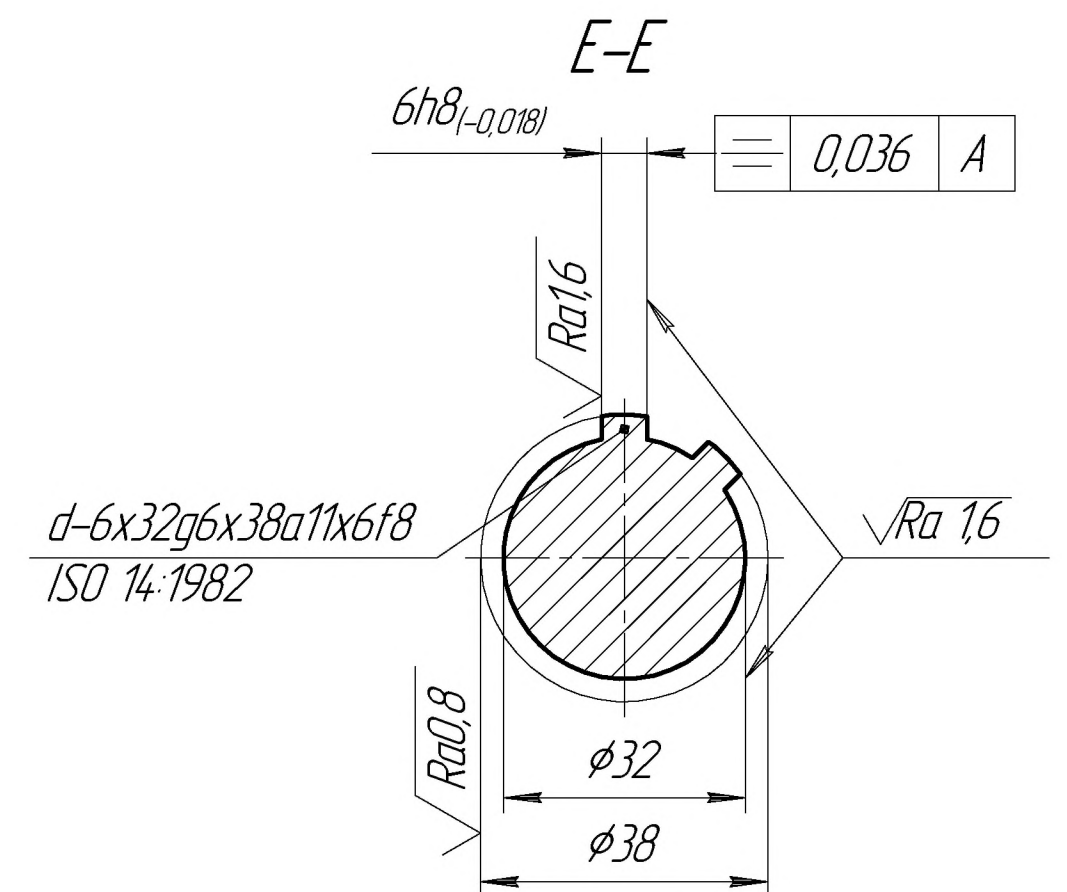
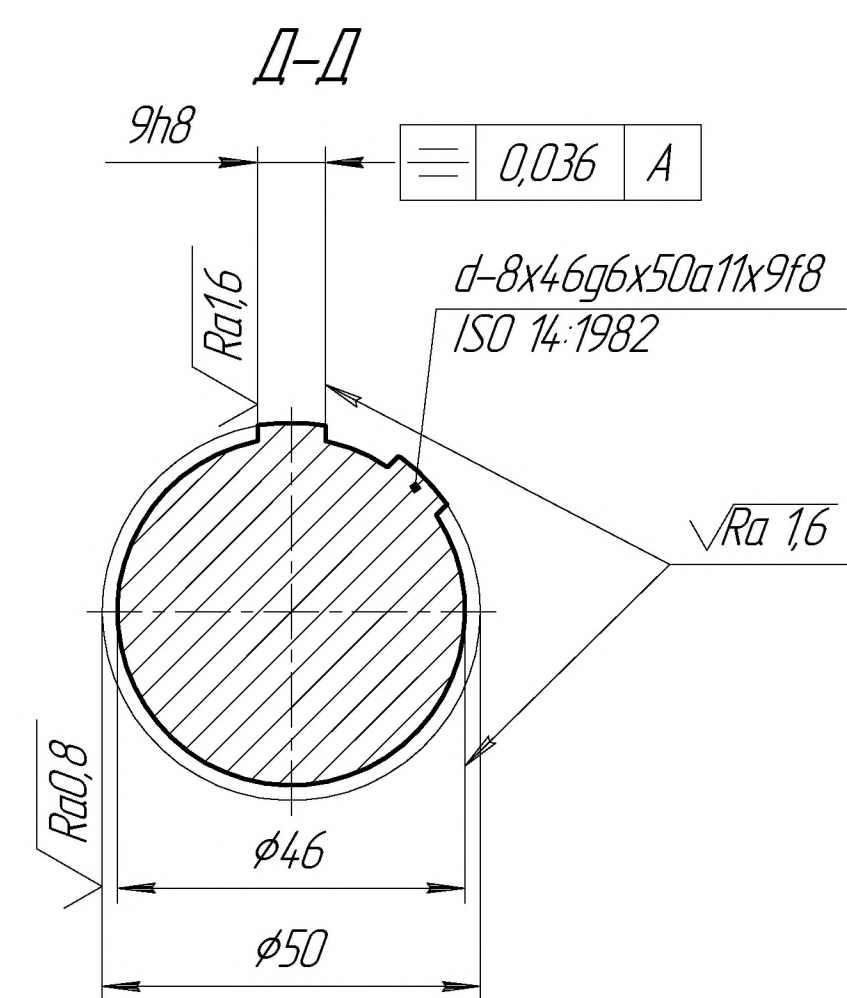
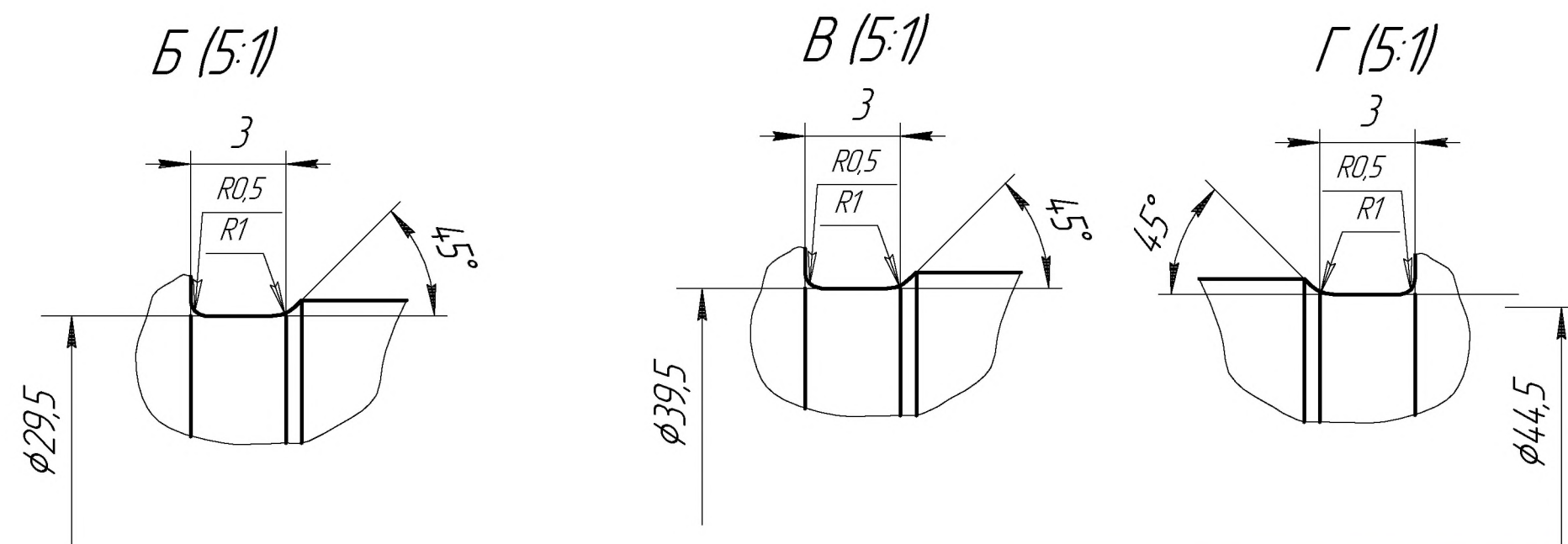
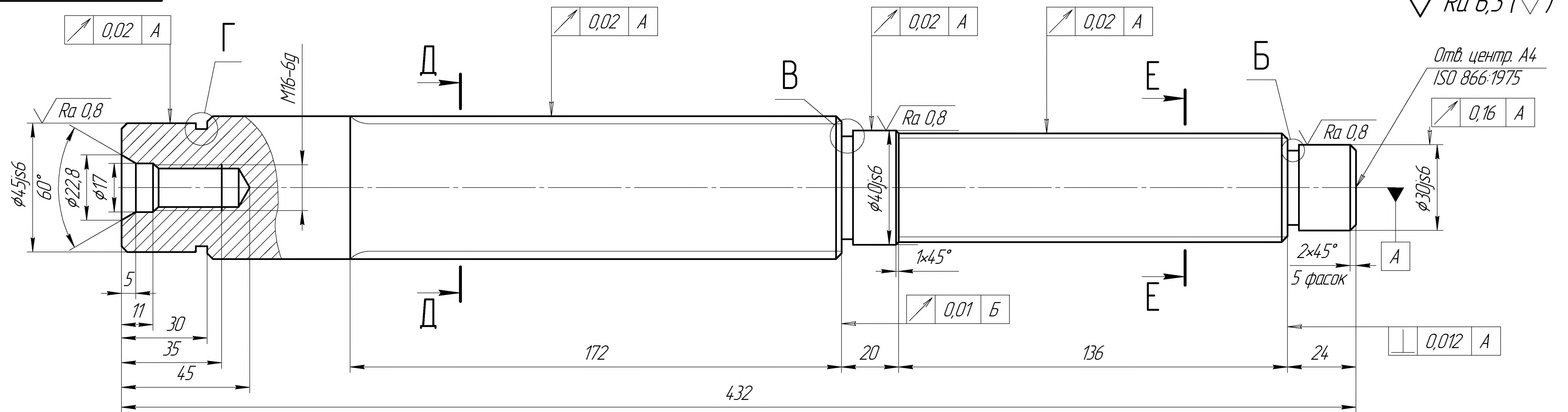
945*

КНУ.КМР.13125.1-08.КШВ



- 1 *Размер для довідок.
- 2 При складанні слід забезпечити контакт ексцентрика поз. 100 і підшипника 202 по всій ширині підшипника.
- 3 Балансування фрикційного валу проводиться за рахунок деталі поз. 53, максимальна величина дисбалансу 30г см.
- 4 Щільність підшипників заповнити мащенням ЦИАТИМ-203.
- 5 Після складання залити мастила И-20А.

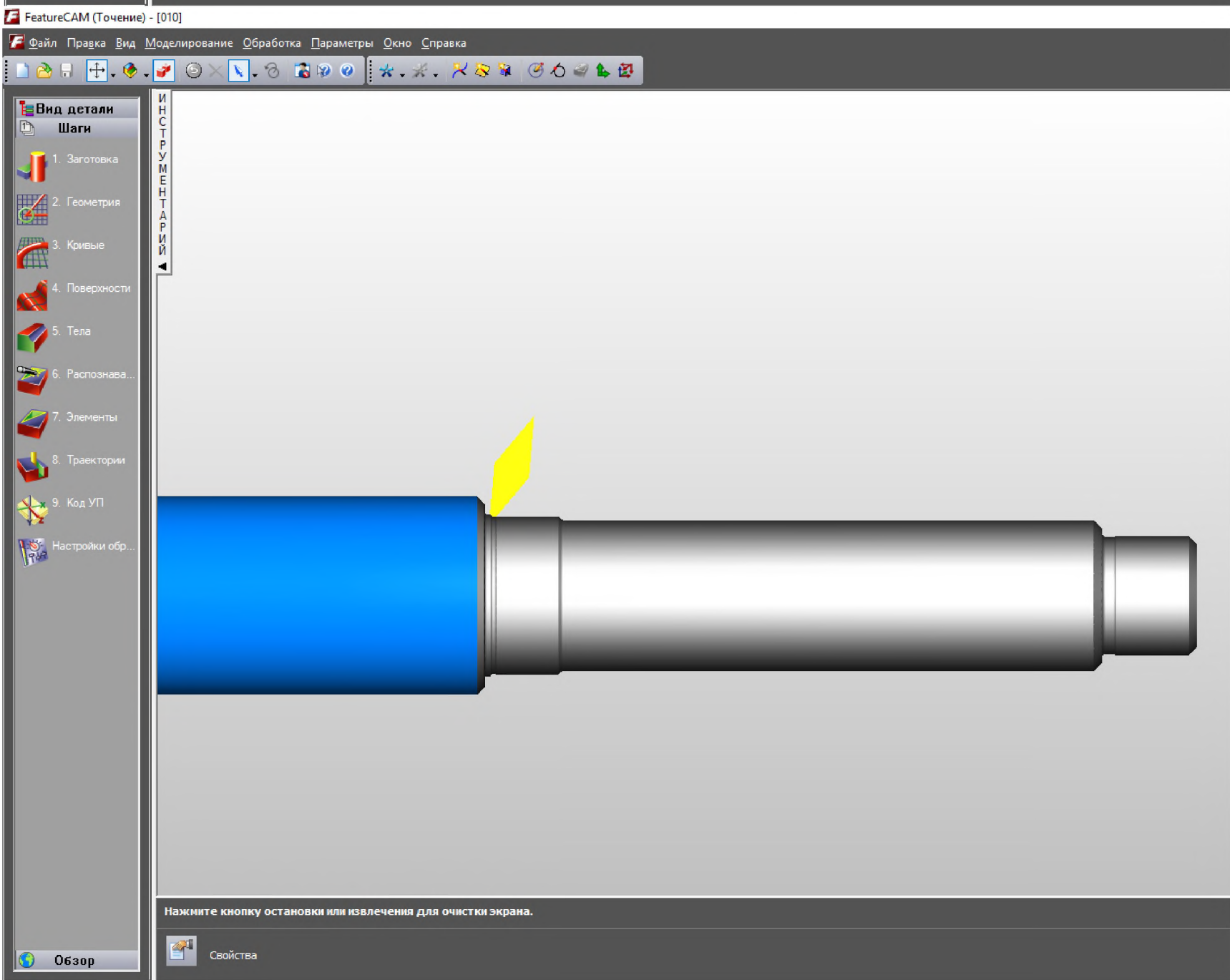
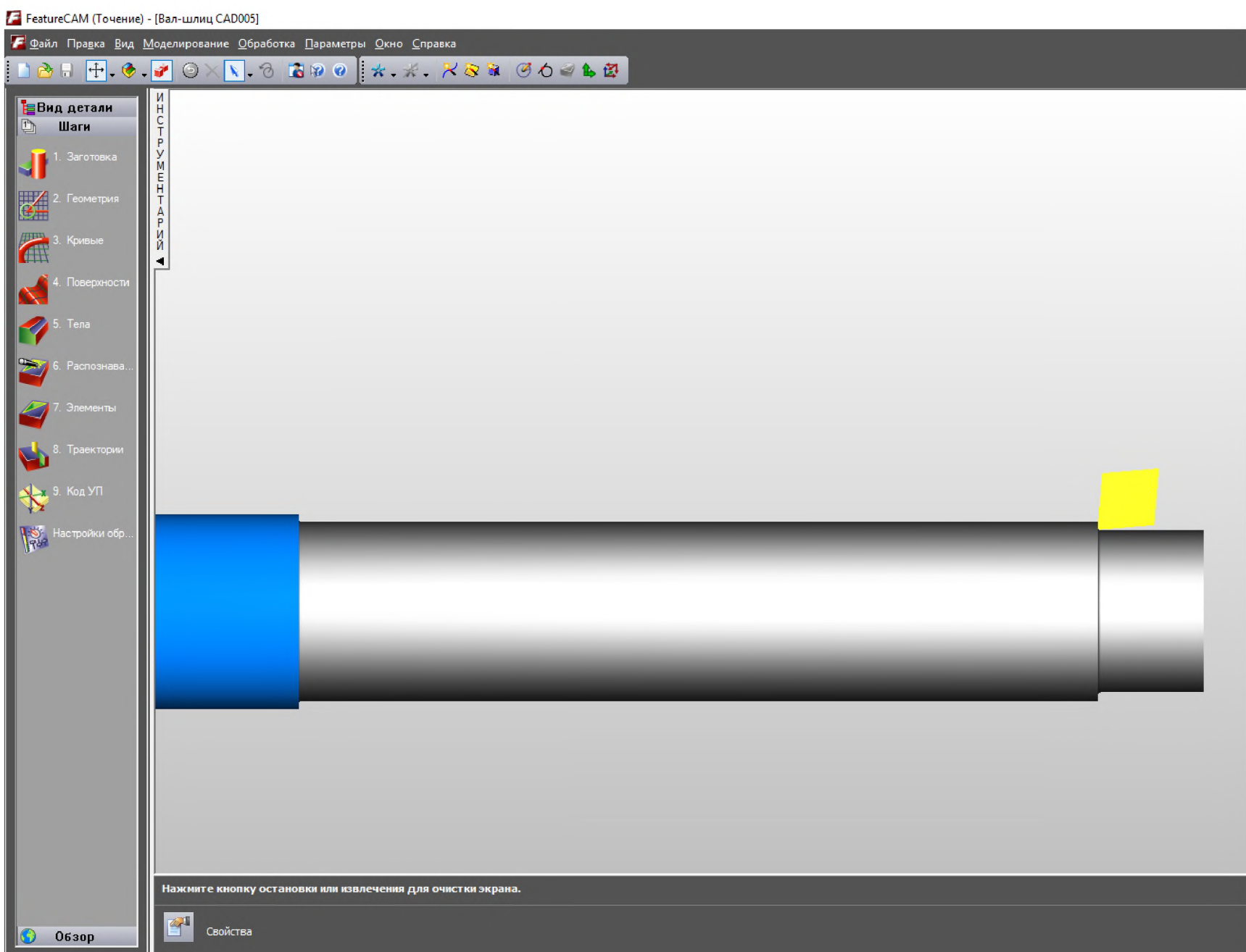
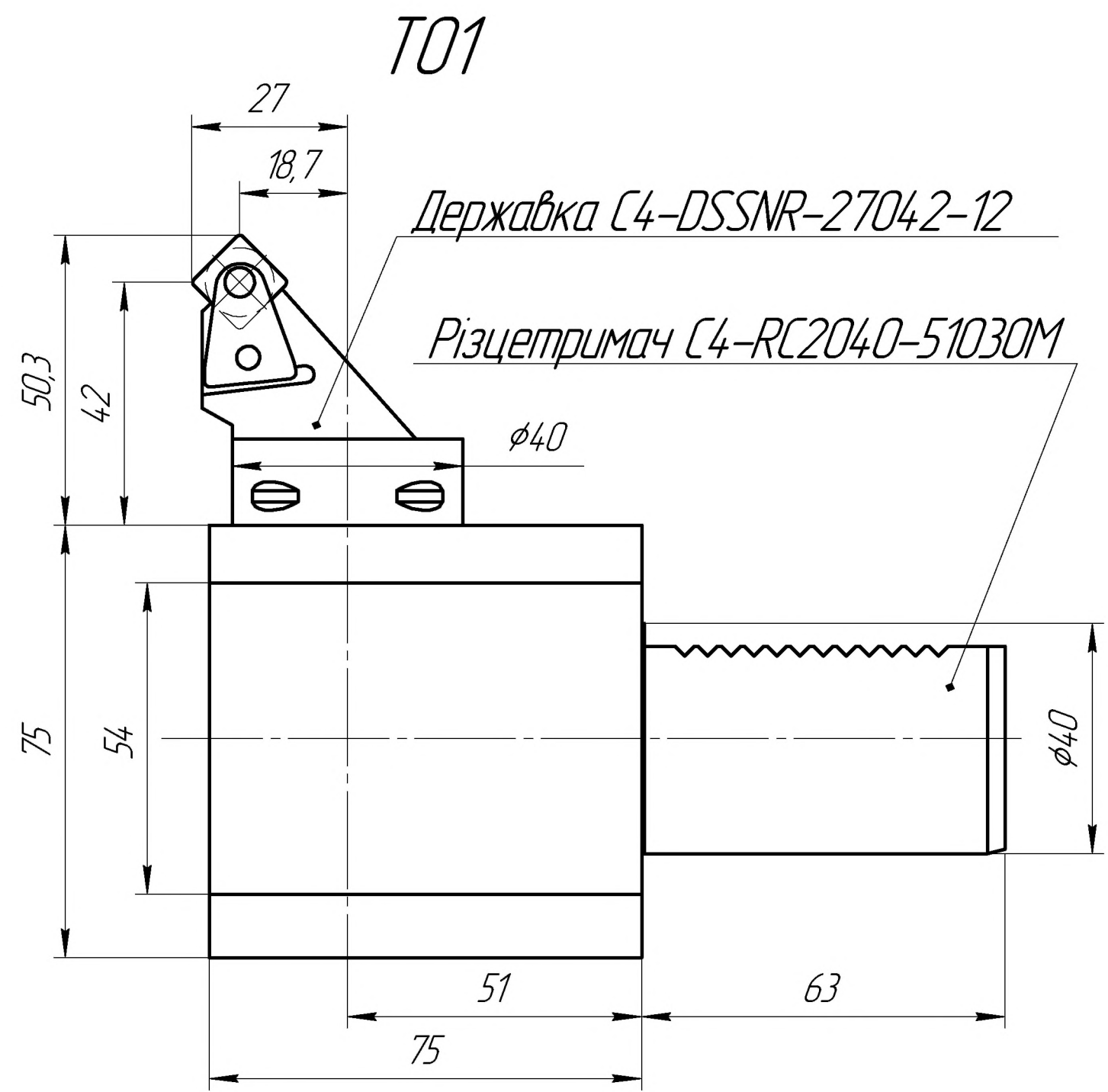
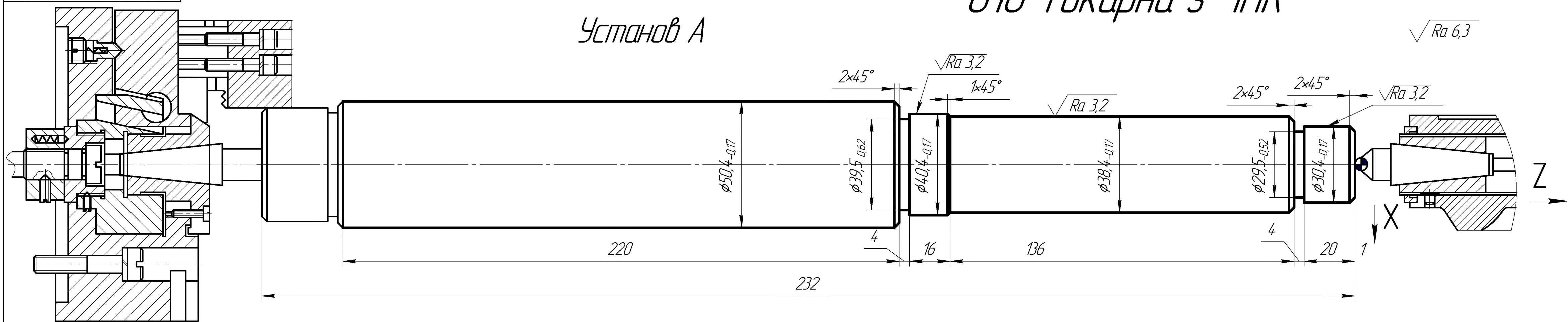
КНУ.КМР.13125.1-08.КШВ				Коробка швидкостей верстата мод. 1К62		
Зм./Лист	№ док-м.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Разробив	Мазурок			Н		1:2,5
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасів			Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Затв.	Рязанцев					



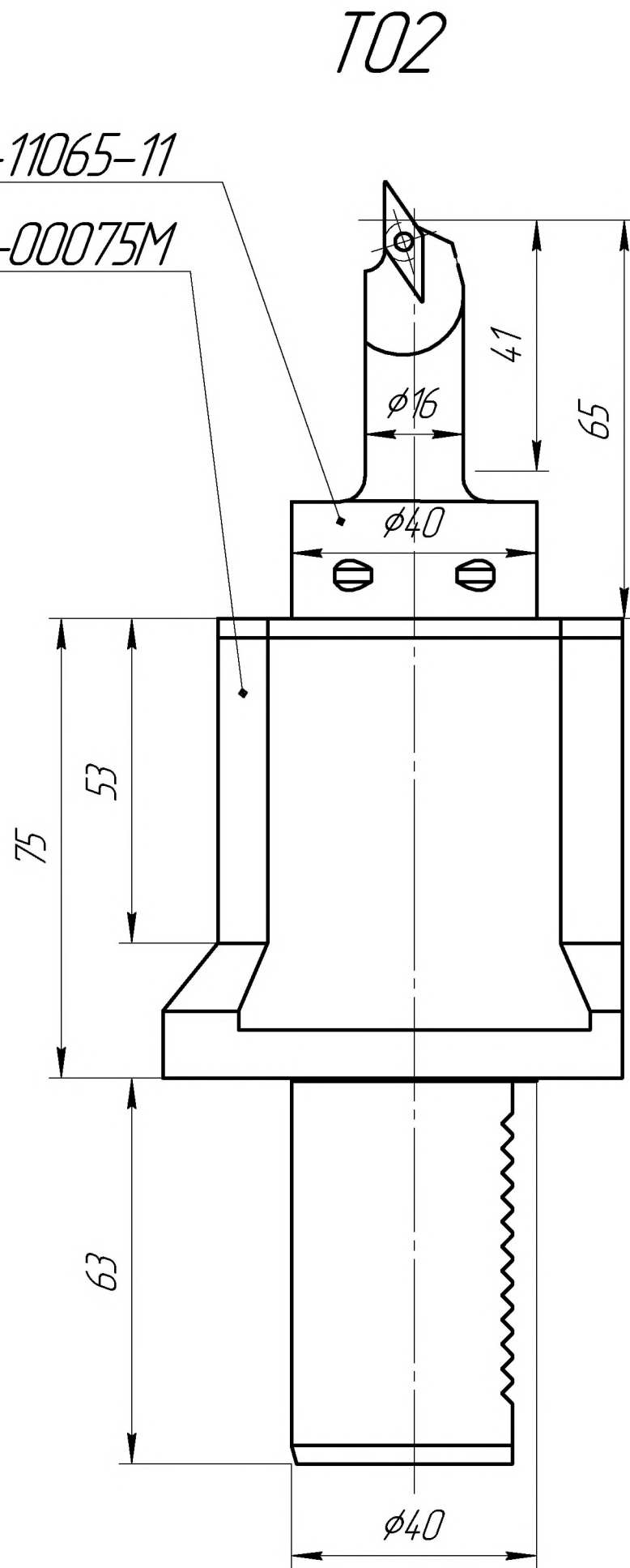
- Шліци ТВЧ 46...52 HRC
- Невказані граничні відхилення розмірів: $h14$, $H14$, $\pm \frac{IT14}{2}$

КНУ.КМР.131.25.1-08.ВШ				Вал шліцьовий		
Зм. / Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Н	7,9	1:1
Розробив	Мазурок			Лист	1	Листів 1
Керівник	Рязанцев			Кафедра ТМ		
Н.контр.	Нечаєв			Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015		
Затв.	Рязанцев			зр. ПМ-24м		

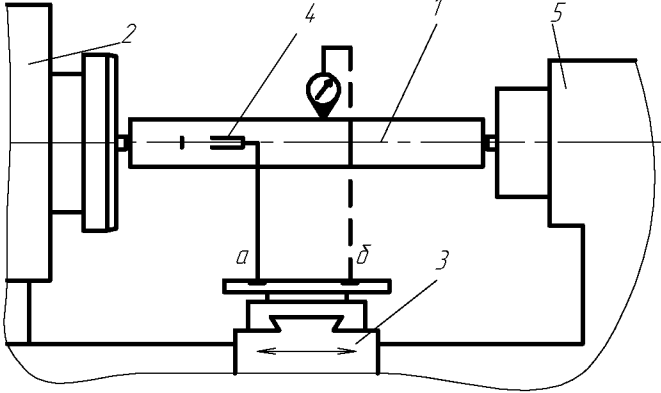
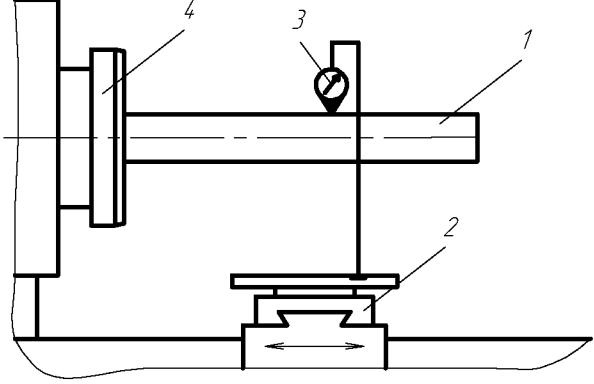
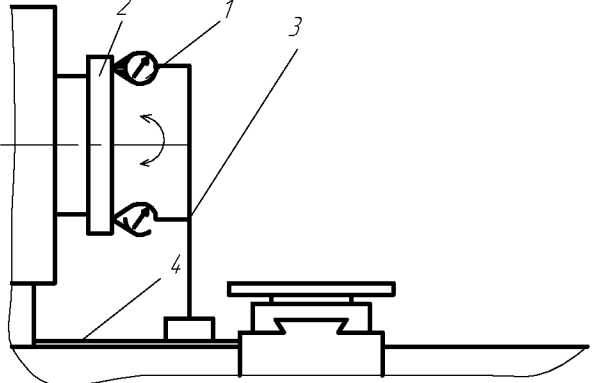
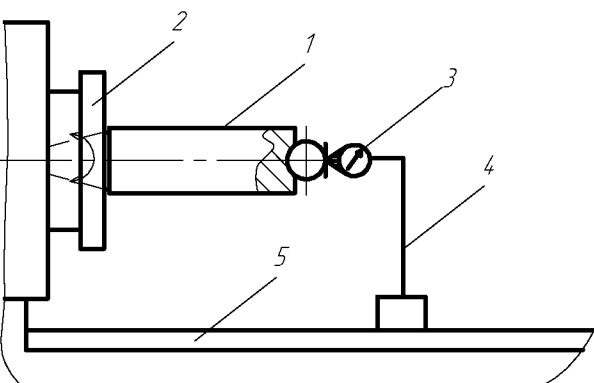
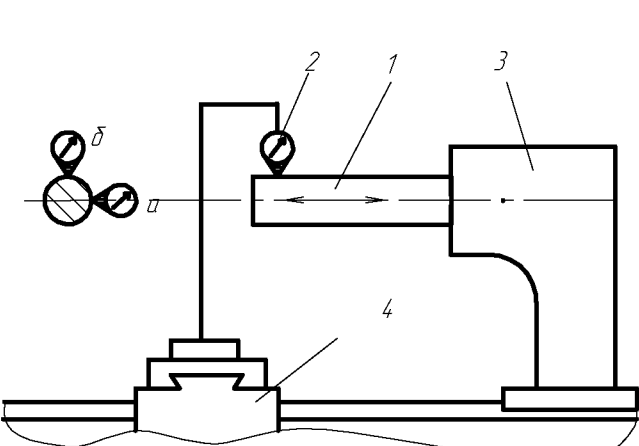
Установ А



Тип Инструмента	Пластина	Покрiття	Допомiжний iнструмент
Державка C4-SDUNR-11065-11	VBGT 110201-F1	TP3000-чорна оцiтка Ti (C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN TP2000-напiвчистода та чистода оцiтка Ti (C,N)+Al ₂ O ₃ +Ti(C,N)+TiN	Рiзцетримач VDI C4-RC2040-00075M
Державка C4-DSSNR-27042-12	SNMA 120408	TP3000-чорна оцiтка Ti (C,N)+Al ₂ O ₃ +TiN TP2000-напiвчистода та чистода оцiтка Ti (C,N)+Al ₂ O ₃ +Ti(C,N)+TiN	Рiзцетримач C4-RC2040-51030M

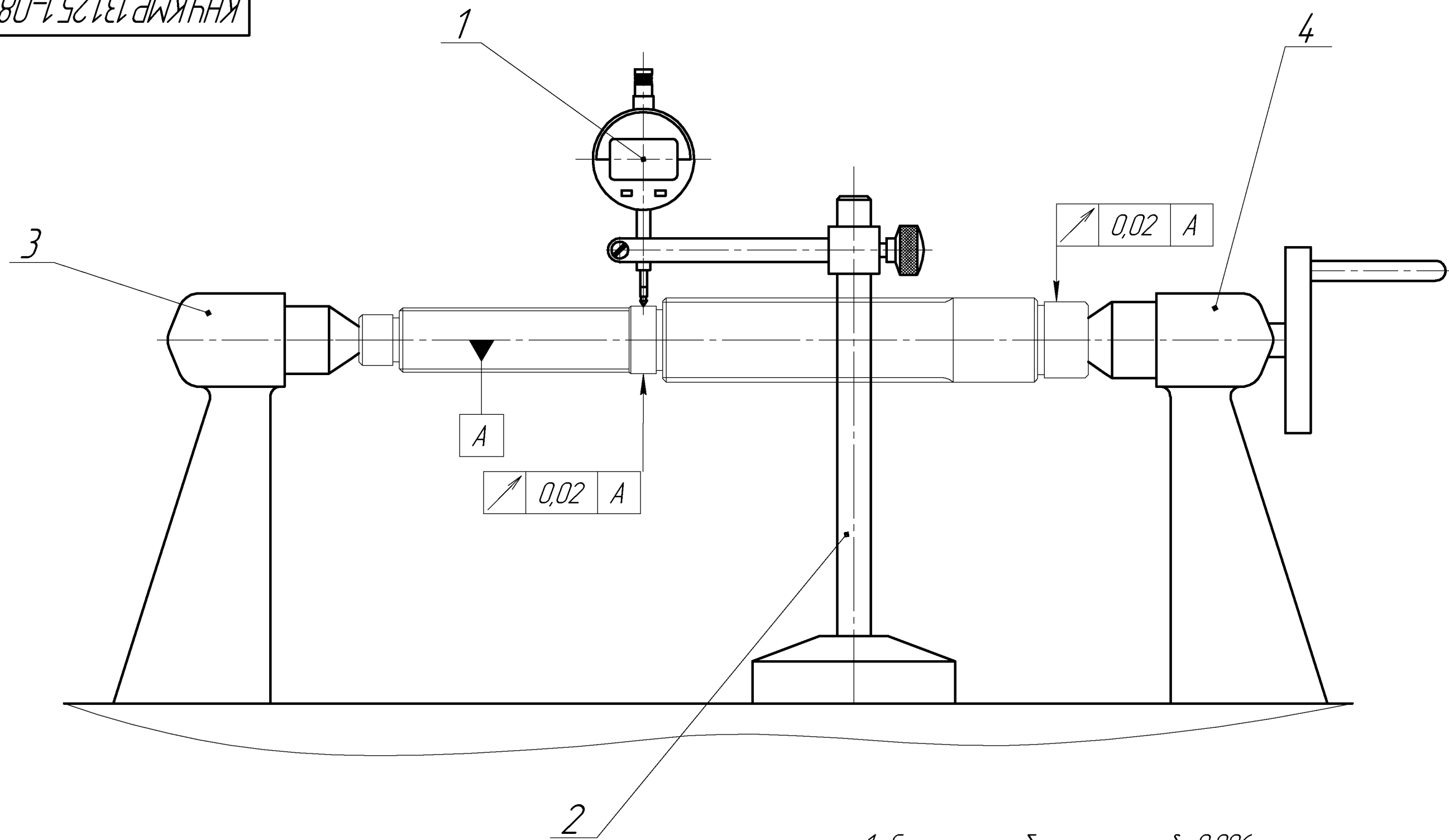


Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУКМР.131.25.1-08.ВН	Верстатно-інструментальне налагодження	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Мазурок					Н		
Керівник	Рязанцев					Лист	Листів	1
Начальник	Нежданов					Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев					гр. ПМ-24м		

№	Що перевіряється	Схема перевірки	Метод перевірки	Припустиме відхилення, мм
1	Точність прямолінійності переміщення супорта токарно-гвинторізного верстата у продольному напрямі		Контрольну оправку 1 встановлюють в центрах передньої 2 та задньої 5 бабок. Індикатор 4 встановлюють на супорті 3 таким чином, щоб його вимірювальний наконечник торкався твірної поверхні оправки і дуб розташований перпендикулярно до неї. Вимірювання проводять у двох взаємноперпендикулярних площинах "а" і "б". Відхилення від прямолінійності траєкторії переміщення супорта дорівнює найбільшій алгебраїчній різниці вимірювань індикатора на заданій довжині переміщення.	На 1 м ходу супорта – 0,02 На всій довжині ходу супорта до 2 м – 0,04
2	Точність паралельності переміщення супорта до вісі шпинделя токарно-гвинторізного верстата		Контрольну оправку 1 встановлюють в отвір шпинделя 4 верстата. На супорті 2 встановлюють індикатор 3 таким чином, щоб його вимірювальний наконечник торкався твірної поверхні оправки і дуб розташований перпендикулярно до неї. Відхилення від паралельності дорівнює найбільшій алгебраїчній різниці вимірювань індикатора на заданій довжині переміщення.	Для верстатів з найбільшим діаметром оброблюваної деталі до 800 мм – 0,025
3	Торцьове биття опорного дуртика шпинделя токарно-гвинторізного верстата		Індикатор 1 встановлюють на напрямних станани 4 верстата. Вимірювальний накінецьник індикатора повинен торкатися опорного дуртика 2 шпинделя на максимальному радіусі і дуги перпендикулярним до нього. Вимірювання проводять у двох протилежних точках. Торцьове биття дорівнює найбільшій алгебраїчній різниці показань індикатора.	Для верстатів з найбільшим діаметром оброблюваної деталі до 800 мм – 0,025
4	Осьове биття шпинделя токарно-гвинторізного верстата		В отвір шпинделя 2 верстата встановлюють контрольну оправку з кулькою 1 так, щоб її вісь збіглася з віссю обертання. На нерухомій частині 5 верстата встановлюють індикатор так, щоб його вимірювальний накінецьник торкався кульки оправки. Шпindel приводять в рух у робочому напрямі. При вимірюванні він повинен зробити не менше 2х обертів. Осьове биття дорівнює найбільшій алгебраїчній різниці показань індикатора.	Для верстатів з найбільшим діаметром оброблюваної деталі до 800 мм – 0,015
5	Точність паралельності переміщення задньої бабки токарно-гвинторізного верстата відносно супорта		Супорт 4 і задню башку 3 встановлюють у крайнє праве положення. Контрольну оправку 1 встановлюють у піноль задньої бабки. На супорті встановлюють індикатор 2 так, щоб його вимірювальний накінецьник торкався твірної контрольної оправки. Піноль задньої бабки з оправкою переміщують по всій довжині ходу. Вимірювання проводять не менше ніж через 0,3 довжини ходу задньої бабки. Виміри проводять у горизонтальній "а" та вертикальній "б" площинах.	Для верстатів з найбільшим діаметром оброблюваної деталі до 800 мм – 0,03 на довжині 300 мм

Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата
Розробив	Мазурок			
Керівник	Рязанцев			
Н.контр.	Нечаєв			
Затв.	Рязанцев			

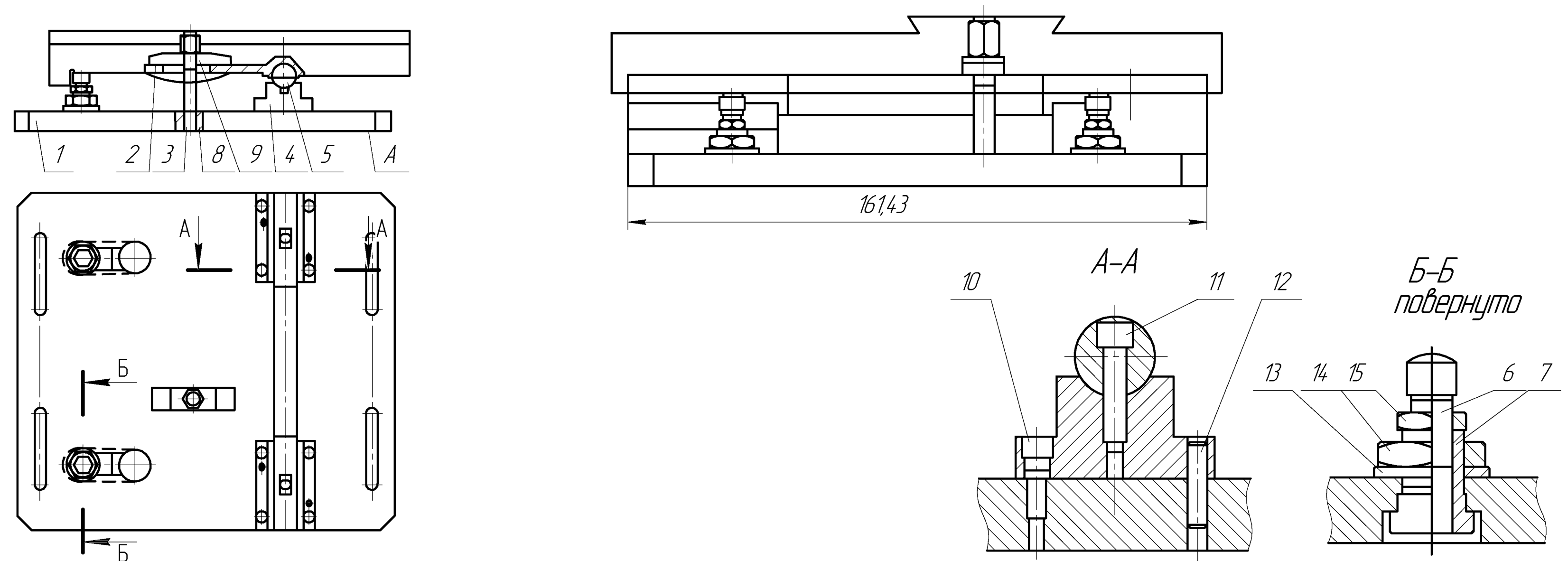
КНУ.КМР.131.25.1-08.ПВВ		
Протокол випробувань верстата на точність	Літ.	Маса
	Н	
	Лист	Листів
Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		



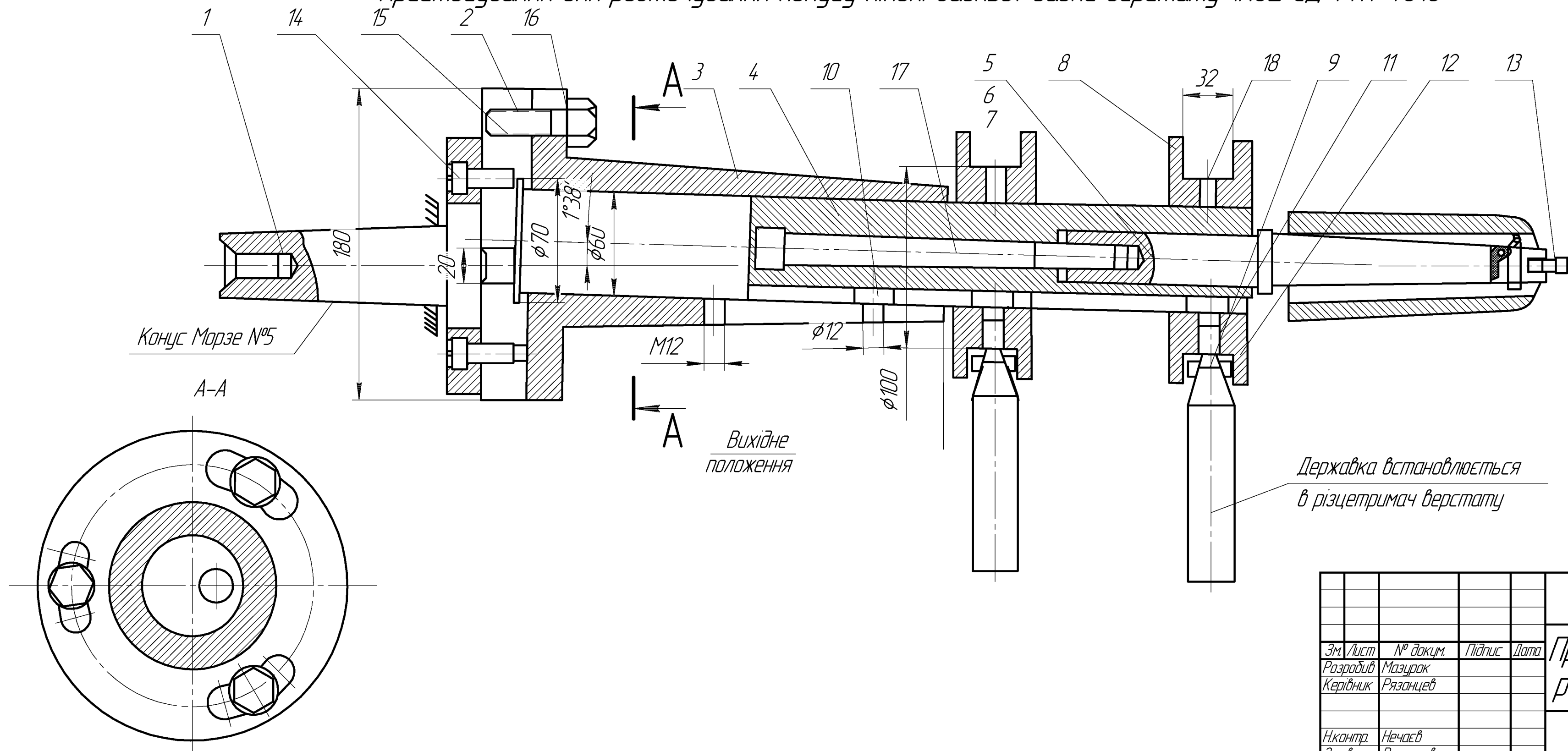
1. Сумарна похибка пристрою $\delta_{\Sigma}=0,006$ мм.
2. Похибка індикатору 0,001 мм.

КНУ.КМР.131.25.1-08.КП					Контрольний пристрій		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Мазурок				Н		1:2,5
Керівник	Рязанцев				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Затв.	Рязанцев						

Прийнято
Приспособлення для шліфування каретки токарного верстату 1К62 СД 7155-4001



Приспособлення для розточування конусу пінолі задньої бабки верстату 1К62 СД 7111-4010



					КНУ.КМР.131.25.1-08.ПРВ			
					Пристосування для ремонту верстату	Лит.	Маса	Масштаб
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Н		1:1
Розробив	Мазурок							
Керівник	Рязанцев							
Н.контр.	Нечасів					Лист	Листів	1
Затв.	Рязанцев					Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВЕРСТАТУ МОДЕЛІ 1К62

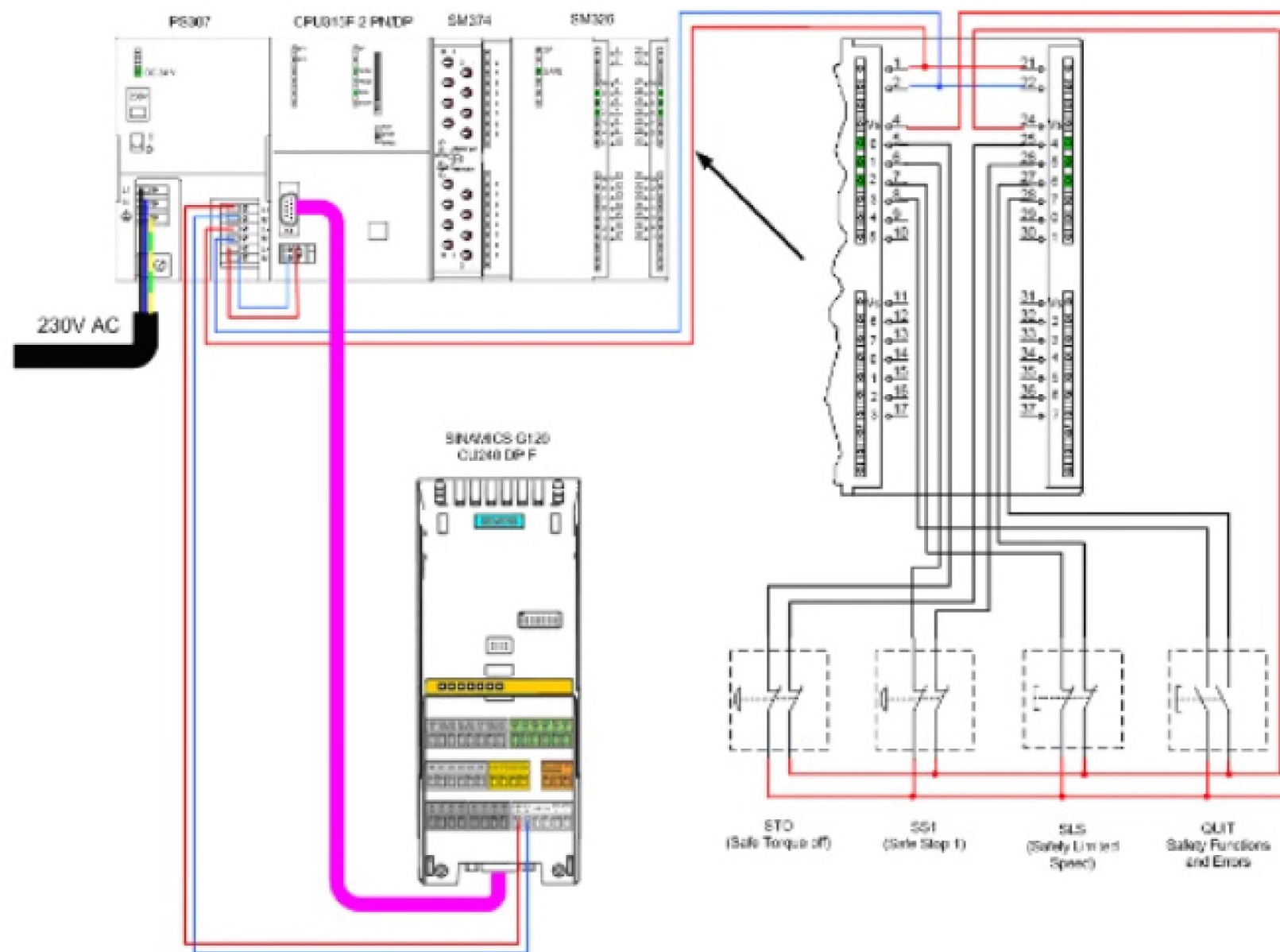


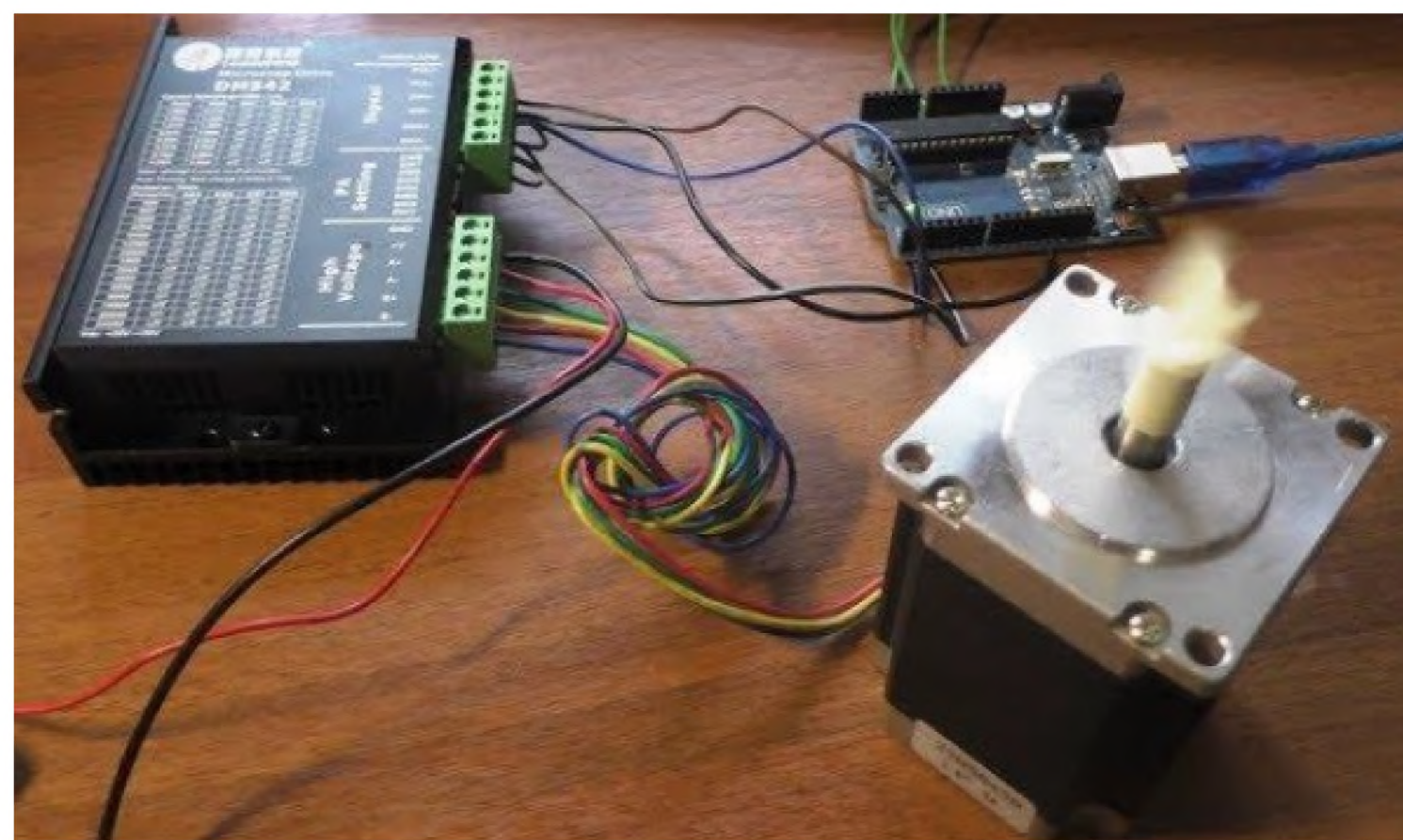
Схема підключення перетворювача



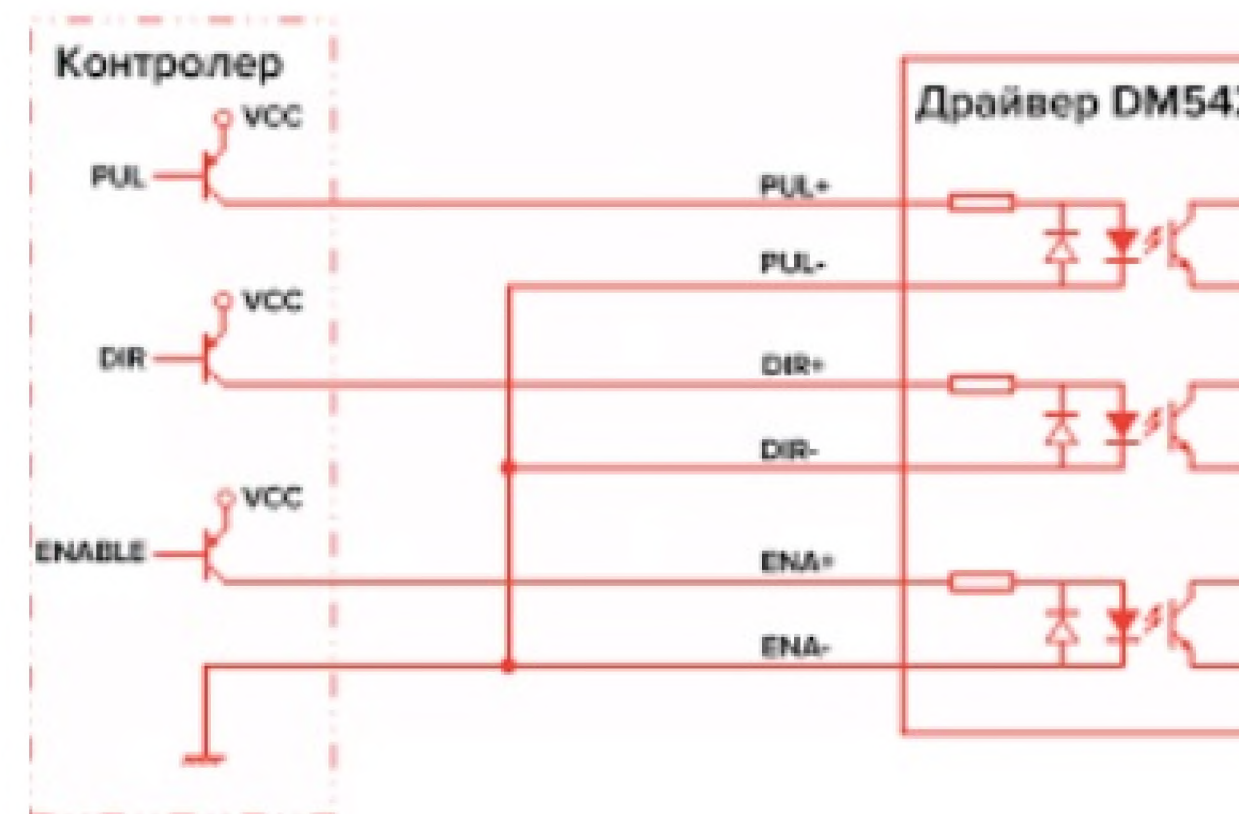
Частотний перетворювач
Siemens SINAMICS G120



Кронштейн з кроковим двигуном



Драйвери DM542, підключені до контролера



Принципова схема драйвера DM542

				КНУ.КМР.131.25.1-08.НЧ		
Зм. / Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Наукова частина	Лит.	Маса
Розробив	Мазурок				Н	
Керівник	Рязанцев				Лист	Листів
						1
Н.контр.	Нечасов			Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Затв.	Рязанцев					