

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» зчеплення ножиць холодної різки агрегату МС-250-5 з використанням САПР технологій

Виконав: магістрант
групи ПМ-24м
Середа І.Д.

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

Кривий Ріг
2025 р.

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» зчеплення ножиць холодної різки агрегату МС-250-5 з використанням САПР технологій

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Середа І.Д.

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 Середи Іллі Дмитровича

1. Тема: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» зчеплення ножиць холодної різки агрегату МС-250-5 з використанням САПР технологій.

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 вузла. 2. Креслення деталі «Вал».
3. Річна програма випуску деталей

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

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Ножиці холодної різки (складальне креслення). 2. Вал. 3. Вал (поковка). 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Пристрій верстатний. 7. План цеху 8. Науково-дослідна частина.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
1 Розробка та узгодження технічного завдання	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	08.12.2025

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2025 р.

Завдання видав керівник

кваліфікаційної магістерської роботи

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав

магістрант

/Середа І.Д./

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						Документація			
		A4		1	КНУ.КМР.131.25.1-14.ПЗ	Пояснювальна записка	90		
		A4		2	КНУ.КМР.131.25.1-14.ТП	Альбом тех.карт на ТП			
						виготовлення деталі	35		
						Креслення			
		A1		3	КНУ.КМР.131.25.1-14.ВРСК	Ножиці холодної різки	1		
						(складальне креслення)			
		A2		4	КНУ.КМР.131.25.1-14.В	Вал	1		
		A2		5	КНУ.КМР.131.25.1-14.ВП	Вал (поковка)	1		
		A1		6	КНУ.КМР.131.25.1-14.ЕО	Ескізи операцій	2		
		A2		7	КНУ.КМР.131.25.1-14.ВІН	Верстатно-інструментальне	1		
						налагодження			
		A1		8	КНУ.КМР.131.25.1-14.ПВ	Пристрій верстатний	1		
		A1		9	КНУ.КМР.131.25.1-14.ПЦ	План цеху	1		
		A2		10	КНУ.КМР.131.25.1-14.НДЧ	Науково-дослідна частина	1		
Підп. і дата									
Взам. инв. №									
Инв. № дубл.									
Підп. і дата									
Инв. № подл.									
					КНУ.КМР.131.25.1-14.ВМКМР				
Изм.		Лист		№ докум.		Подп.		Дата	
Разраб.		Середа							
Пров.		Рязанцев							
Н.контр.		Нечаев							
Утв.		Рязанцев							
Відомість матеріалів КМР							Лит.	Лист	Листов
							Н		1
							Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		

РЕФЕРАТ

Тема КМР: «Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» зчеплення ножиць холодної різки агрегату МС-250-5 з використанням САПР технологій»

Пояснювальна записка до КМР: 90 стор., 35 рисунків, 35 таблиць, комплект карт на 35 стор. на технологічні процеси механічної обробки деталі, 9 листів графічної частини.

Об'єкт дослідження – процес конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталей машин у сучасному виробництві.

Предмет дослідження – інноваційні процеси та методи розробки і реалізації технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» зчеплення ножиць холодної різки агрегату МС-250-5 із застосуванням САПР-технологій.

У сучасному машинобудуванні підвищення ефективності та якості виробництва неможливе без впровадження інноваційних рішень у сфері конструкторсько-технологічної підготовки. Деталі, що працюють в умовах підвищених навантажень та інтенсивного зношування, зокрема «Вал» зчеплення ножиць холодної різки, потребують високої точності виготовлення, надійності та оптимального вибору технологій обробки. Традиційні підходи до проектування та виготовлення таких деталей не завжди забезпечують необхідний рівень продуктивності й економічної доцільності. Використання САПР дозволяє значно скоротити терміни проектування, мінімізувати помилки та підвищити якість виробів, що робить дослідження теми актуальним як з наукової, так і з практичної точки зору.

У магістерській роботі проведено дослідження та розробку інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» зчеплення ножиць холодної різки агрегату МС-250-5 із застосуванням сучасних САПР-технологій. Розглянуто особливості конструкції та умов експлуатації деталі, виконано інженерне моделювання та аналіз її напружено-деформованого стану. Запропоновано оптимізований технологічний процес виготовлення вала з використанням CAD/CAM систем. Отримані результати доводять ефективність впровадження інноваційних підходів у конструкторсько-технологічну підготовку виробництва, що сприяє підвищенню надійності, зниженню собівартості та підвищенню конкурентоспроможності продукції машинобудування.

ВАЛ, НОЖИЦІ ХОЛОДНОЇ РІЗКИ, САПР, CAD/CAM/CAE, КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА, ІННОВАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ, МАШИНОБУДУВАННЯ, МОДЕЛЮВАННЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.Р			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Середа			Реферат			
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечасев						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркцшів	
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м			

ABSTRACT

Subject: «Development of innovative processes for engineering and technological preparation for the manufacture of the part “Shaft” for the cold shears clutch of the MC-250-5 unit applying CAD technologies».

Explanatory note to the Ministry of Interior: 90 pages, 35 figures, 35 tables, a set of maps on 35 pages. on technological processes of mechanical processing of parts, 9 sheets of the graphic part.

The object of the research is the process of design and technological preparation for manufacturing machine parts in modern production.

The subject of the research is the innovative processes and methods for developing and implementing the technological preparation for manufacturing the “Shaft” of the cold-shear clutch of the MS-250-5 unit using CAD technologies.

In modern mechanical engineering, improving production efficiency and quality is impossible without the implementation of innovative solutions in design and technological preparation. Parts operating under increased loads and intensive wear, such as the cold-shear clutch “Shaft,” require high manufacturing accuracy, reliability, and an optimal choice of machining technologies. Traditional approaches to designing and manufacturing such components do not always ensure the required productivity and economic feasibility. The use of CAD systems significantly reduces design time, minimizes errors, and improves product quality, which makes the research of this topic relevant from both scientific and practical perspectives.

The master’s thesis includes research and development of innovative processes for design and technological preparation of manufacturing the cold-shear clutch “Shaft” of the MS-250-5 unit using modern CAD technologies. The design features and operating conditions of the part are analyzed; engineering modelling and stress–strain analysis are performed. An optimized technological process for shaft manufacturing using CAD/CAM systems is proposed. The obtained results confirm the effectiveness of introducing innovative approaches into design and technological preparation of production, contributing to improved reliability, reduced production cost, and enhanced competitiveness of mechanical engineering products.

SHAFT, COLD SHEARS, CAD, CAD/CAM/CAE, DESIGN AND TECHNOLOGICAL PREPARATION, INNOVATIVE PROCESSES, MECHANICAL ENGINEERING, MODELLING, OPTIMIZATION.

					KHU.KMP.131.25.1-14.P	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	9
1 Розробка та узгодження технічного завдання	10
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	10
1.2 Службове призначення об'єкту проектною задачі	11
1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій	16
2 Технологічна підготовка виробництва виробу	17
2.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	17
2.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	26
3 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	53
3.1 Розробка верстатно–інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК	53
3.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм	55
4 Конструкторська підготовка виробництва	60
4.1 Проектування верстатного пристосування	60
4.2 Проектування контрольного пристрою	68
5 Організаційно-економічна підготовка виробництва	71
5.1 Проектування механоскладального цеху	71
5.2 Охорона праці та екологія виробництва	74
5.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	76
6 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	81
6.1 Загальна характеристика ножиць холодного різання	81
6.2 Призначення FLEX-деталей у ножицях холодного різання	82
6.3 Особливості друку FLEX-філаментами	83
Висновки	88
Список використаних джерел	89
Додатки	91

					КНУ.КМР.131.25.1-14.3					
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата						
Розроб.		Середя			Зміст			Літ.	Арк.	Архцив
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Зав. каф.		Рязанцев								

ВСТУП

Сукупність методів та заходів виготовлення машин, використаних у визначеній галузі виробництва, складає технологією цієї галузі, у зв'язку з цим виникли поняття: технологія обробки тиском, технологія складання машин. Усі ці області виробництва відносяться до технології машинобудування, охоплюючи усі етапи процесу виготовлення машинобудівельної продукції.

Однак під «технологією машинобудування» прийнято розуміти наукову дисципліну що вивчає переважно процеси механічної обробки деталей та складання машин та за одним заходом торкається питання вибору заготовок та засобів їх виготовлення.

Процес механічної обробки пов'язаний з експлуатацією складного обладнання – металорізальних верстатів, трудомісткості та собівартості механічної обробки більше, ніж на інших етапах процесу виготовлення машин.

У «технології машинобудування» комплексно вивчається питання взаємодії верстата й пристрою, ріжучого інструменту та оброблюючої деталі; шляхом побудов найбільш раціональних, таким чином найбільш виробничих та економічних, технологічних процесів обробки деталей машин, включає вибір обладнання та технологічного оснащення; засоби раціональної побудови технологічних процесів складання машин.

Питання, які характерні для технології виробництва спеціалізованих галузей, вивчаються у спеціальних керівництвах, таких, як «технологія автотракторного будівництва», «технологія двигунобудування», «технологія верстатобудування» і т.д. Технологія машинобудування як наукова дисципліна створена радянськими вченими. Початок формування цієї дисципліни відноситься до тридцятих років минулого століття. Розвиток технології механічної обробки та складання і її спрямованості обумовлюється стоячими перед машинобудівною промисловістю задачами вдосконалення технологічних процесів, пошуком та вивченням нових методів виробництва, подальшого розвитку та впровадження комплексної механізації та автоматизації виробничих процесів на базі досягнень науки та техніки, забезпечуючи найбільш високу продуктивність праці при належній якості та найменшій собівартості випускаючої продукції.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.В			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Середа			Вступ	Літ.	Арк.	Аркцив
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

Тема магістерської роботи присвячена розробці інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» зчеплення ножиць холодної різки агрегату МС-250-5 з використанням сучасних систем автоматизованого проєктування (САПР). Дослідження охоплює аналіз конструктивних особливостей деталі, моделювання її робочих параметрів, вибір оптимальних методів обробки та розробку технологічного процесу із застосуванням CAD/CAM технологій. Вихідні дані: складальне креслення ножиць холодної різки, креслення деталі «Вал», річний обсяг випуску заданої деталі (1000 шт). Складальний вузол наведено на рисунку 1.1.

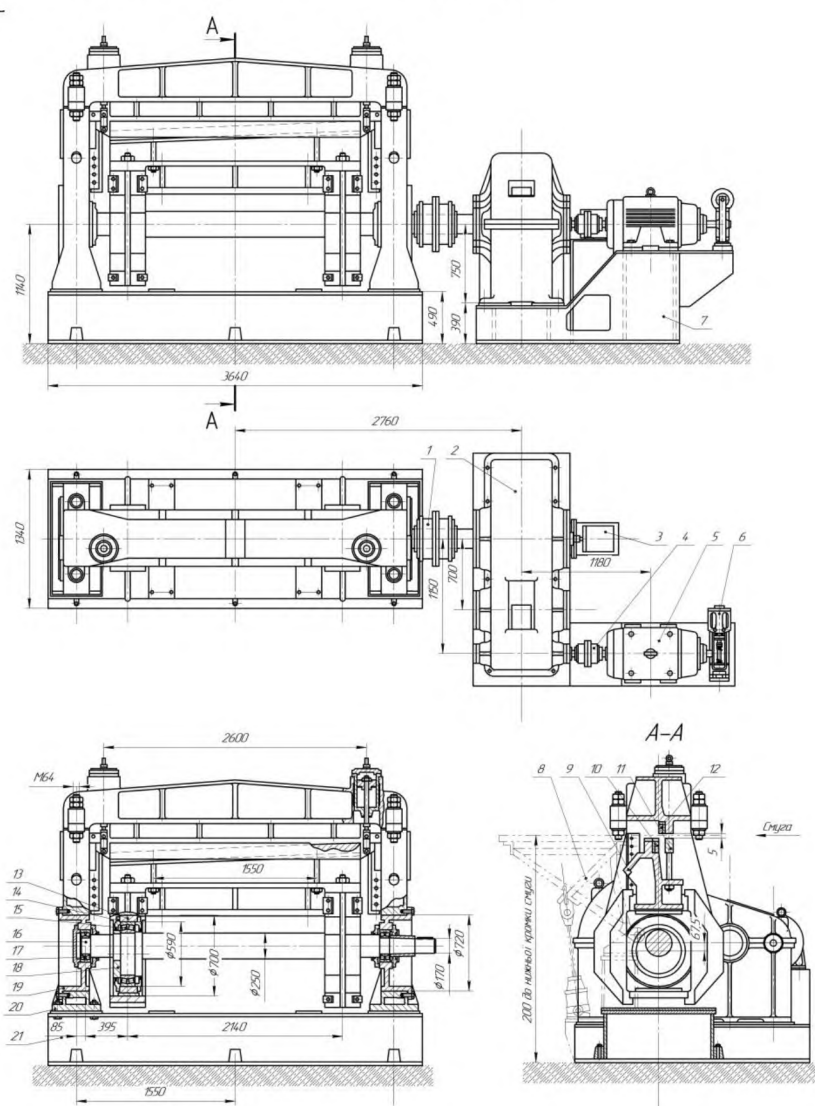


Рисунок 1.1 – Креслення складального вузла

					КНУ.КМР.131.25.1-14.01.РУТЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка та узгодження технічного завдання	Літ.	Арк.	Архів
Розроб.		Середа						
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

Мета дослідження полягає у розробці та обґрунтуванні інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» зчеплення ножиць холодної різки агрегату МС-250-5 з використанням САПР-технологій.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз конструктивних особливостей та умов експлуатації деталі «Вал»;
- дослідити сучасні методи та інструменти САПР для підготовки виробництва;
- виконати 3D-моделювання вала;
- розробити оптимальний технологічний процес виготовлення деталі з використанням CAD/CAM систем;
- здійснити техніко-економічне обґрунтування ефективності запропонованих інноваційних рішень.

1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі

Ножиці холодної різки використовуються для проведення заходів, пов'язаних з різкою листових металів різної товщини. Однією з основних переваг ножиць є високий рівень точності різання. Різка може здійснюватися як в поперечному, так і в поздовжньому напрямку. Ножиці – це обладнання, що використовується за своїм прямим призначенням, тобто для розрізання та розкрою металу в смугах, листах і рулонах, як в поперечному, так і в поздовжньому напрямку. Ножиці можуть застосовуватися, як в індивідуальних, так і в серійних виробництвах, природно, в залежності від технічних можливостей інструменту. Такий широкий діапазон застосування ножиць обумовлений точним зрізом без зазубрини, вм'ятин та інших вад. Акцентується увага на тому, що забарвлення металу або ж захисне полімерне покриття не руйнується.

Завдяки ножицям, досягається висока точність зрізу без зазубрини і вм'ятин. Також ножиці забезпечують збереження полімерного покриття металу, тобто не пошкоджують його. Даний тип верстатів може використовуватися на різних виробництвах - як індивідуального, так і серійного масштабу.

Процес роботи ножиць включає в себе наступні стадії: оброблюваний лист металу розміщують між ножами. За рахунок опускання верхнього ножа відбувається різання металевих листів.

Ножиці механічного типу відрізняються своєю надійністю і низьким рівнем енергоспоживання. Завдяки валу, момент на який передається через фрикційну муфту з маховика, формується робітничий рух ножа. Маховик механічних ножиць приводиться в робочий стан з допомогою двигуна.

Ножиці для різання містять станину з несучої плитою, на якій закріплений нижній нерухомий ніж і верхній рухомий ніж, розміщений на ножовий траверсі. Ножова траверса жорстко з'єднана за допомогою гвинтів і з верхніми кінцями двох циліндричних скалок. Скалки встановлені з можливістю зворотно-поступального переміщення на відповідних парах підшипників, корпуси яких

					КНУ.КМР.131.25.1-14.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

закріплені на станині. До нижніх кінців скалок прикручена планка за допомогою гвинтів. У станині закріплений привід поступального переміщення.

Верхній рухомий ніж має механізм регулювання його положення в горизонтальній площині, виконаний у вигляді фіксуючих гвинтів, встановлених відповідно в пазах ножової траверси і в ножі, і регулювальних гвинтів, закріплених в ножовій траверсі перпендикулярно до гвинтів з можливістю контакту з ножом. На циліндричних качалках встановлені додаткові підшипники, зовнішні обойми яких розміщені в корпусах з зазором. Додаткові підшипники розташовані в площині, перпендикулярній подовжнім осям скалок.

Дані ножиці для різання листового матеріалу працюють таким чином. Розрізується листовий матеріал, наприклад тонка стрічка пакувальної плівки або фольги (на кресленнях не показано), подається до ножиць в горизонтальній площині і пропускається через вертикальний зазор між верхнім і нижнім ножами на необхідну довжину відрізуваної заготовки. При русі штока поршня пневмоциліндру вниз проводиться також переміщення пов'язаної з ним планки. Одночасно з рухом планки відбувається переміщення вниз верхнього ножа, встановленого на ножовій траверсі, яка жорстко зв'язана з планкою через циліндричні качалки. Скалки мають можливість зворотно-поступального переміщення в підшипниках. При суміщенні ріжучої кромки верхнього рухомого ножа з ріжучою кромкою нижнього нерухомого ножа і подальшого переміщення верхнього ножа відбувається розрізання матеріалу. При зворотному ході поршня верхній рухомий ніж займає вихідне верхнє положення.

Далі процес різання повторюється. Для попередньої наладки ножиць на відповідну товщину розрізаємого листового матеріалу проводиться регулювання величини горизонтального зазору між різальними кромками ножів шляхом настройки горизонтального положення верхнього ножа щодо нижнього за допомогою гвинтів. У процесі роботи ножиць збереження раніше виставленого горизонтального зазору за рахунок вибірки люфтів і компенсації зносу рухомих частин проводиться за допомогою пластинчастої пружини, кінці якої мають можливість контакту з зовнішніми обоймами додаткових підшипників через пази в корпусах підшипників. Зусилля піджиму пружини до додаткових підшипників може регулюватися за допомогою гвинтів, які встановлені в корпусі, закріпленому на станині. Це дозволяє також розширити технологічні можливості ножиць при їх настроюванні і підтримання попередньо налаштованого горизонтального зазору між ножами.

Наприклад, при виставці горизонтального зазору між ножами при різанні дуже тонких матеріалів можна проводити наступні операції. Перед початком різання переміщують верхній рухомий ніж вниз на холостому ходу, приведення робочих поверхонь ножів в контакт шляхом переміщення верхнього ножа в горизонтальній площині за допомогою регулювальних гвинтів з подальшою фіксацією положення цього ножа за допомогою гвинтів.

Таким чином, при використанні запропонованого методу забезпечується підвищення надійності і довговічності роботи ножиць за рахунок того, що вони мають описану вище жорстку рамкову конструкцію механізму зворотно-поступального переміщення верхнього рухомого ножа, причому ножі ножиць

					КНУ.КМР.131.25.1-14.01.РЧТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

мають механізм налаштування їх горизонтального положення відносно один одного і додатковий пружний механізм стабілізації налаштування положення ножів, наприклад, у вигляді пластинчастої пружини, що використовується для точної виставки положення верхнього ножа щодо нижнього в горизонтальній площині і одночасно вибірки люфтів в підшипниках і рухомих елементах ножиць та компенсації зносу рухомих елементів ножиць в процесі експлуатації, причому компенсація люфтів і зносу провадиться в тому ж горизонтальному напрямку, як і попередня настройка ножів. Може проводитися не тільки попередня настройка ножів в горизонтальній площині, але і стабілізація становища ножів шляхом вибірки люфтів і зазорів в рухомих елементах ножиць, у тому числі і при зносі рухомих пар. Це усуває знос ножів, підвищує довговічність і надійність роботи ножиць. Ножиці описаної конструкції можуть використовуватися для точної і надійної різання тонких листових матеріалів (рис. 1.2). Горизонтальний зазор між ножами наструюється і автоматично зберігається в межах не більше одного-двох порядків від товщини розрізає матеріалу, тобто від 1 до 2 мкм.

Перераховані ознаки є суттєвими для досягнення основного технічного результату: здійснення розрізання листового матеріалу на мірні заготовки, особливо товстого матеріалу, коли необхідна точна настройка взаємного розташування ножів в горизонтальній площині, і незначні відхилення у взаємному положенні ножів ножиць можуть призвести до припинення процесу різання та поломці ножиць.

Таблиця 1.1 – Загальні характеристики ножиць

Найменування параметра	Значення
Розміри розрізаємого металу з опором $\sigma_B = 500$ МПа товщина S, мм ширина B, мм	13, не більше 2000, не більше
Розміри розрізаємого кутом, мм	63x63x6, не більше
Діаметр розрізаємого прутка, мм	30, не більше
Частота ходів ножа, холостих, хв-1	40, не менше
Кут нахилу рухомого ножа, α	2100, не більше
Зусилля притиску, кН	29, не менше
Довжина заготовки, відрізуваної з упором, мм	500, не більше
Відстань від верхньої кромки нижнього ножа до рівня підлоги, мм	800, не більше
Кут різання по бічному упору	90°...45°
Потужність електродвигуна, кВт	18,5, не менше
Габаритні розміри установки, мм довжина ширина висота	3100, не більше 2000, не більше 2250, не більше
Режим роботи	Автоматичний хід
Управління	Ручне, педальне
Вага, кг	5600, не більше

					КНУ.КМР.131.25.1-14.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд ножиць холодної різки (300т)

По-перше, наявність механізму регулювання положення одного з ножів в горизонтальній площині дозволяє забезпечити надійність роботи ножиць за рахунок налаштування їх на відповідну товщину матеріалу, що розрізається і запобігання перекосу ножів при різанні. По-друге, в процесі експлуатації ножиць для збереження налаштування ножів необхідно виконати привід верхнього рухомого ножа у вигляді жорсткої рухомої рамкової конструкції, яка утворюється встановленими з можливістю зворотно-поступального переміщення в підшипниках циліндричними качалками, одні кінці яких жорстко пов'язані з ножовою траверсою.

Для підвищення надійності і довговічності роботи за рахунок стабілізації налаштовуваного горизонтального зазору між ножами ножиці забезпечені додатковими підшипниками, встановленими на качалку і підпружиненими до

станини в площині, перпендикулярній подовжнім осям скалок, причому додаткові підшипники розміщені в корпусах підшипників з зазором. Наявність в ножицях додаткових підшипників, встановлених на качалку і підпружинених до станини в площині, перпендикулярній подовжнім осям циліндричних скалок, забезпечує вибірку люфтів в підшипниках і корпусах, в яких ці підшипники розміщені з зазором. Така конструкція ножиць дозволяє також здійснювати автоматичну компенсацію люфтів в рухомих парах, що утворюються в результаті зносу, наприклад скалок або підшипників. Зазначена компенсація люфтів відбувається в ножицях в площині, перпендикулярній подовжнім осям скалок, тобто в горизонтальній площині, паралельно якій виробляється настроювання початкового технологічного зазору між різальними кромками ножів. Це дозволяє усувати також знос ножів, зберігати або стабілізувати заданий початковий

					КНУ.КМР.131.25.1-14.01.РУТЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

горизонтальний зазор між ножами ножиць і підвищити тим самим надійність і довговічність ножиць.

Крім того, в ножицях для різання листового матеріалу додаткові підшипники на качалку можуть бути підпружинені до станини за допомогою пластинчастої пружини, розміщеної з можливістю взаємодії її кінців із зовнішніми обоймами підшипників і забезпеченою регулятором пружності у вигляді гвинта, розміщеного на станині з можливістю взаємодії з пластиною в точці, симетричною щодо точок контакту кінців пружини з обоймами додаткових підшипників. Таке виконання ножиць має просту конструкцію і дозволяє підвищити точність настройки і зручність обслуговування ножиць при переналадці їх на відповідну товщину розрізаємої заготовки.

Схема кінематична принципова показана на рисунку 1.3.

Установка приводиться в рух електродвигуном 1. Шків 2 насаджений на вал електродвигуна, за допомогою клинопасової передачі 3, передає обертання на маховик 4. Маховик 4 закріплений на приводному валу I.

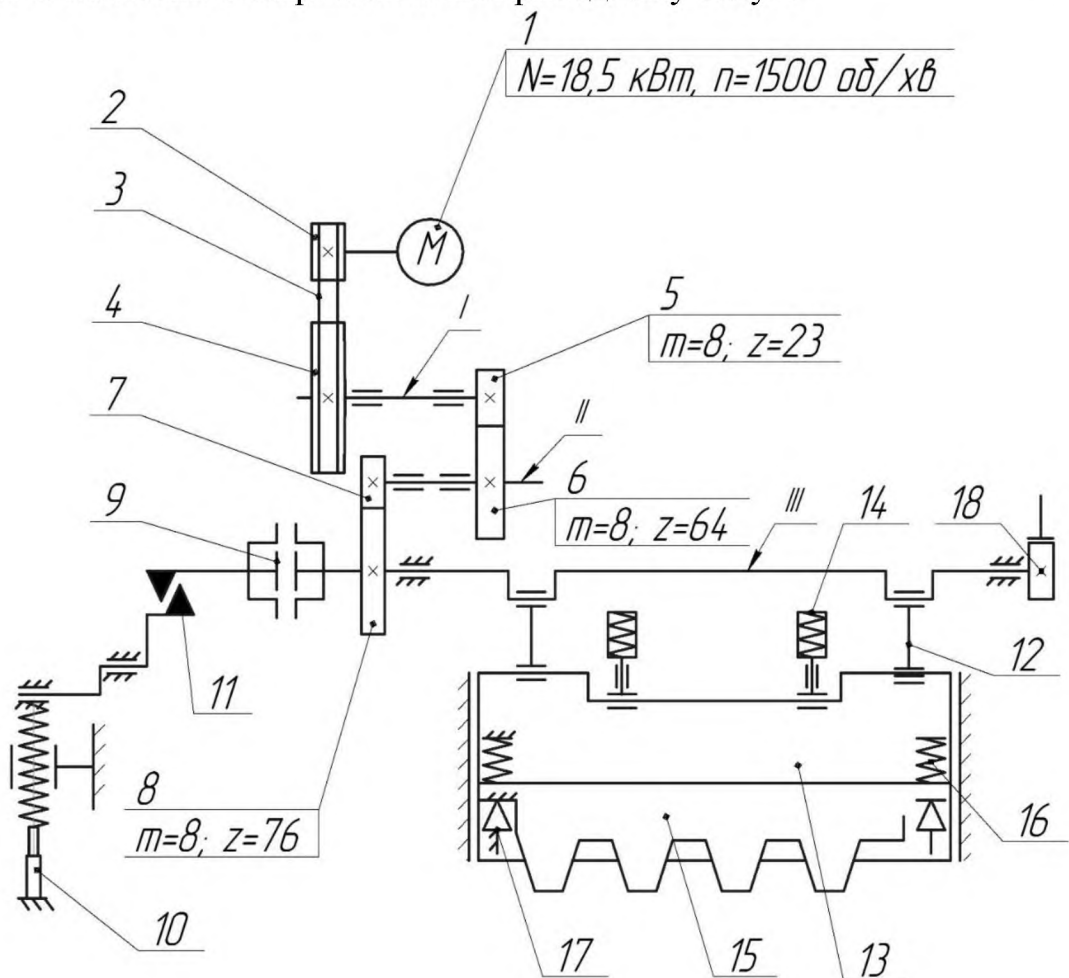


Рисунок 1.3 – Принципова кінематична схема ножиць

На іншому кінці валу I розташована шестерня 5, що знаходиться в зачепленні з зубчастим колесом 6, яке закріплене на проміжному валу II. Шестерня 7 насаджена на іншому кінці валу II і знаходиться в зачепленні з зубчастим колесом 8, усередині якого змонтована муфта включення 9 із

					КНУ.КМР.131.25.1-14.01.РУТЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			

поворотними шпонками. Включення і вимкнення муфти здійснюється електромагнітом 10, системи важелів 11 і пружин, розташованих на кришці муфти.

При включенні електромагніта 10 муфта передає обертальне рух ексцентриковому валу III, який через шатуни 12 приводить в зворотно-поступальний рух ножових балку 13. При русі ножової балки вниз притискає балка 14 притискає лист до столу в момент різки. Рух притискної балки зв'язаний з переміщенням ножової балки. Підйом притискної балки здійснюється упорами 15 ножової балки, що впираються в передбачений урівноважувач 17 ножових балки

Для зупинки ножової балки 13 в крайньому верхньому положенні служить гальмо 18, яка розташована на правому кінці Валу III.

1.3 Вимоги до методів проектування, обладнання та технологій

З огляду на те, що магістерська робота передбачає використання автоматизованих засобів проектування, зокрема CAD-систем, на основі поданого двовимірної креслення було створено просторову 3D-модель деталі «Вал» ролика рольганга (рис. 1.4). Отримана модель слугуватиме вихідними даними для подальшого формування траєкторій обробки в середовищі САМ-системи.

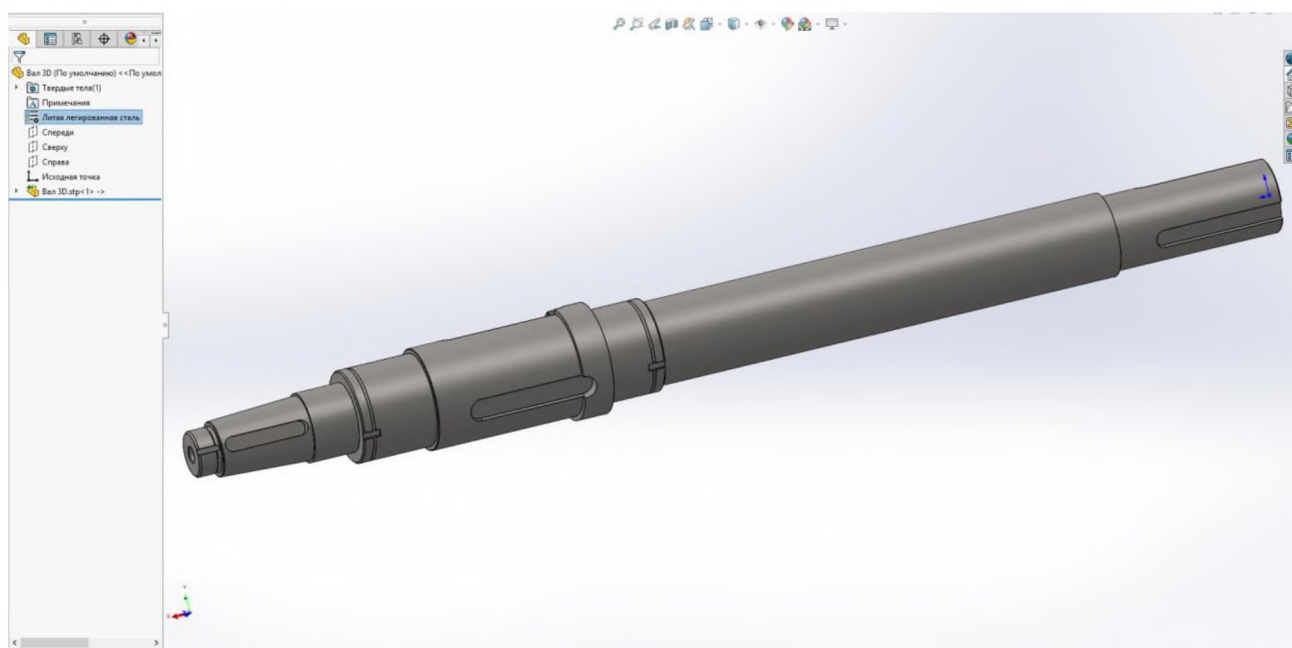


Рисунок 1.4 – 3D модель валу

					КНУ.КМР.131.25.1-14.01.РУТЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

2.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі

2.1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни

Деталь вал входить до складу ножиць холодної різки. Вал піддається динамічному навантаженню, тому виготовлений зі сталі 35ХМ ДСТУ 7806:2015. Область застосування матеріалу: вісі, вали, вали-шестерні, шпонки, колінчасті та кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправки, рейки, болти, напіввісі, втулки.

Дані про матеріал деталі та заміну приводяться у таблиці 2.1. Механічні властивості матеріалу показано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталей % (ДСТУ 7806:2015)

Марка сталі	Si %	C %	Mn %	Cr %	Cu %	Ni %	S %	P %
					не більше			
35ХМ	0,17-0,37	0,32-0,40	0,40-0,70	0,80-1,10	0,30	0,30	0,035	0,035
30ХМ	0,17-0,37	0,26-0,33	0,40-0,70	0,80-1,10	0,30	0,30	0,035	0,035
40Х	0,17-0,37	0,36-0,44	0,5-0,80	0,80-0,10	0,30	0,30	0,035	0,035
40ХН	0,17-0,37	0,36-0,44	0,5-0,80	0,45-0,75	0,30	1,00-1,40	0,035	0,035
30ХГСА	0,90-1,20	0,28-0,34	0,80-1,10	0,80-1,10	0,30	0,30	0,025	0,025

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталей (ДСТУ 7806:2015)

Марка сталі	σ_T , МПа	$\sigma_{вр}$, МПа	δ_5 , %	ψ , %	α_H , Дж	НВ
35ХМ	835	930	12	45	78	150
30ХМ	735	930	11	45	78	187
40Х	1000	800	10	45	60	217
40ХН	785	980	11	45	69	167
30ХГСА	830	1080	10	45	49	212

Сталь 35ХМ можна замінити такими матеріалами: 40Х, 40ХН, 30ХМ, 30ХГСА так як вони схожі за механічними і хімічними властивостями (див. таблицю 2.1) бо знаходяться у одній групі ливарних вуглецевих нелегованих сталей і вміщують приблизно однакову процентну кількість вуглецю та інших домішок але виходячи із границі міцності і інших механічних властивостей видно, що Сталь 30ХМ має найкращі показники цих властивостей.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ			
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата				
Розроб.	Середя				Технологічна підготовка виробництва виробу	Літ.	Арк.	Архів
Перевір.	Рязанцев							
Реценз.						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		
Н. контр.	Нечаєв							
Зав. каф.	Рязанцев							

Для досягнення необхідних властивостей (кращої оброблюваності), отримання необхідної мікроструктури, зменшення внутрішніх напружень сталь піддають термічній обробці, яка полягає у закалці 860°C та відпуском 500°C.

2.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Пронумеруємо всі поверхні деталі (рис. 2.1).

Присвоїмо кожній поверхні порядковий номер, рухаючи за часовою стрілкою починаючи з лівого торця.

Основними поверхнями валу будуть шийки під підшипники Ø200k6 (пов. 14, 23), так як ці поверхні визначають положення вал у просторі, а також поверхня (пов.6), Ø160js6. Задані шийки виконані з точністю 6-го квалітету та мають шорсткість Ra 1,6мкм, що відповідає стандартним вимогам до таких посадок.

Допоміжними поверхнями є шийка з конусністю 1:10(пов.29) з шорсткістю Ra 1,6мкм поверхня 3,18, яка обробляється з такою ж шорсткістю по 6-го квалітету точності та має шорсткість Ra 1,6.

Виконавчими поверхнями валу буде зубчатий вінець (поверхні 6, 7) з точністю зубів 8-B, що є доволі низькою вимогою і показує що наш вал працює переважно на низьких швидкостях.

Спряженими поверхнями будуть шпонкові пази 40H9,50P9,32N9 (пов. 4,5,20,21,30). Задані поверхні виконані з точністю 9-го квалітету, а також паз $16^{+0,16}_{+0,05}$ (пов.12). Поверхня виконана з точністю 11-го квалітету, паз $12^{+0,5}$ (пов.35). Поверхня виконана з точністю 12-го квалітету,

Вільними поверхнями будуть усі інші поверхні валу, так як вони слугують тільки для формоутворення самої деталі виконуються з точністю IT 14 і шорсткістю Ra 12,5-3,2 мкм., що відповідає стандартним вимогам.

Визначаємо норми точності для усіх поверхонь та їх взаємозв'язок. Дані заносимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Аналіз якості поверхонь

№ пов.	Номінальний розмір	Квалітет IT	Допуск T чи відхилення розміру	Шорсткість Ra	Відхилення форми чи розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1	L=2431	14	4400	12,5	—
2	M36–H7	7	25	3,2	—
3	Ø160h6	6	25	1,6	—
4	40H9	9	62	3,2	—
5	40H9	9	62	3,2	—
6	Ø160js6	6	25	1,6	—
7	L=370	8	89	3,2	—

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
8	Ø180h6	6	29	1,6	—
9	Ø180	14	1150	12,5	—
10	L=1400	14	3100	12,5	—
11	M200×3–6g	6	29	3,2	—
12	16(мм), паз	11	43	6,3	—
13	Ø195	14	1150	12,5	—
14	Ø200k6	6	29	1,6	
15	L=1525	8	310	3,2	—
16	Ø240	14	1150	12,5	—
17	L= 841	11	560	6,3	—
18	Ø220	6	29	1,6	—
19	Ø220h6	6	29	1,6	—
20	50P9(мм), паз	9	62	3,2	—
21	50P9(мм), паз	9	62	3,2	—
22	L= 515	8	110	3,2	—
23	Ø200k6	6	29	1,6	
24	Ø195	14	1150	12,5	—
25	M200×3–6g	6	29	3,2	—
26	L=350	11	360	6,3	—
27	Ø150h6	6	25	1,6	—
28	L=250	14	1150	12,5	—
29	Ø140–Ø120	6	25	1,6	—
30	32N9(мм), паз	9	62	3,2	—
31	L=50	14	620	12,5	—
32	Ø94	14	870	12,5	—
33	M100×4–6g	6	22	3,2	—
34	L=2431	14	4400	12,5	—
35	12(мм), паз	14	43	12,5	—

Проаналізувавши умову відповідності точності деталі, можна зробити висновок, що точність поверхонь підвищена, тобто вимоги до шорсткості, квалітетів допусків, дають можливість обробки деталі на верстатах підвищеної точності.

					КНУ.КМР.131.25.1–14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

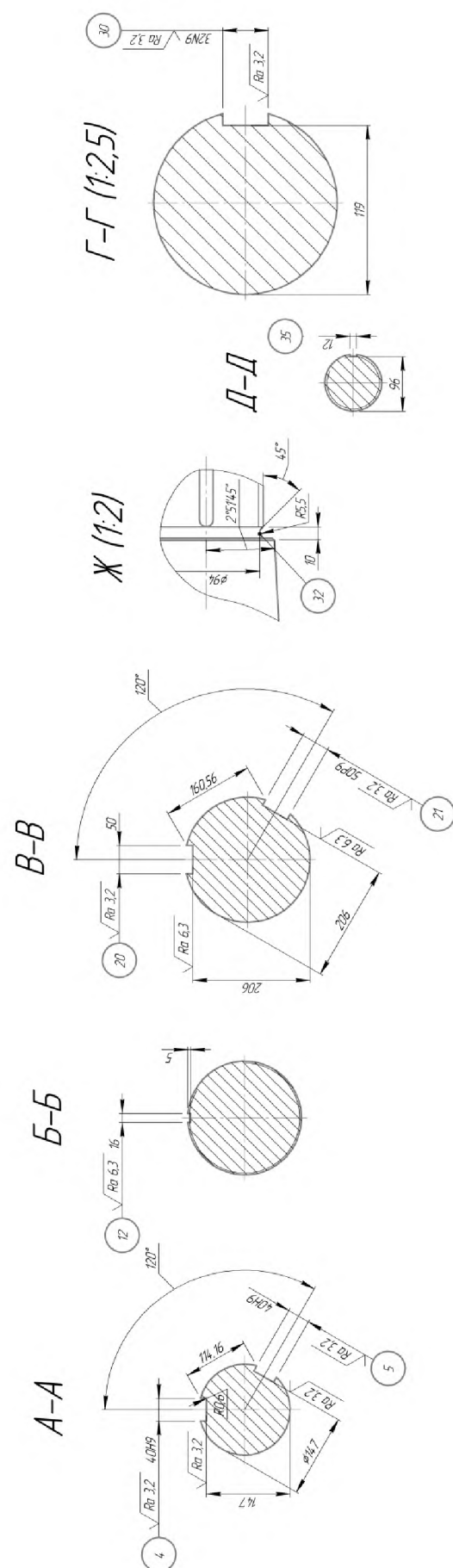
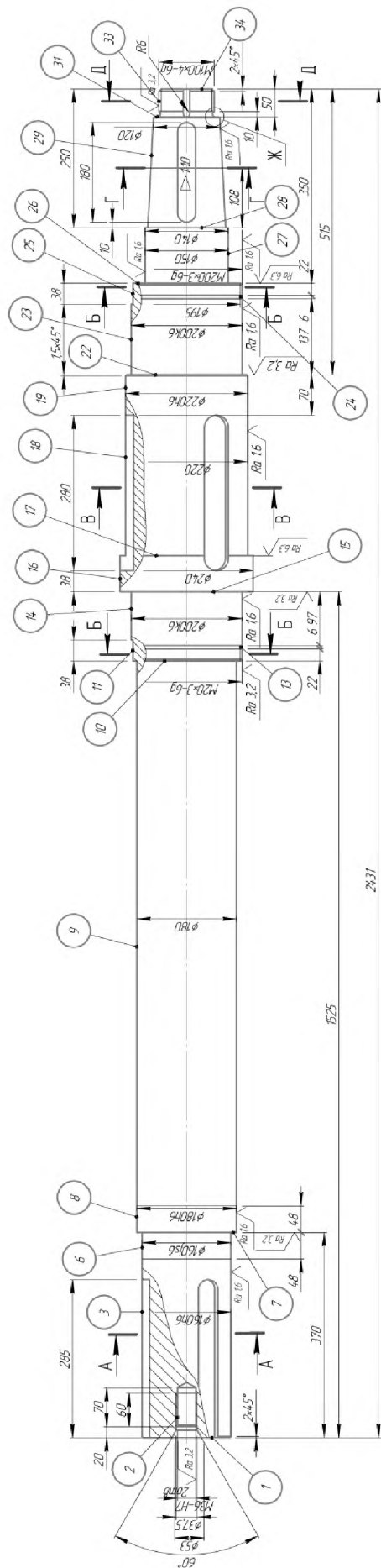


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Вал»

КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ					Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	

2.1.3 Технічний контроль робочого креслення

Вал представлено на кресленні (див. графічну частину) головним видом. Також на кресленні присутні види з канавками та отворами на торці, перерізи з шпонковими пазами.

На кресленні проставлені всі розміри лінійні й діаметральні. Розміри основних та допоміжних поверхонь мають квалітет допуску, проставлена шорсткість поверхонь. На розміри фасок, що не мають позначення шорсткості, призначається Ra 12,5, про що мається запис у темних вимогах.

Технічні вимоги містять інформацію про заготовку, не вказані допуски та граничні відхилення по 14 квалітету точності, про що свідчить напис на полі креслення.

Шорсткість основних, допоміжних і спряжених поверхонь указана на самих поверхнях або на виносних лініях. Поверхні з не зазначеною шорсткістю виконуються по Ra 12,5, про що свідчить запис у правому верхньому куті на кресленні.

В основному надписі креслення зазначена назва деталі, матеріал, з якого вона виготовляється (сталь 35ХМ ДСТУ 7806:2015), маса деталі 489,3 кг, масштаб виконання (1:5).

Таким чином, креслення має всі необхідні дані й дає повну уяву про розміри, форму деталі й вимоги до її якості.

2.1.4 Аналіз технологічності деталі

2.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Матеріал деталі має середню оброблюваність, так як дана сталь відноситься до низько легуючих.

Заготовкою для одержання даної деталі в середньо серійному виробництві доцільно обрати прокат.

Усі поверхні зручні для обробки та відкриті для вимірювання, мають розвинуті поверхні для установки та закріплення в трьох кулачковому патроні та установці на призми.

Конфігурація деталі і вимоги щодо точності дозволяє вести обробку без використання спеціальних методів обробки (ЕХО, ЕФО, лазерна обробка тощо), тобто деталь буде оброблятися на металорізальних верстатах свердлильної, фрезерної груп, а також на верстаті шліфувальної групи.

Вал має форму ступінчатого валу і складається із тіл обертання, діаметри яких в деякій мірі відрізняються один від одного.

До шпонкового пазу не пред'являється завищених вимог, тому він фрезерується кінцевою фрезою з конічним хвостовиком за один прохід.

Деталь має $\frac{L}{d} = \frac{2737}{240} \approx 11,4$, тобто жорсткість висока, що дозволяє використовувати підвищені режими різання.

Допуски розмірів поверхонь деталі представлені 6,7,8,12,14 квалітетами. Присутні поверхні деталі з шорсткістю Ra 1,6 та Ra 12,5. Необхідна точність та шорсткість досяжна при виконанні верстатів та оснащення підвищеної точності.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Канавки мають не складний профіль та дозволяють вільне підведення інструменту, що є ознакою її технологічності

Можна зробити висновок, що в цілому, деталь досить технологічна, всі поверхні мають вільний підвід ріжучого інструменту та для деяких операцій потребує використання спеціального оснащення.

2.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м} = \frac{Q_d}{Q_z}, \quad (2.1)$$

де Q_d – маса деталі; ($Q_d = 489,3$ кг);

Q_z – маса заготовки ($Q_z = 935,4$ кг);

$$K_{в.м} = \frac{489,3}{935,4} = 0,52$$

Низьке значення коефіцієнта використання металу пояснюється великою масою валу і вибором у якості заготовки прокату. Але для таких умов такий коефіцієнт допустимий.

Розраховуємо коефіцієнт шорсткості. Для цього розраховуємо середню шорсткість:

$$R_{a_{cp}} = \frac{\sum R_a \cdot n}{N}, \quad (2.2)$$

де R_a – шорсткість оброблюваної поверхні,

n – кількість поверхней

$$R_{a_{cp}} = \frac{12,5 \cdot 11 + 6,3 \cdot 3 + 3,2 \cdot 12 + 1,6 \cdot 9}{35} = 5,9$$

Розраховуємо коефіцієнт точності обробки. Для цього розраховуємо середню точність:

$$IT_{cp} = \frac{\sum IT \cdot n}{N} \quad (2.3)$$

де IT – допуск на розмір,

n – кількість поверхней

$$IT_{cp} = \frac{14 \cdot 12 + 11 \cdot 3 + 9 \cdot 5 + 8 \cdot 3 + 7 \cdot 1 + 6 \cdot 11}{35} = 9,8$$

Отже, вимоги до точності високі.

Розрахувавши коефіцієнти використання матеріалу, точності обробки та шорсткості можна зробити висновок, що деталь за усіма показниками технологічна, має високі вимоги до точності та шорсткості, що пояснюється навантаженими умовами роботи та високим ступенем відповідальності деталі у

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

механізмі при обробці використовується інструмент нормальної точності без додаткових переходів та спеціальних методів обробки.

2.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

2.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операції:

$K_{30} = 1$ – масове;

$1 < K_{30} < 10$ – великосерійне;

$10 < K_{30} < 20$ – середньосерійне;

$20 < K_{30} < 40$ – малосерійне виробництво.

В одиничному виробництві K_{30} не регламентується.

Кількість верстатів, на яких виконується операції механічної обробки – 4.

Програма випуску деталей складає 1000 штук/рік.

Визначаємо $K_{3,0}$ та тип виробництва для ділянки, на якій виконуються операції механічної обробки деталі. Річна програма випуску деталі – 1000 шт. Штучно-калькуляційний час на виконання всіх операцій становить 241,82 хв. Місячна програма випуску 25 шт,

η_n – плановий коефіцієнт завантаження верстата всіма закріпленими за ним однотипним операціями, прийнятих для великосерійного, середнього і малосерійного виробництва відповідно рівним 0,75; 0,8; 0,9.

Прийmemo $\eta_n = 0,8$

1. Можливе число операцій на кожному верстаті при їх умовному коефіцієнті завантаження $\eta_n = 0,8$ за формулою (2.4)

$$P_{o\Sigma} = \frac{13182 \cdot \eta_n}{T_{ш.к} \cdot N_M}, \quad (2.4)$$

Підставляємо числові значення:

$$P_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{6 \cdot 125} = 65,8$$

2. Кількість робітників, обслуговуючі кожен верстат окремо (при роботі в одну зміну), за формулою (2.5)

$$P_i = 0,96 \cdot \eta_n \quad (2.5)$$

$$P_i = 0,96 \cdot 0,8 = 0,77$$

Кількість робітників, обслуговуючі кожен верстат, приймається однаковим – 0,77.

3. Явочне число робітників на ділянці (при роботі в одну зміну) за формулою (2.6)

$$P_i = n \cdot P_i, \quad (2.6)$$

де n – кількість операцій

$$P_i = 6 \cdot 0,77 = 4,62$$

4. Визначаємо коефіцієнт закріплення $K_{3,0}$ за формулою (2.7)

$$K_{3,0} = \frac{P_{o\Sigma}}{\sum P_i} P_i = n \cdot P_i, \quad (2.7)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$K_{3.0} = \frac{65,8}{4,62} = 14,24$$

Крім типу виробництва для проектування ТП необхідно установити ще й метод роботи. На сучасних підприємствах виготовлення основних деталей проводять поточним методом, при якому верстатне обладнання розташовують в послідовності виконання операцій ТП з спеціалізацією робочих місць. Безперервність роботи лінії забезпечується:

- а) ретельно розробленою технологією виробництва;
- б) планованим насиченням робочих місць заготовками;
- в) переміщенням оброблювальних заготовок від одного робочого місця до другого (возиками, конвеєром).

Поточний метод скорочує цикл виробництва, між операційні заділи, забезпечує використання високопродуктивного обладнання, та комплексу автоматизованого виробництва. В серійному виробництві використовують різні поточні методи роботи:

- неперервно-поточні лінії масового виробництва (в рамках однієї партії);
- прямоточні лінії. Де рух верстата по ланцюгу верстатів, встановлених за ходом ТП, відбувається хоча й переривчасто, але в цілому прямоточну.

Для підвищення завантаження обладнання в серійному виробництві використовують перемінно-поточні та групові лінії.

Перемінно-поточні - для технологічно-конструкторських однотипних деталей, які обробляють поперемінно. Запуск нової заготовки - після переналагодження в перервах між змінами.

Групові лінії - кожен верстат виконує операції різних технологічних маршрутів (інструмент однотипний).

Висновок: виробництво середньосерійне, метод роботи перемінно-поточний.

2.1.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення типового ТП

Деталь вал виготовляється в умовах серійного типу виробництва.

Проектування механічного цеху в якому виготовляються деталь вал проводиться за умовною програмою.

За умовною програмою проектується цехи, точну номенклатуру виробів для яких встановити не можливо. Умовна програма такого цеху може бути визначена в грошовому виразі або в нормо годинах. При цьому визначаються умовні представники, по яких є початкові дані.

Дана деталь виготовляється у кількості 450 штук в рік, але, оскільки завантаження верстатів невелике, для довантаження використовуються деталі схожі по конструктивно - технологічним ознакам.

Відповідно до стандарту розробка технологічного процесу включає класифікацію (кодування) виготовленої деталі вал.

Код конструкторської характеристики - 7157342

Клас 710000 – клас деталі-тіла обертання типу валів, осей, штоків.

Підклас 71500 – деталі з L від 0,5D до 2D

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Група 715700 – з закритими уступами з наружною різьбою

Підгрупа – 715730 – з центральним глухим отвором з різьбою.

Вид 715732 – з шпонковими пазами

У якості базового використовуємо заводський технологічний процес ПрАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Типовий технологічний процес представимо у вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Діючий заводський технологічний процес

№ опер.	Зміст, або найменування операції	Верстат, обладнання
1	2	3
005	Термічна	—
1	Термічна обробка згідно карти ЦТЛ-ТК-Т-04-2000.	
010	Розточна.	Горизонтально- розточний станок 2657
А	Установити, вивірити, закріпити.	
1	Фрезерувати торець до "чистоти" Центрованим з одного боку.	
015	Токарна	Токарно гвинторізний верстат 1А64
А	Встановити в патроні, піджати центром	
1	Точити всі діаметральні розміри з припуском 5 мм.	
2	Точити шийки під люнет.	
Б	Встановити люнет	
3	Підрізати торці в розмір 2431 мм з (переустановленням).	
4	Свердлити отвори $\varnothing 31,8 (+0,62)$ під різьбу М36; розточити $\varnothing 37,5$ мм, фаску під кутом 60; нарізати різьблення М36 (з переустановленням).	
В	Встановити в центрах. Закріпити.	
5	Точити з припуском 1 мм конусну шийку, шийки $\varnothing 150\text{I}6, 200) 86, \varnothing 220\text{H}6, \varnothing 220, \varnothing 180\text{H}6, \varnothing 160\text{p}6, \varnothing 160\text{H}6$; інші поверхні точити згідно з кресленням.	
6	Нарізати різьбу $\text{M}200 \times 3, \text{M}100 \times 4$.	
020	Розміточна	Плита розміточна
1	Розмітити шпонкові пази $B = 32\text{N}9_{(-0,062)}, B = 50\text{P}9_{(-0,088)}^{(-0,026)}, B = 40\text{H}9_{(+0,062)}^{(+0,026)}$.	
2	Розмітити пази $B = 16_{+0,05}^{+0,16}, B = 12_{+0,05}^{+0,5}$.	
025	Фрезерна	Повздовжньо-фрезерний верстат 6608
А	Встановити деталь в призмах, закріпити.	

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.6

1	2	3
1	Фрезерувати пази $B = 32N9_{(-0,062)}$, $B = 50P9_{(-0,026 \atop -0,088)}$, $B = 40H9^{(+0,062)}$ з урахуванням припуску під шліфовку.	Повздовжньо-фрезерний верстат 6608
2	Фрезерувати пази $B = 16^{+0,16 \atop +0,05}$, $B = 12^{+0,5}$.	
030	Шліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3М194
A	Встановити в центрах, закріпити.	
1	Шліфувати поверхні: конусну шийку, шийки $\varnothing 150h6_{(-0,025)}$, $\varnothing 200k6_{(+0,0145)}$, $\varnothing 220 h6_{(-0,032)}$, $\varnothing 220, \varnothing 200IT 6$, $\varnothing 180h6_{(-0,025)}$, $\varnothing 160p6_{(+0,0125)}$, $\varnothing 160 h6_{(-0,025)}$	
035	Контрольна	—
1	Контроль якості.	
2	Маркірувати.	

Висновок: Аналіз типу виробництва й умов виготовлення деталі дозволяє визначити задачі проектування, що полягають у підвищенні якості деталі, зміні типу виробництва, скорочення часу обробки та полегшення праці верстатника. Виконання задач проектування складається з заміни устаткування чи виду обробки, проектування верстатного чи контрольного пристосувань, вдосконалення технологічного процесу за рахунок продуктивного обладнання.

2.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

2.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Отримати дану заготовку можна з прокату, або вільним куванням. Для вирішення питання, яка заготовка краща розраховуємо техніко-економічне обґрунтування.

Вартість заготовки обчислюється за формулою 2.8:

$$A = M \cdot C \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_{оп} - (Q - q) \cdot Ц, \quad (2.8)$$

де, M – маса заготовки, яка у нашому випадку дорівнює (кг);

C – вихідна оптова ціна 1 кг заготовки, у нашому випадку дорівнює

K_m – групу складності заготовки, і дорівнює,

K_c – обсяг виробництва заготовок, і дорівнює ,

$K_{оп}$ – масу заготовки, і дорівнює,

Q – маса заготовки, яка дорівнює,

q – чиста маса деталі, у нашому випадку дорівнює,

$Ц$ – ціна 1 (т) відходів, яка у нашому випадку дорівнює.

Вартість заготовки з прокату

$$A = 935,4 \cdot 39 \cdot 0,86 \cdot 0,78 \cdot 1 - (935,4 - 489,3) \cdot 4,6 = 22419,1 \text{ (грн.)}$$

Вартість заготовки з вільного кування:

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$A = 677,52 \cdot 51,4 \cdot 0,74 \cdot 0,8 \cdot 0,96 - (677,52 - 489,3) \cdot 4,6 = 18925,7 \text{ (грн.)}$$

З розрахунків бачимо, що вартість заготовки отриманої вільним куванням менша ніж прокат, тому вигідним є виготовлення заготовки вільним куванням.

Для обґрунтування варіантів одержання заготовки використовуємо матрицю впливу факторів, що представлена в таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – Матриця впливу факторів

Спосіб виготовлення заготовки	Фактори				Сума
	Форма і розміри заготовки	Точність та якість поверхневого шару	Технологічні властивості матеріалу	Економія матеріалу	
Прокат	-	+	+	+	3
Вільне кування	+	+	+	+	4

2.2.2 Проектування заготовок

Проектування заготовки виконуємо за ДСТУ 9182:2022.

- поковка в гр. складності;
- можлива заміна матеріалу на сталь 30хм ДСТУ 7806:2015;
- відпал до 220 НВ;
- очистка заготовки дробеструйна;
- поверхню заготовки галтувати;
- невказані ковочні уклони у межах $7 \dots 10^0$;
- твердість виміряти по поверхні А;
- невказані кувальні радіуси: зовнішні – 5мм, внутрішні – 10мм;
- забезпечити поздовжній напрямок волокон;
- контролювати 20% заготовок.

1. Призначення основних припусків та граничних відхилень на механічну обробку

Проектування заготовки ведемо за ДСТУ 9182:2022. Розміри проставляють від бази. Для такої заготовки приймають торець найбільшого розміру (діаметру), що не є торцем деталі.

Припуски та граничні відхилення на діаметральні розміри, або інші розміри перерізів призначають в залежності від загальної довжини деталі та номінального розміру перерізу. Незалежно від довжини перерізу, що розглядається.

У нашому випадку, загальна довжина деталі – 2431 мм. Залежно від діаметру перерізу, що розглядається, за таблицею 2 ДСТУ 9182:2022 призначаємо основні припуски та граничні відхилення. Данні заносимо до таблиці 2.2. В таблиці, в кінцевому варіанті, також будуть внесені додаткові припуски.

Припуск і граничні відхилення на загальну довжину деталі приймають рівний $2,5 \left(\sigma \pm \frac{\Delta}{2} \right)$.

де $\left(\sigma \pm \frac{\Delta}{2} \right)$ – припуск і граничне відхилення на найбільший переріз.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Припуск на довжину проміжних виступів приймають рівним $1,5 \left(\sigma \pm \frac{\Delta}{2} \right)$.

Припуск на довжину кінцевих виступів з одного боку дорівнює $1,25 \left(\sigma \pm \frac{\Delta}{2} \right)$, а з іншого $0,75 \left(\sigma \pm \frac{\Delta}{2} \right)$.

На довжину 2431 мм основний припуск: $2,5 \times 17 = 42,5$ мм;

на довжину 2431 мм граничне відхилення: $2,5(\pm 5) = \pm 12,5$ мм;

на довжину 1525 мм основний припуск: $2 \times 17 = 34$ мм;

на довжину 1525 мм граничне відхилення: $2(\pm 5) = \pm 10$ мм;

на довжину 841 мм основний припуск: $2 \times 17 = 34$ мм;

на довжину 841 мм граничне відхилення: $2(\pm 5) = \pm 10$ мм;

на довжину 515 мм основний припуск: $2 \times 17 = 34$ мм;

на довжину 515 мм граничне відхилення: $2(\pm 5) = \pm 10$ мм

на довжину 370 мм основний припуск: $2 \times 17 = 34$ мм;

на довжину 370 мм граничне відхилення: $2(\pm 5) = \pm 10$ мм;

на довжину 350 мм основний припуск: $2 \times 17 = 34$ мм;

на довжину 350 мм граничне відхилення: $2(\pm 5) = \pm 10$ мм;

на довжину 250 мм основний припуск: $2 \times 17 = 34$ мм;

на довжину 250 мм граничне відхилення: $2(\pm 5) = \pm 10$ мм

на довжину 125 мм основний припуск: $1,5 \times 17 = 25,5$ мм;

на довжину 125 мм граничне відхилення: $1,5(\pm 5) = \pm 7,5$ мм

на довжину 50 мм основний припуск: $2 \times 17 = 34$ мм;

на довжину 50 мм граничне відхилення: $2(\pm 5) = \pm 10$ мм

Після призначення основних припусків та граничних відхилень виконуємо ескіз заготовки з основними, який наведено на рисунку 2.2

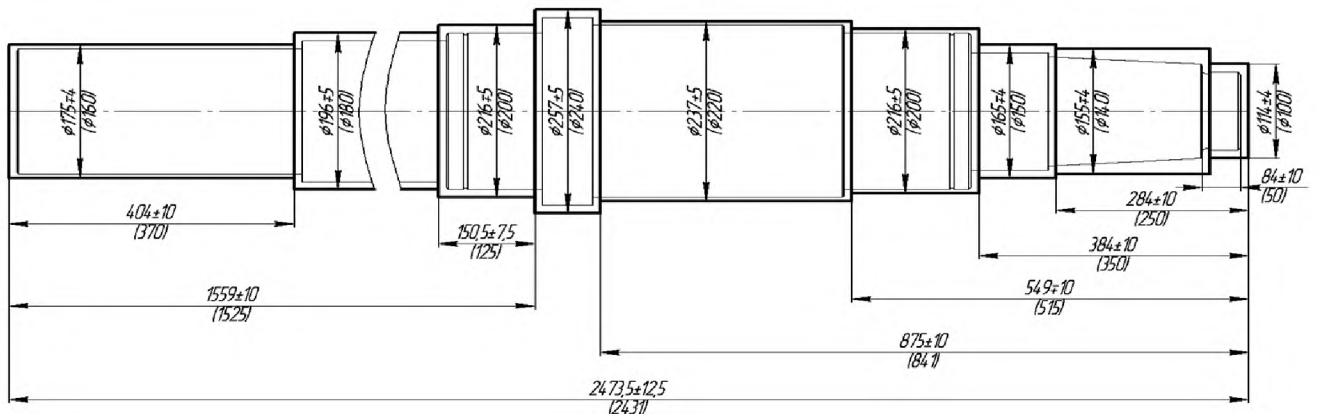


Рисунок 2.2 – Ескіз заготовки з основними припусками

2. Призначення додаткових припусків на деталь вал

Користуючись таблицею 3 ДСТУ 9182:2022 призначаємо додаткові припуски на всі перерізи, крім основного. Основним перерізом, спочатку, назначаємо переріз з максимальним розміром (або діаметром), в залежності від різниці розмірів найбільшого і розміру що розглядається, з урахуванням основного припуску:

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

для діаметру 257 мм додатковий припуск не призначаємо;
 для діаметру 237 мм: $257-237=20$ мм. Додатковий припуск за таблицею в межах до 40 буде 3 мм;
 для діаметру 216 мм: $257-216=20$ мм. Додатковий припуск за таблицею в межах від 41 до 80 буде 4 мм;
 для діаметру 216 мм: $257-216=41$ мм. Додатковий припуск за таблицею в межах від 41 до 80 буде 4 мм;
 для діаметру 196 мм: $257-165=61$ мм. Додатковий припуск за таблицею в межах від 40 до 80 буде 4 мм;
 для діаметру 175 мм: $257-175=82$ мм. Додатковий припуск за таблицею в межах від 80 до 100 буде 5 мм;
 для діаметру 165 мм: $257-165=92$ мм. Додатковий припуск за таблицею в межах від 80 до 100 буде 5 мм;
 для діаметру 155 мм: $257-155=102$ мм. Додатковий припуск за таблицею в межах від 100 до 1120 буде 6мм;
 для діаметру 114 мм: $257-165=92$ мм. Додатковий припуск за таблицею в межах від 80 до 100 буде 5 мм;

Таблиця 2.8 – Припуски та відхилення на розміри заготовки

№ з/п	Номинальний розмір деталі	Основний припуск	Граничні відхилення	Додатковий припуск	Розмір заготовки
1	Ø240	17	± 5	—	$\text{Ø}257 \pm 5$
2	Ø220	17	± 5	3	$\text{Ø}237 \pm 5$
3	Ø200	16	± 5	4	$\text{Ø}216 \pm 5$
4	Ø200	16	± 5	4	$\text{Ø}216 \pm 5$
5	Ø180	16	± 5	4	$\text{Ø}196 \pm 5$
6	Ø160	15	± 4	5	$\text{Ø}175 \pm 4$
7	Ø150	15	± 4	5	$\text{Ø}165 \pm 4$
8	Ø140	15	± 4	6	$\text{Ø}155 \pm 4$
9	Ø100	14	± 4	5	$\text{Ø}114 \pm 4$
10	2431	42,5	$\pm 12,5$	—	$2473,5 \pm 12,5$
11	1525	34	± 10	—	1559 ± 10
12	841	34	± 10	—	875 ± 10
13	515	34	± 10	—	549 ± 10
14	370	34	± 10	—	404 ± 10
15	350	34	± 10	—	384 ± 10
16	250	34	± 10	—	284 ± 10
17	125	25,5	$\pm 7,5$	—	$150,5 \pm 7,5$
18	50	34	± 10	—	84 ± 10

3. Визначення основного перерізу заготовки

Використовуючи ескіз деталі з основними припусками – визначаємо основний переріз. Якщо в заготовці є переріз з поверхнею, що не оброблюється, то саме його приймають за основний.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Розрахуємо значення величини F для інших перерізів за формулою (2.9):

$$F_I = D_I \cdot L_I \quad (2.9)$$

де D_I та L_I – діаметр та довжина перерізів що залишилися.

Визначаємо основний перетин, для чого розраховуємо площі поздовжніх перерізів ступенів (рис. 2.2):

$$F_1 = 257 \cdot (1559 - 875) = 175788 \text{ мм}^2$$

$$F_1 = 237 \cdot (875 - 549) = 77262 \text{ мм}^2$$

$$F_2 = 216 \cdot (549 - 384) = 35640 \text{ мм}^2$$

$$F_3 = 216 \cdot 150,5 = 32508 \text{ мм}^2$$

$$F_4 = 196 \cdot (1559 - 404 - 105,5) = 205702 \text{ мм}^2$$

$$F_5 = 175 \cdot 404 = 70700 \text{ мм}^2$$

$$F_6 = 165 \cdot (384 - 284) = 16500 \text{ мм}^2$$

$$F_7 = 155 \cdot (284 - 84) = 31000 \text{ мм}^2$$

$$F_8 = 114 \cdot 84 = 9576 \text{ мм}^2$$

Для ступенів, площа поздовжнього перерізу яких понад площі поздовжнього перерізу шаблі найбільшого діаметра $D_{max} \times l = 175788 \text{ мм}^2$, розраховують A_I :

для діаметра 196 мм $A_1 = 4(196 \times 1049,5 - 257 \times 684) = 119656 \text{ мм}^2$;

За основне перетин приймають шабель діаметром 196 мм, для якої твір A_I , є найбільшим.

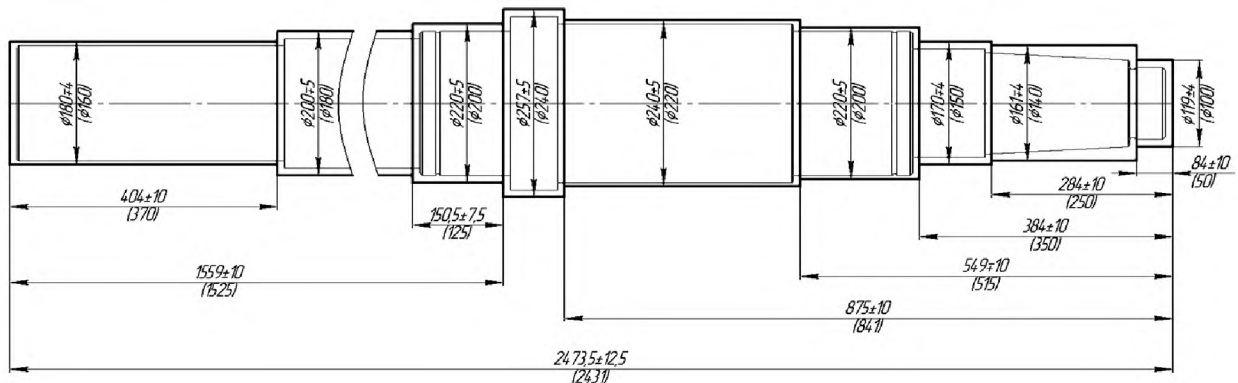


Рисунок 2.3 – Ескіз заготовки з основними та додатковими припусками

4. Перевірка на виконання виїмок

Прийmemo, що поковка буде виготовлятися на молоті, що має бойки шириною $B_6 = 350$ мм, тоді:

проміжний уступ діаметром 240 мм і довжиною 326 мм виконаємо, оскільки висота уступу $h' = 0,5 \cdot (257 - 220) = 18,5$ мм більш мінімальної висоти 7 мм, регламентованої табл. 4, а його довжина понад мінімальної довжини $l = 0,5 \cdot B_6 = 0,5 \cdot 350 = 175$ мм, регламентованої табл. 5.

Проміжний уступ діаметром 220 мм і довжиною 165 мм нездійснений, так як висота уступу $h' = 0,5 \cdot (240 - 220) = 10$ мм більш мінімальної висоти 7 мм, регламентованої табл. 4, а його довжина менше величини $l = 0,5 \cdot B_6 = 0,5 \cdot 350 = 175$ мм, регламентовано табл. 5. Доведення уступу до здійснених розмірів за

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			

рахунок напуску по діаметру. Приймаємо діаметр уступу рівним діаметру сусіднього виступу 240 мм.

Проміжний уступ діаметром 170 мм і довжиною 100 мм нездійснений, так як висота уступу $h' = 0,5 \cdot (220-170) = 25$ мм більш мінімальної висоти 7 мм, а його довжина менше величини $l = 0,5 \cdot B_6 = 0,5 \cdot 350 = 175$ мм.

Проміжний уступ діаметром 170 мм і довжиною 100 мм нездійснений, так як висота уступу $h' = 0,5 \cdot (170-161) = 4,5$ мм більш мінімальної висоти 7 мм, а його довжина менше величини $l = 0,5 \cdot B_6 = 0,5 \cdot 350 = 175$ мм.

Проміжний уступ діаметром 119 мм і довжиною 84 мм нездійснений, так як висота уступу $h' = 0,5 \cdot (161-119) = 21$ мм більш мінімальної висоти 7 мм, а його довжина менше величини $l = 0,5 \cdot B_6 = 0,5 \cdot 350 = 175$ мм.

Проміжний уступ діаметром 220 мм і довжиною 150,5 мм нездійснений, так як висота уступу $h' = 0,5 \cdot (257-220) = 18,5$ мм більш мінімальної висоти 7 мм, оскільки його довжина менше величини $l = 0,5 \cdot B_6 = 0,5 \cdot 350 = 175$ мм.

проміжний уступ діаметром 200 мм і довжиною 1004,5 мм виконаємо, оскільки висота уступу $h' = 0,5 \cdot (220-200) = 10$ мм більш мінімальної висоти 7 мм, а його довжина понад мінімальної довжини $l = 0,5 \cdot B_6 = 0,5 \cdot 350 = 175$ мм.

проміжний уступ діаметром 180 мм і довжиною 404 мм виконаємо, оскільки висота уступу $h' = 0,5 \cdot (220-200) = 10$ мм більш мінімальної висоти 7 мм, а його довжина понад мінімальної довжини $l = 0,5 \cdot B_6 = 0,5 \cdot 350 = 175$ мм.

Виконуємо остаточний ескіз поковки, який наведено на рисунку 2.4.

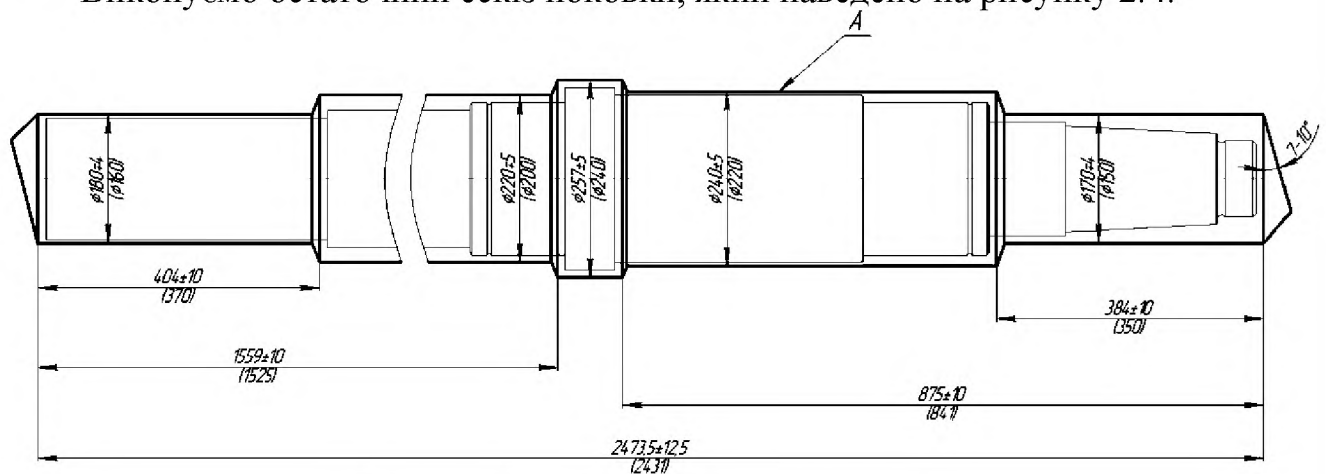


Рисунок 2.4 – Креслення заготовки

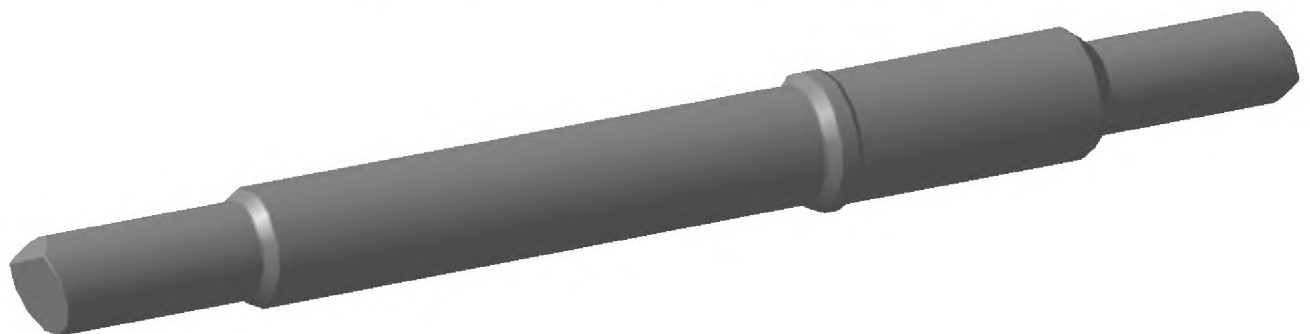


Рисунок 2.5 – Тривимірне зображення заготовки

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

3.2.3 Вибір і обґрунтування баз

Задана деталь має форму тіла обертання і це визначає правила базування деталі. За своїм призначенням і області використання в машинобудуванні бази підрозділяються на конструкторські, вимірювальні та технологічні, які використовуються при складанні, вимірюванні чи при механічній обробці.

Основними конструкторськими базами для даного валу, які визначають його положення в вузлі, поверхні 1 і 32, а також торець 10.

Технологічні бази – поверхні, які використовуються для установки деталі на верстаті при механічній обробці, у нашій деталі, є центрові отвори в торцях валу, торець 2 (1 комплект баз). Другий комплект складається з конструкторських баз.

Допоміжними конструкторськими базами деталі, які визначають положення приєднувальних до неї деталей, є поверхня 3,18,29.

Вимірювальними базами називаються поверхні, від яких відбуваються заміри розмірів і контроль відносного положення поверхонь.

Для забезпечення найбільшої точності обробки необхідно виконати два основних технологічних закони: 1) закон суміщення баз. Поверхні, які слугують конструкторськими базами, повинні обиратися у якості технологічних і вимірювальних баз; 2) закон єдності баз. При обробці деталі необхідно використати не більше двох комплектів баз.

Механічну обробку валу починають з підготовки технологічних баз, тому на цій операції будемо оброблювати торці 1 і 34, свердлили центрові отвори на цих торцях. В цьому випадку базуватися вал буде наступним чином: місця 3 і 33 виступають в ролі подвійної направляючої бази, що полишають деталь чотирьох ступенів вільності, та упорною базою виступає торець 1. Схема базування приведена на рисунку 2.6.

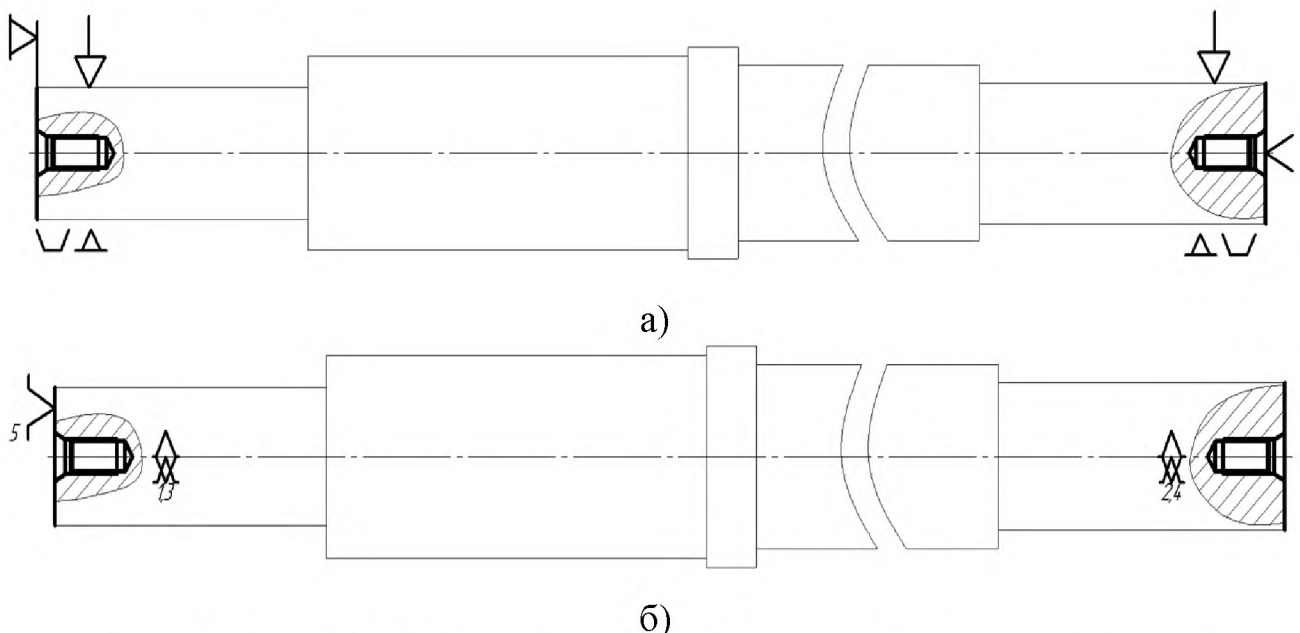


Рисунок 2.6 – Схема базування на горизонтально-розточній операції:

а) теоретична; б) умовна

При токарній обробці деталь встановлюється в трьохкулачковий патрон та піджимається центром, що обертається. Це дає змогу лишити деталь п'яти

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

ступенів вільності, що для деталі типу вал є достатнім для закріплення де вісь деталі – подвійна напрямна база, яка лишає тіло чотирьох ступенів свободи буде, реалізовуватися за допомогою призм та прижимних планок, торець – упорна база, яка лишає ще одного ступеню свободи. Шосту точку до деталі не прикладаємо, тому маємо неповний комплект баз. Схема базування приведена на рисунку 2.7

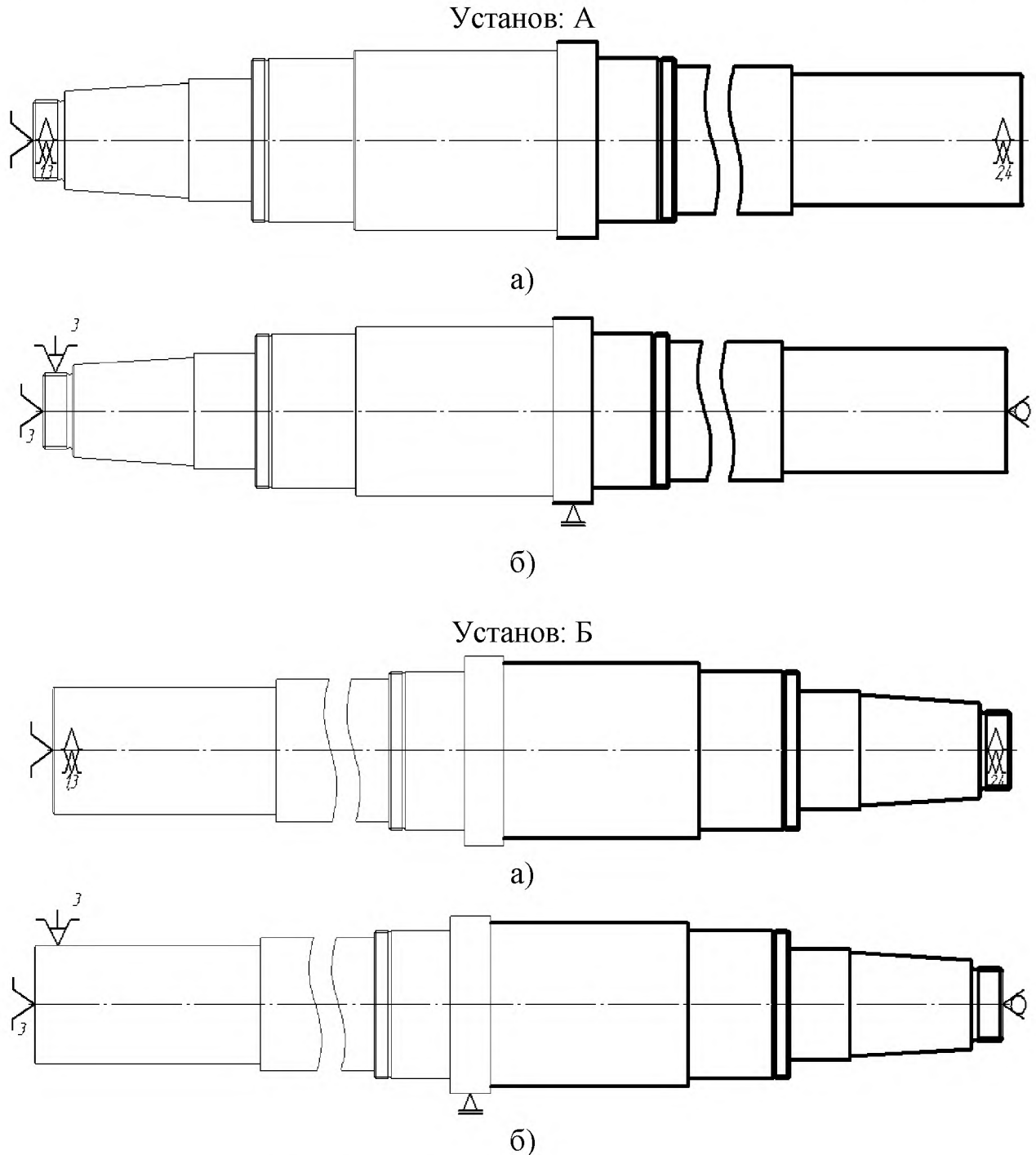


Рисунок 2.7 – Схема базування валу на токарній операції:
а) теоретична; б) умовна

При фрезеруванні шпонкових пазів використовується сема базування представлена на рисунку 2.8.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Установ: А центра

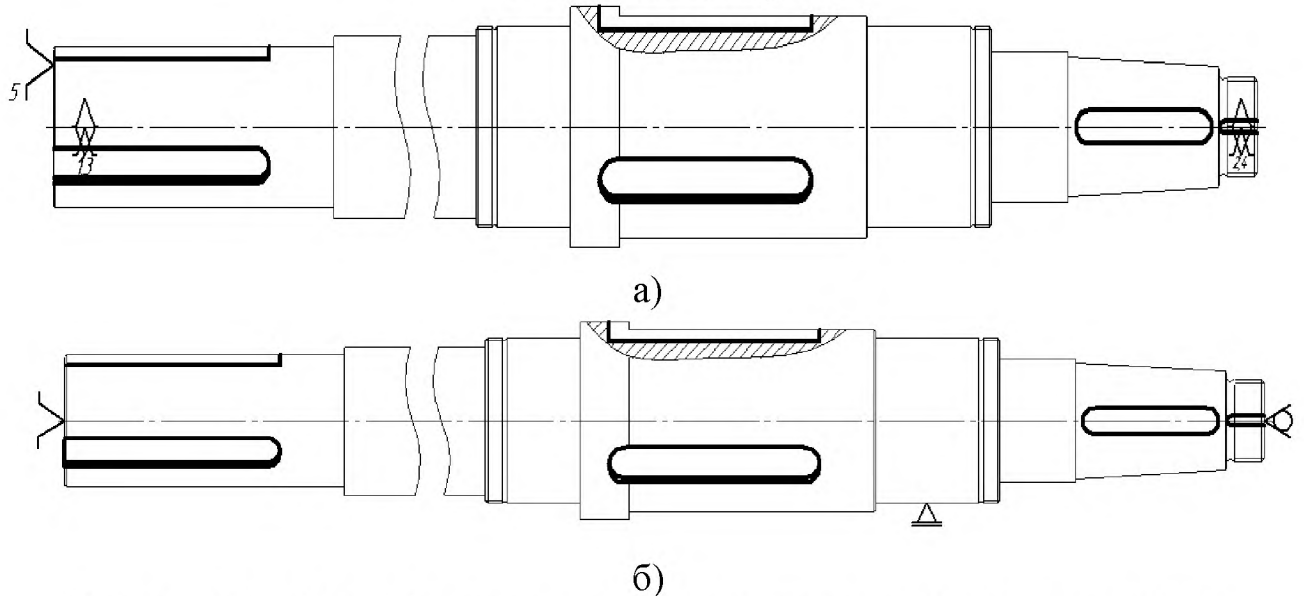


Рисунок 2.8 – Схема базування валу при фрезеруванні шпонкових пазів:
а) теоретична; б) умовна

Таким чином при обробці виконується принцип єдності баз тому, що використовується тільки два комплекти баз. В якості установчих технологічних та вимірювальних баз використовуються конструкторські бази, які є основними поверхнями, і це забезпечує виконання принципу суміщення баз.

2.2.4 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

У якості заготовки для нашої деталі було обрано вільне кування відповідно до ДСТУ 9182:2022.

Методи обробки визначаються вимогами до точності, шорсткості та взаємного розташування поверхонь деталі. Ці вимоги можуть бути забезпечені різними способами, однак під час вибору необхідно враховувати габарити та точність заготовки, властивості матеріалу, доступність обладнання, собівартість обробки та інші фактори.

Під час формування маршруту обробки поверхні (МОП) дотримуються принципу: кожний наступний метод повинен забезпечувати вищу точність порівняно з попереднім, а загальна кількість операцій має бути мінімальною. Розраховані міждоопераційні розміри для кожної поверхні наведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Послідовність переходів при обробці поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість, Ra	Точність IT	Допуск T
1	2	3	4	5
16 Ø240	Заготовка	25	16	3600
	Чорнове точіння	12,5	14	1150
18 Ø220	Заготовка	25	16	3600
	Чорнове точіння	12,5	14	1150

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ		Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	--	------

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5
	Напівчистове точіння	6,3	11	290
	Чистове точіння	3,2	8	72
	Тонке точіння	1,6	6	29
19 Ø220h6	Заготовка	25	16	3600
	Чорнове точіння	12,5	14	1150
	Напівчистове точіння	6,3	11	290
	Чистове точіння	3,2	8	72
	Тонке точіння	1,6	6	29
14, 23 Ø200k6	Заготовка	25	16	3600
	Чорнове точіння	12,5	14	1150
	Напівчистове точіння	6,3	11	290
	Чистове точіння	3,2	8	72
	Тонке точіння	1,6	6	29
13,24 Ø195	Заготовка	25	16	3600
	Чистове точіння	3,2	8	72
9 Ø180	Заготовка	25	16	3600
	Чорнове точіння	12,5	14	1150
8 Ø180h6	Заготовка	25	16	3600
	Чорнове точіння	12,5	14	1150
	Напівчистове точіння	6,3	11	290
	Чистове точіння	3,2	8	72
	Тонке точіння	1,6	6	29
3 Ø160h6	Заготовка	25	16	3600
	Чорнове точіння	12,5	14	1000
	Напівчистове точіння	6,3	11	250
	Чистове точіння	3,2	8	63
	Тонке точіння	1,6	6	25
6 Ø160js6	Заготовка	25	16	3600
	Чорнове точіння	12,5	14	1000
	Напівчистове точіння	6,3	11	250
	Чистове точіння	3,2	8	63
	Тонке точіння	1,6	6	25
17 L=841	Чорнове точіння	12,5	14	2300
	Напівчистове точіння	6,3	11	560
26 L=350	Чорнове точіння	12,5	14	1400
	Чистове точіння	3,2	8	89
22 L= 515	Чорнове точіння	12,5	14	1750
	Напівчистове точіння	6,3	11	440
	Чистове точіння	3,2	8	110
28 L=250	Чистове точіння	3,2	8	89

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5
27 Ø150h6	Заготовка	25	16	3600
	Чорнове точіння	12,5	14	1000
	Напівчистове точіння	6,3	11	250
	Чистове точіння	3,2	8	63
	Тонке точіння	1,6	6	25
29 Конусність Ø140–Ø120	Заготовка	25	16	3600
	Чорнове точіння	12,5	14	1000
	Напівчистове точіння	6,3	11	250
	Чистове точіння	3,2	8	63
	Тонке точіння	1,6	6	25
32 Ø94	Заготовка	25	16	3600
	Чистове точіння	3,2	8	54
11,25 M200×3–6g	Заготовка	25	16	3600
	Чорнове точіння	12,5	14	1150
	Напівчистове точіння	6,3	11	290
	Нарізання різьби	3,2	6	29
33 M100×4–6g	Заготовка	25	16	3600
	Чорнове точіння	12,5	14	870
	Напівчистове точіння	6,3	11	220
	Нарізання різьби	3,2	6	22
2 M36–H7	Свердління Ø31,8 та зняти фаску	6,3	12	250
	Нарізання різьби	3,2	7	
35 12	Фрезерування шпонкового пазу	12,5	14	43
12 16	Фрезерування шпонкового пазу	6,3	11	43
30 32N9	Фрезерування шпонкового пазу	3,2	9	62
4,5 40H9	Фрезерування шпонкового пазу	3,2	9	62
20,21 50P9	Фрезерування шпонкового пазу	6,3; 3,2	9	62
1,34 L=2431	Фрезерувати торці	12,5	14	4400
15 L=1525	Чорнове точіння	12,5	14	3100
	Напівчистове точіння	6,3	11	780
	Чистове точіння	3,2	8	195
10 L=1400	Чистове точіння	3,2	8	195

					КНУ.КМР.131.25.1–14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.9

1	2	3	4	5
7 L=370	Чорнове точіння	12,5	14	1400
	Напівчистове точіння	6,3	11	360
	Чистове точіння	3,2	8	89
31 L=50	Чистове точіння	3,2	8	89

2.2.5 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки заданої деталі наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Розробка маршруту обробки валу

№	Найменування операції	Номер оброблюємої поверхні	Номер базуючої поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Горизонтально-розточна з ЧПК	—	—	Горизонтально-розточний TOS WRD 150 Q
	Установ А	1	1,34,2	
	Установ Б	34	1,34,33	
010	Токарна чорнова:	—	—	Токарний з ЧПК HAAS ST-55
	Установ А	3,6,7,8,9,10,11,13,14,15,16	1,34,3	
	Установ Б	33,31,29,28,27,26,25,24,23,22,19,18,17	1,34,33	
015	Токарна напівчистова:	—	—	Токарний з ЧПК HAAS ST-55
	Установ А	3,6,7,8,10, 11,14,15	1,34,3	
	Установ Б	33,29,28, 27,25,23, 22,19,18	1,34,33	
020	Токарна чистова:	—	—	Токарний з ЧПК HAAS ST-55
	Установ А	3,6,7,8, 10,11,14,15	1,34,3	
	Установ Б	33,29,28, 27,25,23, 22,19,18	1,34,33	
025	Токарна тонка:	—	—	Токарний з ЧПК HAAS ST-55
	Установ А	3,8,14	1,34,3	
	Установ Б	29,27,23,19,18	1,34,33	
030	Шпонково-фрезерна	—	—	Фрезерний верстат з рухомим столом CORREA XPERTA 25
	Установ А	4,5,12,20, 21,30,32,35	2,9,34,	

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3.2.6 Розробка технологічної операції

Визначаємо маршрут, уточнюємо верстане устаткування, на якому буде проводитися обробка, обираємо стандартні пристосування. В залежності від характеру обробки вибираємо різальний інструмент та остаточно формулюємо зміст операцій та заносимо його до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Розробка технологічних операцій

№ опер.	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Обладнання та інструмент
1	2	4
005	1 Горизонтально- розточна 2 Горизонтально-фрезерно-розточний станок TOS WRD 150 Q Установ А - Розточити торць 1 у розмір 2473,5±12,5; свердлити отвор 2 у розмір Ø36 Установ Б - Розточити торці 34 у розмір 2473,5±12,5; свердлити отвор 2 у розмір Ø36	Різець для контурного точіння PCLNR 123225 P12 CNMG 1204 FF1 TP2500; різцетримач B2 50×32; патрон цанговий DIN50ADB E 3471 5873 3273; втулка перехідна 6100-0327 ДСТУ ГОСТ 13598-95 Свердло SD 542-80-200-50 R1 SCGX1 20 408-P1 T200D SPGX1T3C1. Калібр гладкий за ISO 1938-1:2015; калібр гладкий для отворів за ISO 1938-1:2015
010	1 Токарна з ЧПК (чорнова) 2 Токарний з ЧПК HAAS ST-55 3 Установ А - Встановити, закріпити, зняти; - Підрізати начорно торець 7 в розмір 163,5±0,5,відповідно. - Точити фаску 1 в розмір 2×45°. - Точити начорно поверхню 3,6 в розмір Ø160; - Точити начорно поверхню 8,9 в розмір Ø180; - Точити фаску 10 в розмір 3×45°. - Точити начорно поверхню 11,14 в розмір Ø200; - Підрізати начорно торець 15 в розмір 163,5±0,5відповідно. - Точити начорно поверхню 66 в розмір Ø240. 4. Установ Б - Встановити, закріпити, зняти;	Різець для контурного точіння PCLNR 123225 P12 CNMG 1204 FF1 TP2500; різцетримач B2 50×32. Калібр гладкий за ISO 1938-1:2015; калібр гладкий для отворів за ISO 1938-1:2015

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.11

1	2	3
010	- Точити фаску 34 в розмір 2×45^0. - Точити начорно поверхню 29 в розмір $\varnothing 140$-$\varnothing 120$; - Точити начорно поверхню 8,9 в розмір $\varnothing 180$; - Точити начорно поверхню 27 в розмір $\varnothing 150$; - Точити фаску 10 в розмір 3×45^0. - Точити начорно поверхню 25,23 в розмір $\varnothing 200$; - Підрізати начорно торець 22 в розмір $163,5 \pm 0,5$ відповідно. - Точити фаску в розмір 1×45^0. - Точити начорно поверхню 19,18 в розмір $\varnothing 220$; - Підрізати начорно торець 17 в розмір $163,5 \pm 0,5$ відповідно.	
015	1 Токарна з ЧПК (напівчистова) 2 Токарний з ЧПК HAAS ST-55 3 Установ А - Встановити, закріпити, зняти; - Встановити, закріпити, зняти; - Підрізати напівчисто торець 7 в розмір $163,5 \pm 0,5$, відповідно. - Точити напівчисто поверхню 3,6 в розмір $\varnothing 160$; - Точити напівчисто поверхню 8,9 в розмір $\varnothing 180$; - Точити фаску 10 в розмір 3×45^0. - Точити напівчисто поверхню 11,14 в розмір $\varnothing 200$; - Підрізати напівчисто торець 15 в розмір $163,5 \pm 0,5$ відповідно. - Точити напівчисто поверхню 66 в розмір $\varnothing 240$ 4. Установ Б - Встановити, закріпити, зняти; - Точити напівчисто поверхню 29 в розмір $\varnothing 140$- $\varnothing 120$; - Точити напівчисто поверхню 8,9 в розмір $\varnothing 180$; - Точити напівчисто поверхню 27 в розмір $\varnothing 150$;	Різець для контурного точіння PCLNR 123225 P12 CNMG 1204 FF1 TP2500; різцетримач B2 50×32 Калібр гладкий за ISO 1938-1:2015; калібр гладкий для отворів за ISO 1938-1:2015

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.11

1	2	3
015	- Точити фаску 10 в розмір 3×45^0. - Точити напівчисто поверхню 25,23 в розмір $\varnothing 200$; - Підрізати напівчисто торець 22 в розмір $163,5 \pm 0,5$ відповідно. - Точити напівчисто пов. 19,18 в розмір $\varnothing 220$.	
020	1 Токарна з ЧПК (чистова) 2 Токарний з ЧПК HAAS ST-55 3 Установ А - Встановити, закріпити, зняти; - Підрізати напівчисто торець 7 в розмір $163,5 \pm 0,5$ відповідно. - Точити напівчисто пов. 3,6 в розмір $\varnothing 160$; - Точити напівчисто пов. 8,9 в розмір $\varnothing 180$; - Точити фаску 10 в розмір 3×45^0. - Точити напівчисто пов. 11,14 в розмір $\varnothing 200$; - Підрізати напівчисто торець 15 в розмір $163,5 \pm 0,5$ відповідно. - Точити напівчисто пов. 66 в розмір $\varnothing 240$; 4. Установ Б - Встановити, закріпити, зняти; - Точити напівчисто поверхню 29 в розмір $\varnothing 140 - \varnothing 120$; - Точити напівчисто пов. 8,9 в розмір $\varnothing 180$; - Точити напівчисто пов. 27 в розмір $\varnothing 150$; - Точити фаску 10 в розмір 3×45^0. - Точити напівчисто пов. 25,23 в розмір $\varnothing 200$; - Підрізати напівчисто торець 22 в розмір $163,5 \pm 0,5$ відповідно. - Точити напівчисто пов. 19,18 в розмір $\varnothing 220$.	Різець для контурного точіння PCLNR 123225 P12 CNMG 1204 FF1 TP2500; різець для нарізання зовнішньої різьби CER 3225 P16 QND 16 ER 244N CP500; різець для канавок CFMR 3225 P04 LCMF 1604MO-0400-MP; різцетримач B2 50×32. Калібр гладкий за ISO 1938-1:2015; калібр гладкий для отворів за ISO 1938-1:2015; калібр для метричної різьби за ДСТУ ГОСТ 24997:2018
025	1 Токарна з ЧПК (тонка) 2 Токарний з ЧПК HAAS ST-55 3 Установ А - Встановити, закріпити, зняти; - Точити тонко поверхню 3,6 в розмір $\varnothing 160$; - Точити тонко поверхню 11,14 в розмір $\varnothing 200$; - Точити напівчисто поверхню 8,9 в розмір $\varnothing 180$; 4. Установ Б - Встановити, закріпити, зняти;	Різець для контурного точіння PCLNR 123225 P12 CNMG 1204 FF1 TP2500; різцетримач B2 50×32.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.11

1	2	3
025	- Точити тонко поверхню 29 в розмір Ø140- Ø120; - Точити тонко поверхню 27 в розмір Ø150; - Точити тонко поверхню 25,23 в розмір Ø200; - Точити тонко поверхню 19,18 в розмір Ø220.	Калібр гладкий за ISO 1938-1:2015; калібр гладкий для отворів за ISO 1938-1:2015; калібр для метричної різьби за ДСТУ ГОСТ 24997:2018
030	1 Фрезерна 2 Фрезерный станок с подвижным столом CORREA XPERTA 25 3 Встановити, закріпити, зняти; - фрезерувати шпонкові пази.	Фрези шпонкові: Фреза фірми SECO з державкою: R217.69-0050-09A; та пластиною: ХОМХ 090308TR-ME06 MP2500; Фреза фірми SECO з державкою: R217.69-0040-09A; та пластиною: ХОМХ 090308TR-ME06 MP2500; Фреза фірми SECO з державкою: R217.69-0032-09A; та пластиною: ХОМХ 090308TR-ME06 MP2500 Фреза фірми SECO з державкою: R217.69-0016-09A; та пластиною: ХОМХ 090308TR-ME06 MP2500 Фреза фірми SECO з державкою: R217.69-0012-09A; та пластиною: ХОМХ 090308TR-ME06 MP2500
055	Контрольна	

3.2.7 Розрахунок міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.2.7.1 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню

Для розрахунку припусків вибираємо циліндричну поверхню $\varnothing 200k6^{(+0,0033}_{+0,004})$ з шорсткістю Ra1,6. Розрахунок ведемо аналітичним методом.

Відповідно заданим умовам установлюємо маршрут обробки [4, табл. 4]:

- чорнове точіння;
- напівчистове точіння;
- чистове точіння;
- тонке точіння

Вся зазначена обробка виконується з установкою заготовки у трикулачковому патроні.

Послідовність обробки заносимо в графу 1 (табл. 2.12). Для заповнення граф 3,4 для поковки узяті з [4, табл.12], для механічної обробки з [4,с.187 табл.24]. Дані графи 9 для заготовки з [4,с.8 табл.4].

Розрахунок відхилень розташування поверхонь:

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Величину відхилень Δ_{Σ} для прокату при обробці у трикулачковому патроні визначаємо по [12, с. 187, табл. 18]

Знаходимо сумарне відхилення розташування при обробці сортового прокату круглого перерізу, в центрах, за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma_k}^2 + \Delta_y^2} = \sqrt{48^2 + 250^2} = 255 \text{ мкм}, \quad (2.10)$$

де Δ_{Σ_k} – загальне відхилення вісі від прямолінійності, і визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma_k} = \Delta_k \cdot l_k = 2 \cdot 24 = 48 \text{ мкм}, \quad (2.11)$$

де l_k – розмір від перетину, для якого визначається кривизна до торця заготовки, рівний для розглянутого випадку 24 мкм;

Δ_k – питома кривизна, мкм на 1 мм довжини (у маршруті передбачене виправлення заготовки на пресі, після якої $\Delta_k = 2 \text{ мкм/мм}$ Δ_y – зсув осі заготовки в результаті погрішності центрування;

$$\Delta_y = 0,25 \cdot \sqrt{T^2 + 1} = 0,25 \cdot \sqrt{0,029^2 + 1} = 0,25 (\text{мм}) \quad (2.12)$$

де $T=0,029$ – допуск на діаметральний розмір бази заготовки, використаної при центруванні [4, с. 192 табл. 32],

Чорнове точіння: величину залишкових просторових відхилень знаходимо за формулою:

$$\Delta_r = \Delta_{\Sigma} \cdot K_y \quad (2.13)$$

де K_y – коефіцієнт уточнення [12, с. 190 табл. 29]. Тоді величина залишкових просторових відхилень буде дорівнювати:

K_y – для чорнового точіння приймаємо: 0,06.

$$\Delta_r = 424 \cdot 0,06 = 25,44 \approx 25,5 (\text{мкм})$$

Приймаємо: $\Delta_r = 25,5 \text{ мкм}$.

Напівчистове точіння величина залишкових просторових відхилень буде дорівнювати:

K_y – для напівчистового точіння приймаємо: 0,05.

$$\Delta_r = 25,5 \cdot 0,05 = 1,27 (\text{мкм})$$

Приймаємо: $\Delta_r = 1,3 \text{ мкм}$.

Чистове точіння величина залишкових просторових відхилень буде дорівнювати:

K_y – для чистового точіння приймаємо: 0,04

$$\Delta_r = 1,27 \cdot 0,04 = 0,05 (\text{мкм})$$

Приймаємо: $\Delta_r = 0 \text{ мкм}$.

Тонке точіння величина залишкових просторових відхилень буде дорівнювати:

K_y – для шліфування приймаємо: 0,02.

$$\Delta_r = 0 \cdot 0,02 = 0 (\text{мкм})$$

Приймаємо: $\Delta_r = 0 \text{ мкм}$.

Похибка установки заготовки становить: $\varepsilon_1 = 240 \text{ мкм}$ [4, с. 42, табл. 13].

Похибка установки при напівчистовому точінні:

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon_2 = \varepsilon_1 \cdot 0,05 = 240 \cdot 0,05 = 12 \text{ мкм.}$$

Похибки установки при чистовому точінні:

$$\varepsilon_3 = \varepsilon_2 \cdot 0,04 = 12 \cdot 0,04 = 0,5 \text{ мкм, приймаємо } \varepsilon_3 = 1 \text{ мкм.}$$

Результати розрахунків вносимо в графу 6 таблиці 2.12.

Виконуємо розрахунок мінімальних припусків, на діаметральні розміри, для кожних переходів за рівнянням:

$$2Z_{imin} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1}),$$

Тоді для чорнового обточування мінімальний припуск буде дорівнювати:

$$2Z_{imin} = 2 \cdot (100 + 200 + 202) = 1044 (\text{мкм})$$

Для напівчистового обточування мінімальний припуск буде дорівнювати:

$$2Z_{imin} = 2 \cdot (50 + 60 + 15 + 12) = 274 (\text{мкм})$$

Для чистового точіння мінімальний припуск буде дорівнювати:

$$2Z_{imin} = 2 \cdot (25 + 40 + 1 + 0) = 132 (\text{мкм})$$

Для тонкої операції мінімальний припуск буде дорівнювати:

$$2Z_{imin} = 2 \cdot (10 + 20 + 0 + 0) = 60 (\text{мкм})$$

Розрахункові значення припусків заносимо в графу 7 табл. 2.12.

Розрахунок найменших розрахункових розмірів по технологічних переходах робимо, складаючи значення найменших граничних розмірів, що відповідають попередньому технологічному переходу, з величиною припуску, на виконуваний перехід:

$$200,004 + 0,060 = 200,064 \text{ мм,}$$

$$200,064 + 0,132 = 200,196 \text{ мм,}$$

$$200,166 + 0,274 = 200,44 \text{ мм,}$$

$$200,471 + 1,044 = 201,515 \text{ мм.}$$

Найменші розрахункові розміри заносимо в графу 8 табл. 2.12. Найменші граничні розміри (округлені) заносимо в графу 11 табл. 2.12.

Визначаємо найбільші граничні розміри по переходам:

$$200,004 + 0,029 = 200,033 (\text{мм});$$

$$200,033 + 0,072 = 200,105 (\text{мм});$$

$$200,105 + 0,29 = 200,395 (\text{мм});$$

$$200,395 + 1,15 = 201,545 (\text{мм});$$

$$201,545 + 3,6 = 205,145 (\text{мм}).$$

Розрахункові значення припусків заносимо в графу 10 табл. 2.12.

Розрахунок фактичних максимальних і мінімальних припусків по переходах робимо, віднімаючи відповідно значення найбільших і найменших граничних розмірів, що відповідають виконуваному і попередньому технологічним переходам:

Мінімальні припуски:

$$200,064 - 200,004 = 0,06 (\text{мм});$$

$$200,196 - 200,064 = 0,132 (\text{мм});$$

$$200,471 - 200,196 = 0,275 (\text{мм});$$

$$201,515 - 200,44 = 1,075 (\text{мм}).$$

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Максимальні припуски:

$$200,105 - 200,033 = 0,072 \text{ (мм)};$$

$$200,395 - 200,105 = 0,29 \text{ (мм)};$$

$$201,545 - 200,395 = 1,15 \text{ (мм)};$$

$$205,145 - 201,545 = 3,6 \text{ (мм)}.$$

Розрахункові значення припусків заносимо в графу 12 і 13 табл. 2.12.

Розрахунок загальних припусків виконуємо за рівняннями:

Найбільшого припуску:

$$Z_{0max} = \sum Z_{max} = 0,06 + 0,132 + 0,275 + 1,106 = 1,542 \text{ (мм)};$$

Найменшого припуску:

$$Z_{0min} = \sum Z_{min} = 0,072 + 0,29 + 1,15 + 3,6 = 5,112 \text{ (мм)}.$$

Виконуємо перевірку правильності розрахунків за рівнянням:

$$2Z_{0max} - 2Z_{0min} = T_z - T_d$$

$$5,112 - 1,542 = 3,6 - 0,029$$

$$3,57 = 3,57$$

Отже розрахунок виконаний вірно.

Графічне зображення полів припусків та допусків, на обробку поверхні $\varnothing 200k6$, показане на рисунку 2.12.

Таблиця 2.12 – Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку зовнішньої циліндричної поверхні валу $\varnothing 200k6$

Маршрут обробки поверхні діаметром $\varnothing 200k6$	Квалітет	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконуваний розміри, мкм	Прийняті (округлені) розміри заготівлі по переходах, мкм		Граничний припуск, мкм	
		R_z	h	Δ_f	ε	Припуск Z_i , мкм	Мін. діаметру, мм		max	min	Z_{max}	Z_{min}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вільне кування	16	200	250	255	–	–	200,515	3600	205,145	200,515	–	–
Чорнове точіння	12	100	200	15	202	1044	200,44	1150	201,545	200,44	3,6	1,106
Напівчистове точіння	10	50	60	1	12	274	200,196	290	200,395	200,196	1,15	0,275
Чистове точіння	8	25	40	0	1	132	200,064	72	200,105	200,064	0,29	0,132
Тонке точіння	6	10	20	0	0	60	200,004	29	200,033	200,004	0,072	0,06

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ			Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата				

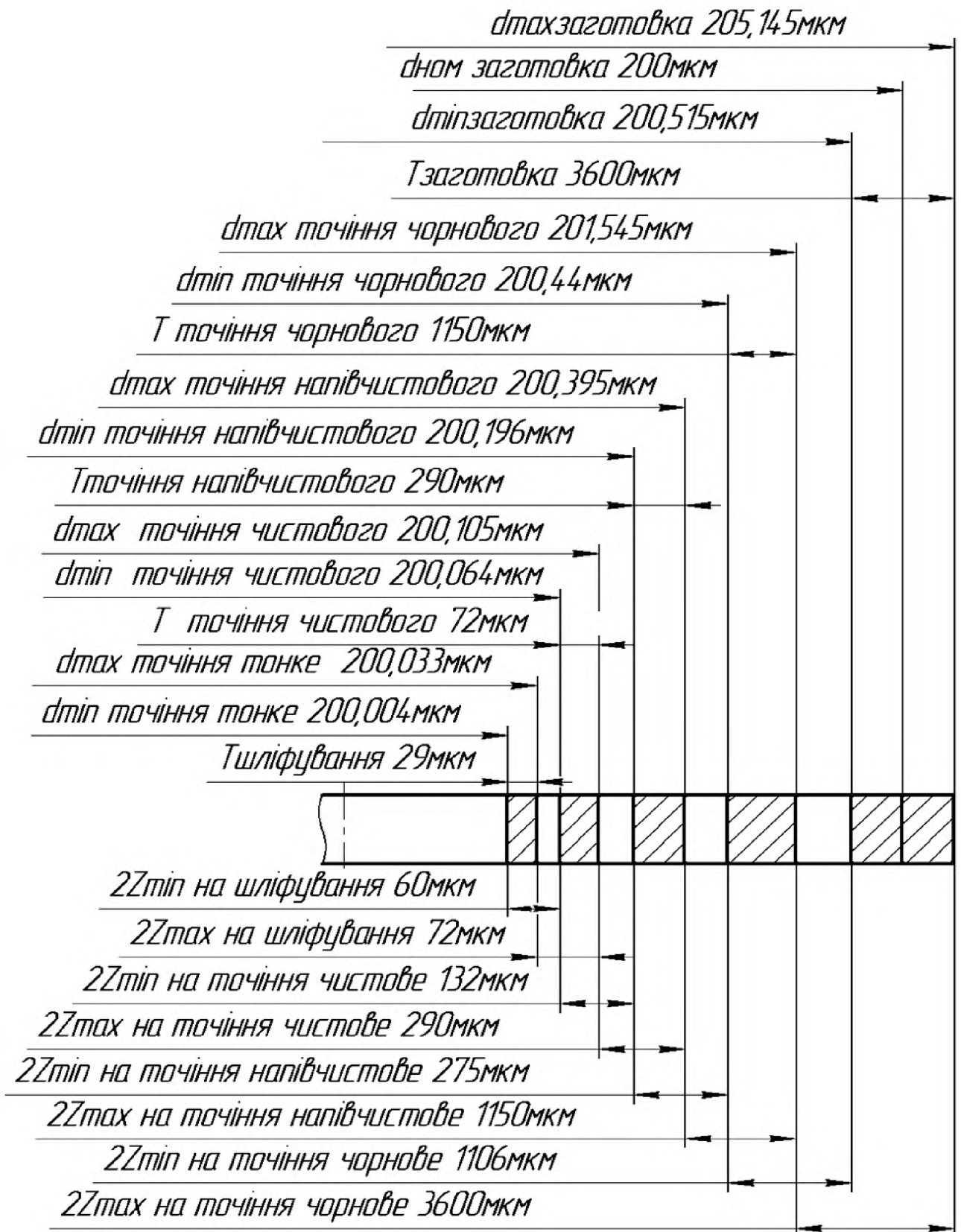


Рисунок 2.9 – Графічне зображення полів допусків та припусків на обробку поверхні $\varnothing 200k6$.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

3.2.7.2 Аналітичний розрахунок припусків

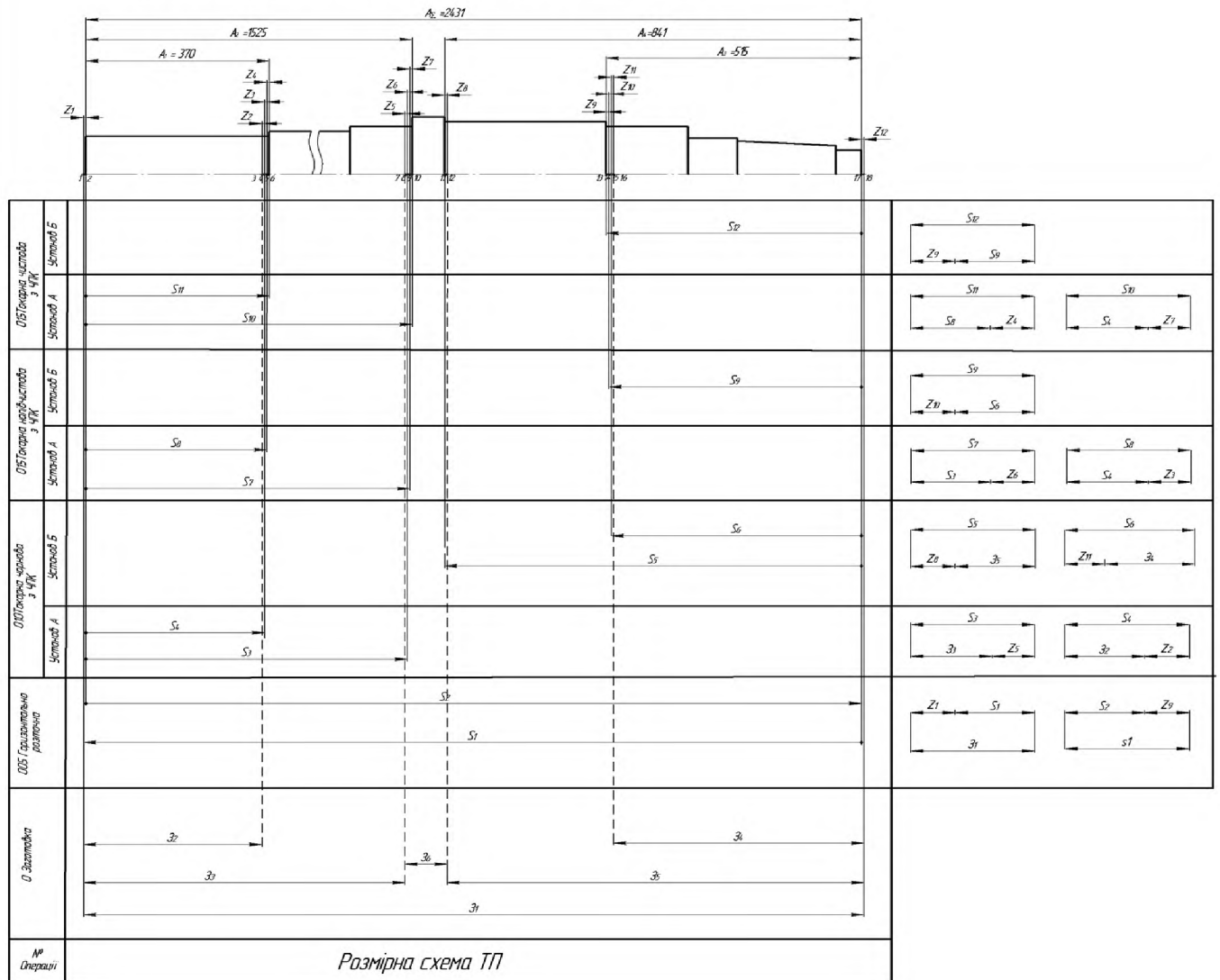


Рисунок 2.10 – Розмірна схема технологічного процесу обробки торцевих поверхонь

Таблиця 2.13 – Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів обробки валу

№ р.ц.	Рівняння розмірного ланцюга	Вихідне значення (мм)	Номинальний технологічний розмір (мм)	Допуск технологічного розміру	Технологічний розмір налаштування	Граничні значення припусків (уточнені)
1	2	3	4	5	6	7
1	$S_1 = 3_1 - Z_1$	$3_1 = 2473,5 \pm 10$ $Z_1 = 21,25$	$S_1 = 3_1 - Z_1 = 2473,5 - 21,25 = 2452,25$	$T = 4,4$ (IT 14)	$S_1 = 2452,25_{-1,15}$	$Z_1 = 3_1 - S_1 = (2473,5 \pm 10) - 2452,25_{-1,15} = 21,25_{-1,15}^{+4,4}$
2	$S_2 = S_1 - Z_{12}$	$S_1 = 2452,25_{-1,15}$ $Z_{12} = 21,25$	$S_2 = S_1 - Z_9 = 2452,25 - 21,25 = 2431$	$T = 4,4$ (IT 14)	$S_2 = 2431_{-1,15}$	$Z_9 = S_1 - S_2 = 2452,25_{-1,15} - 2431_{-1,15} = 21,25_{-1,15}^{+1,15}$
3	$3_2 = S_4 + Z_2$	$S_4 = 386_{-1,15}$ $Z_2 = 18$	$3_2 = 386 + 18 = 404$	$T = 1,15$ (14)	$3_2 = 404 \pm 10$	$Z_2 = 3_2 - S_4 = (404 \pm 10) - 386_{-1,15} = 18_{-1,15}^{+1,15}$
4	$3_3 = S_3 + Z_5$	$S_3 = 1550_{-1,15}$ $Z_5 = 18$	$3_3 = 1550 + 18 = 1568$	$T = 1,15$ (IT 14)	$3_3 = 1568 \pm 10$	$Z_4 = 3_3 - S_3 = (1568 \pm 10) - 1550_{-1,15} = 18_{-1,15}^{+1,15}$
5	$3_4 = S_6 + Z_{11}$	$S_6 = 531_{0,072}$ $Z_{11} = 18$	$3_4 = 531 + 18 = 549$	$T = 0,072$ (IT 8)	$3_4 = 549 \pm 10$	$Z_8 = 3_4 - S_6 = (549 \pm 10) - 531_{0,072} = 18_{-0,072}^{+0,072}$

КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ

Арк.

Змн. Арк. № док. Підпис Дата

Продовження таблиці 2.13

1	2	3	4	5	6	7
6	$3_5 = S_5 + Z_8$	$S_5 = 841_{-1,15}$ $Z_8 = 34$	$3_5 = 841 + 34 = 875$	$T = 1,15$ (IT 14)	$3_5 = 875 \pm 10$	$Z_6 = 3_5 - S_5 = (875 \pm 10) - 841_{-1,15} = 34_{-1,15}^{+1,15}$
7	$S_4 = S_8 + Z_3$	$S_8 = 376_{-0,36}$ $Z_3 = 10$	$S_4 = 376 + 10 = 386$	$T = 0,36$ (IT 11)	$S_4 = 386_{-0,36}$	$S_5 = S_4 - S_8 = 386_{-1,15} - 376_{-1,15} = 10_{-1,15}^{+1,15}$
8	$S_3 = S_7 + Z_6$	$S_7 = 1540_{-0,78}$ $Z_6 = 10$	$S_3 = 1540 + 10 = 1550$	$T = 0,78$ (IT 11)	$S_3 = 1550_{-0,78}$	$Z_3 = S_3 - S_7 = 1550_{-0,78} - 1540_{-0,78} = 10_{-0,78}^{+0,78}$
9	$S_6 = S_9 + Z_{10}$	$S_9 = 511_{-0,44}$ $Z_{10} = 10$	$S_6 = 521 + 10 = 531$	$T = 0,44$ (IT 11)	$S_6 = 531_{-0,44}$	$S_7 = S_6 - S_9 = 531_{-0,44} - 511_{-0,44} = 10_{-0,44}^{+0,44}$
10	$S_8 = S_{11} + Z_4$	$S_{11} = 1534_{-0,195}$ $Z_4 = 6$	$S_8 = 1564 + 6 = 1540$	$T = 0,195$ (IT 8)	$S_8 = 1540_{-0,195}$	$S_8 - S_{11} = 1540_{-0,195} - 1534_{-0,195} = 6_{-0,195}^{+0,195}$
11	$S_4 = S_{10} + Z_7$	$S_{10} = 515_{-0,110}$ $Z_7 = 6$	$S_4 = 515 + 6 = 521$	$T = 0,110$ (IT 8)	$S_4 = 521_{-0,110}$	$Z_7 = S_4 - S_{10} = 521_{-1,110} - 515_{-1,110} = 6_{-0,110}^{+0,110}$
12	$S_9 = S_6 + Z_9$	$S_6 = 370_{-0,089}$ $Z_9 = 6$	$S_9 = 370 + 6 = 376$	$T = 0,089$ (IT 8)	$S_9 = 376_{-0,089}$	$S_9 - S_6 = 376_{-0,089} - 370_{-0,089} = 6_{-0,089}^{+0,089}$

Таблиця 2.14 – Послідовність обробки торцевих поверхонь деталі

№ пов	Послідовність обр. поверхні	Шорсткість	Точність		Допуск		Припуск		Позначення припуску
			назнач	уточ	назнач	уточ	назнач	уточ	
1	Заготовка	25	16	16	3,6	3,6	21,25	21,25	–
	Чорнове точіння	12,5	14	14	1,15	1,15	21,25	21,25	Z_1
7	Заготовка	25	16	16	3,6	3,6	34	34	–
	Чорнове точіння	12,5	14	14	1,15	1,15	18	18	Z_2
	Напівчистове точіння	6,3	11	11	0,29	0,29	10	10	Z_3
	Чистове точіння	3,2	8	8	0,072	0,072	6	6	Z_4
15	Заготовка	25	16	16	3,6	3,6	34	34	–
	Чорнове точіння	12,5	14	14	1,15	1,15	18	18	Z_5
	Напівчистове точіння	6,3	11	11	0,29	0,29	10	10	Z_6
	Чистове точіння	3,2	8	8	0,072	0,072	6	6	Z_7
17	Заготовка	25	16	16	3,6	3,6	34	34	–
	Чорнове точіння	12,5	14	14	1,15	1,15	34	34	Z_8
22	Заготовка	160	16	16	3,6	3,6	34	34	
	Чорнове точіння	12,5	14	14	1,15	1,15	18	18	Z_9
	Напівчистове точіння	6,3	11	11	0,29	0,29	10	10	Z_{10}

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Продовження таблиці 2.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Чистове точіння	3,2	8	8	0,072	0,072	6	6	Z ₁₁
34	Заготовка	25	16	16	3,6	3,6	21,25	21,25	–
	Чорнове точіння	12,5	14	14	1,15	1,15	21,25	21,25	Z ₁₂

3.2.7.3 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Послідовності обробки поверхонь розробляється на підставі стандартної послідовності представленої в таблицях раніше.

Таблиця 2.15 – Послідовність переходів при обробці поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість, Ra	Точність IT	Допуск T	Припуск t	Міжопераційний розмір з допуском
1	2	3	4	5	6	7
16 Ø240 (мм), Ra 12,5	Заготовка	25	16	3600	17	257±5
	Чорнове точіння	12,5	14	1150	17	240 _{-1,15}
18 Ø220(мм), Ra 1,6	Заготовка	25	16	3600	20	Ø 240±5
	Чорнове точіння	12,5	14	1150	8	Ø232 _{-1,15}
	Напівчистове точіння	6,3	11	290	6	Ø226 _{-0,29}
	Чистове точіння	3,2	8	72	4	Ø222 _{-0,072}
	Тонке точіння	1,6	6	29	2	220 ^{+3,000} _{+0,004}
19 Ø220h6 (мм), Ra 1,6	Заготовка	25	16	3600	20	Ø 240±5
	Чорнове точіння	12,5	14	1150	8	Ø232 _{-1,15}
	Напівчистове точіння	6,3	11	290	6	Ø226 _{-0,29}
	Чистове точіння	3,2	8	72	4	Ø222 _{-0,072}
	Тонке точіння	1,6	6	29	2	Ø220 _{-0,029}
14 Ø200k6 (мм), Ra 1,6	Заготовка	25	16	3600	20	Ø 220±5
	Чорнове точіння	12,5	14	1150	8	Ø212 _{-1,15}

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5	6	7
	Напівчистове точіння	6,3	11	290	6	$\varnothing 206_{-0,29}$
	Чистове точіння	3,2	8	72	4	$\varnothing 202_{-0,072}$
	Тонке точіння	1,6	6	29	2	$\varnothing 200^{+0,033}_{+0,0040}$
23 $\varnothing 200k6$ (мм), Ra 1,6	Заготовка	25	16	3600	40	$\varnothing 240 \pm 5$
	Чорнове точіння	12,5	14	1150	18	$\varnothing 222_{-1,15}$
	Напівчистове точіння	6,3	11	290	10	$\varnothing 212_{-0,29}$
	Чистове точіння	3,2	8	72	7	$\varnothing 205_{-0,072}$
	Тонке точіння	1,6	6	29	5	$\varnothing 200^{+0,033}_{+0,0040}$
13 $\varnothing 195$ (мм), канавка Ra 3,2	Чистове точіння	3,2	8	72	2,5	$\varnothing 220_{-0,072}$
24 $\varnothing 195$ (мм), канавка Ra 12,5	Чистове точіння	3,2	8	72	2,5	$\varnothing 220_{-0,072}$
9 $\varnothing 180$ (мм), Ra 12,5	Заготовка	25	16	3600	40	$\varnothing 220 \pm 5$
	Чорнове точіння	12,5	14	1150	40	$\varnothing 220_{-1,15}$
8 $\varnothing 180h6$ (мм), Ra 1,6	Заготовка	25	16	3600	40	$\varnothing 220 \pm 5$
	Чорнове точіння	12,5	14	1150	18	$\varnothing 202_{-1,15}$
	Напівчистове точіння	6,3	11	290	10	$\varnothing 192_{-0,29}$
	Чистове точіння	3,2	8	72	7	$\varnothing 185_{-0,072}$
	Тонке точіння	1,6	6	25	5	$\varnothing 180_{-0,025}$
3 $\varnothing 160h6$ (мм), Ra 1,6	Заготовка	25	16	3600	20	$\varnothing 180 \pm 4$
	Чорнове точіння	12,5	14	1000	8	$\varnothing 172_{-0,1}$
	Напівчистове точіння	6,3	11	250	6	$\varnothing 166_{-0,25}$
	Чистове точіння	3,2	8	63	4	$\varnothing 162_{-0,063}$
	Тонке точіння	1,6	6	25	2	$\varnothing 160_{-0,025}$

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5	6	7
6 Ø160js6 (мм), Ra 1,6	Заготовка	25	16	3600	20	Ø180±4
	Чорнове точіння	12,5	14	1000	8	Ø172 _{-0,1}
	Напівчистове точіння	6,3	11	250	6	Ø166 _{-0,25}
	Чистове точіння	3,2	8	63	4	Ø162 _{-0,063}
	Тонке точіння	1,6	6	25	2	Ø160±0,0125
27 Ø150h6 (мм), Ra 1,6	Заготовка	25	16	3600	20	Ø170±4
	Чорнове точіння	12,5	14	1000	8	Ø162 _{-1,0}
	Напівчистове точіння	6,3	11	250	6	Ø156 _{-0,25}
	Чистове точіння	3,2	8	63	4	Ø152 _{-0,063}
	Тонке точіння	1,6	6	25	2	Ø150 _{-0,025}
29 Конусність Ø140–Ø 120 (мм), Ra 1,6	Заготовка	25	16	3600	30	Ø170±4
	Чорнове точіння	12,5	14	1000	12	Ø158 _{-1,0}
	Напівчистове точіння	6,3	11	250	8	Ø150 _{-0,025}
	Чистове точіння	3,2	8	63	6	Ø144 _{-0,063}
	Тонке точіння	1,6	6	25	4	Ø140 _{-0,063}
32 Ø94(мм), канавка Ra 12,5	Заготовка	25	16	3600	76	Ø170±4
	Чистове точіння	3,2	8	63	76	Ø140 _{-0,063}
11 M200×3–6g, Ra 3,2	Заготовка	25	16	3600	20	Ø220±4
	Чорнове точіння	12,5	14	1150	9	Ø211 _{-1,15}
	Напівчистове точіння	6,3	11	290	6	Ø205 _{-0,29}
	Нарізання різьби	3,2	6	29	5	M200×3–6g
25 M200×3–6g, Ra 3,2	Заготовка	25	16	3600	40	Ø240±4
	Чорнове точіння	12,5	14	1150	20	Ø220 _{-1,15}
	Напівчистове точіння	6,3	11	290	15	Ø205 _{-0,29}
	Нарізання різьби	3,2	6	29	5	M200×3–6g
33 M100×4–6g, Ra 3,2	Заготовка	25	16	3600	70	Ø170±4
	Чорнове точіння	12,5	14	870	50	Ø120 _{-0,87}
	Напівчистове точіння	6,3	11	220	16	Ø104 _{-0,22}
	Нарізання різьби	3,2	6	22	4	M100×4–6g

					КНУ.КМР.131.25.1–14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5	6	7
2 M36–H7, Ra 3,2	Свердління Ø31,8 та зняти фаску	6,3	12	250	31,8	Ø31,8 ^{+0,25}
	Нарізання різьби	3,2	7	–	1	M36–H7
35 12(мм), Ra 12,5	Фрезерування шпонкового пазу	12,5	14	43	12	Ø96 ^{+0,5}
12 16(мм), Ra 6,3	Фрезерування шпонкового пазу	6,3	11	43	5	Ø195 ^{+0,2}
30 32N9(мм), Ra 3,2	Фрезерування шпонкового пазу	3,2	9	62	25	Ø119 ^{+0,2}
4,5 40H9(мм), Ra 3,2	Фрезерування шпонкового пазу	3,2	9	62	13	Ø147 _{–0,3}
20,21 50P9(мм), Ra 3,2	Фрезерування шпонкового пазу	3,2	9	62	14	Ø206 ^{+0,3}
1,34 L=2431(мм) , Ra 12,5	Заготовка	25	16	3600	42,5	2473,5±12,5
	Фрезерувати торці	12,5	14	4400	42,5	2431 _{–4,4}
15 L=1525(мм) , Ra 3,2	Заготовка	25	16	3600	34	1559 ± 10
	Чорнове точіння	12,5	14	3100	18	1541 _{–3,1}
	Напівчистове точіння	6,3	11	780	10	1525 _{–0,78}
	Чистове точіння	3,2	8	195	6	1525 _{–0,195}
10 L=1400(мм) , Ra 3,2	Чистове точіння	3,2	8	195	5	1400 _{–3,1}
17 L=841(мм), Ra 6,3	Заготовка	25	16	3600	34	875 ± 10
	Чорнове точіння	12,5	14	2300	28	847 _{–2,3}
	Напівчистове точіння	6,3	11	560	6	841 _{–0,56}

					КНУ.КМР.131.25.1–14.02.ТПВВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			

Продовження таблиці 2.15

1	2	3	4	5	6	7
22 L=515(мм), Ra 3,2	Заготовка	25	16	3600	34	549 ± 10
	Чорнове точіння	12,5	14	1750	18	$531_{-0,44}$
	Напівчистове точіння	6,3	11	440	10	$521_{-0,110}$
	Чистове точіння	3,2	8	110	6	$515_{-0,110}$
7 L=370(мм), Ra 3,2	Заготовка	25	16	3600	34	404 ± 10
	Чорнове точіння	12,5	14	1400	18	$386_{-0,36}$
	Напівчистове точіння	6,3	11	360	10	$376_{-0,089}$
	Чистове точіння	3,2	8	89	6	$370_{-0,089}$
26 L=350(мм), Ra 3,2	Чорнове точіння	12,5	14	1400	11	$354_{-1,4}$
	Чистове точіння	3,2	8	89	6	$350_{-0,089}$
28 L=250 (мм), Ra 3,2	Чистове точіння	3,2	8	89	6	$250_{-0,072}$
31 L=50 (мм), Ra 3,2	Чистове точіння	3,2	8	89	6	$50_{-0,039}$

					КНУ.КМР.131.25.1-14.02.ТПВВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

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

З урахуванням кількості і змісту раніше передбачених технологічних методів обробки поверхонь обираємо типи металорізального інструментів. Дані заносимо в табл. 4.1. Ескіз обробки деталі на операцію зображений на рис. 3.1.

Вихідні дані:

Деталь – вал

Операція – фрезерна з ЧПК

Верстат – фрезерний з рухомим столом CORREA XPERTA 25 (рис. 3.2).

Таблиця 3.1 – Вибір різального інструменту

№ позиції	Найменування інструменту
T01	Кінцева фреза фірми SECO з державкою: R220.69-0050.0-0-0-0AN; та пластиною: XOMX 090308TR-ME06MP2500;

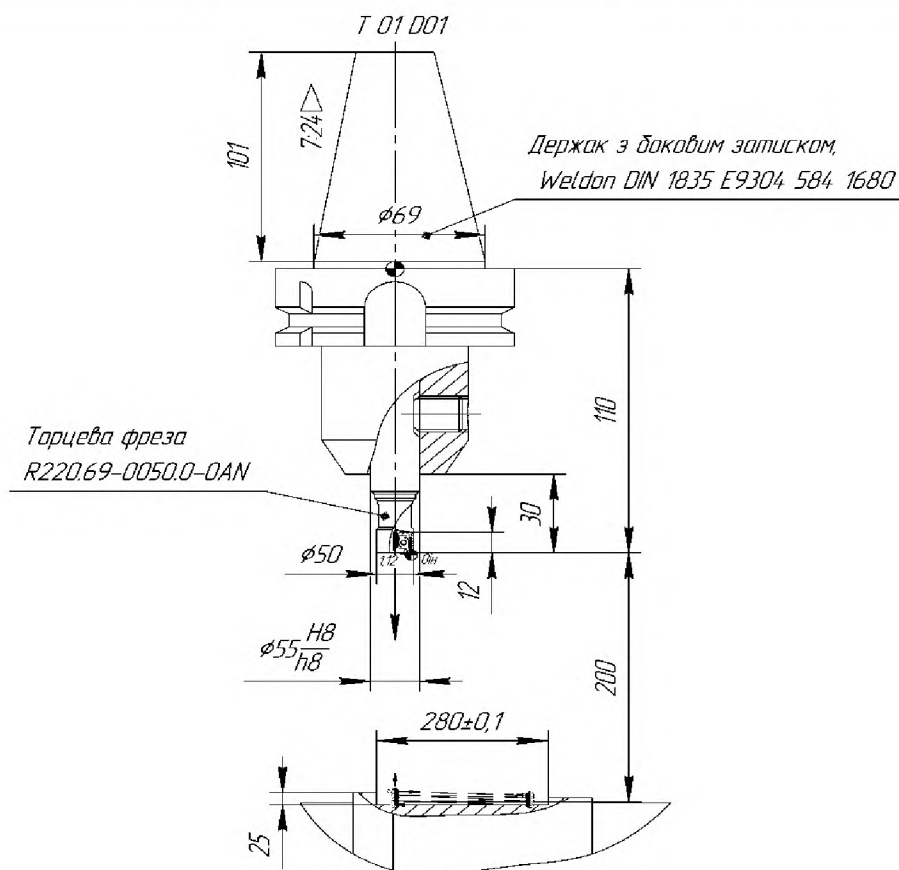


Рисунок 3.1 – Ескіз обробки деталі

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.МПОМО		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Моделювання та програмування операцій механічної обробки		
Розроб.	Середа						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечасев						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд фрезерного верстата CORREA XPERTA 25

Підготовка керуючої програми для горизонтального фрезерного верстату моделі CORREA XPERTA 25 з пристроєм ЧПК Sinumerik 840D.

Основні технічні характеристики верстата CORREA XPERTA 25

Розміри робочого столу: 2800 × 1000 мм.

Макс. навантаження на столі: ~6 500 кг.

Ходи осей: X = 2 500 мм, Y = 1 000 мм, Z = 1 000 мм.

Швидкість подач (макс.): X/Y/Z – до 25 м/хв.

Шпиндель: конус ISO-50, програмована швидкість 4 000.

Потужність до ≈24 кВт, максимальний момент – до 840 Нм.

Вага: 16т.

Систему координат зобразимо на рисунку 3.3. В таблиці 3.3 представлене кодування технологічної інформації.

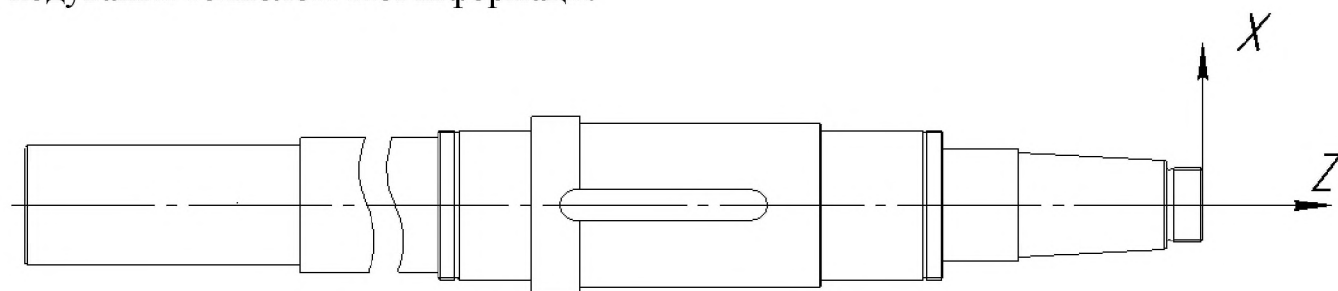


Рисунок 3.3 – Система координат

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Інструментальні переходи

№	Інструментальний перехід	Інструмент	Позиція	R, мм	l, мм	Z, мм	n, об ⁻¹	S, мм/об	Коректор
1	Фрезерувати паз B=50	Фреза SECO R220/69-0050.-0AN	T01	280	122	20	800	0,24	D01

Таблиця 3.3 – Кодування технологічної інформації

№	Інструмент	n, мм/об	S, мм/об	Функція частот обертання S	Функція подачі F
1	T01	800	0,24	S800	F0,24

Таблиця 3.4 – Координати точок

Інструмент	Точка	X	Y	Z	i	J
Фреза	13	0	0	-35	—	—
	14	-750	0	-35	-650	0
	15	-1735	0	-14	—	—
	16	-2095	0	-14	-2045	0

Таблиця 3.5 – Фрагмент керуючої програми для виконання технологічних переходів для

Номер кадру	Код програми	Пояснення
N001	G92 X0 Y0	Завдання системи координат
N002	G90 G00 Z265 T01 M06	Завдання в абсолютних, інструмент T01, зміна інструмента
N003	S1080M03	Пуск обертання шпинделя за годинниковою стрілкою
N004	G99 G80 X0 Y380Z-60 R200 F0,3	Завдання циклу фрезерування та параметрів точки 1, завдання подачі Повернення до рівня точки R.

3.2 Візуалізація та перевірка керуючих програм

Окремо для токарної операції, яка виконується на токарному верстаті з ЧПК HAAS ST-55 проведемо візуалізацію та перевірку керуючих програм. Загальний вид верстата показано на рис. 3.5, а його характеристики наведено в табл. 3.6.

Верстат Haas ST-55 – це горизонтальний токарний центр з числовим програмним керуванням, розрахований на важку обробку. Має велику “пропускну” порожнину шпинделя, що дозволяє обробляти товсті прутки або труби. Завдяки жорсткій конструкції, двошвидкісній трансмісії та високому крутному моменту шпинделя підходить для серйозних токарних робіт, включно з грубим зняттям матеріалу.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.6 – Ключові технічні параметри Haas ST-55

Параметр	Значення
Максимальний діаметр обробки, мм	876
Максимальна довжина обробки (Z-вісь), мм	2032
Хід осі X, мм	432
Хід осі Z, мм	2032
Швидкість подач (max rapid) X, м/хв	18,0
Швидкість подач (max rapid) Z, м/хв	8,1
Потужність шпинделя, кВт	41
Максимальні обороти шпинделя, об/хв	1000
Максимальний крутний момент, Н·м	5762
Внутрішній діаметр шпинделя, мм	318
Патрон шпинделя	A1-20
Револьверна головка, позицій	12
Охолоджувальна рідина (резервуар), л	360
Повітря для роботи мінімальний тиск, бар	~5,5
споживання, л/хв	~113
Вага верстата, кг	~14 062



Рисунок 3.4 – Верстат Haas ST-55

На токарному верстаті з ЧПК HAAS ST-55 використовується система керування Haas. Керувальний код для виконання токарних операцій генерується у програмному середовищі Autodesk FeatureCAM. Під час опрацювання вихідних даних і побудови траєкторій інструмента була створена та перевірена відповідна керувальна програма. Послідовність етапів її розроблення у FeatureCAM подано на рисунках 3.5-3.10.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

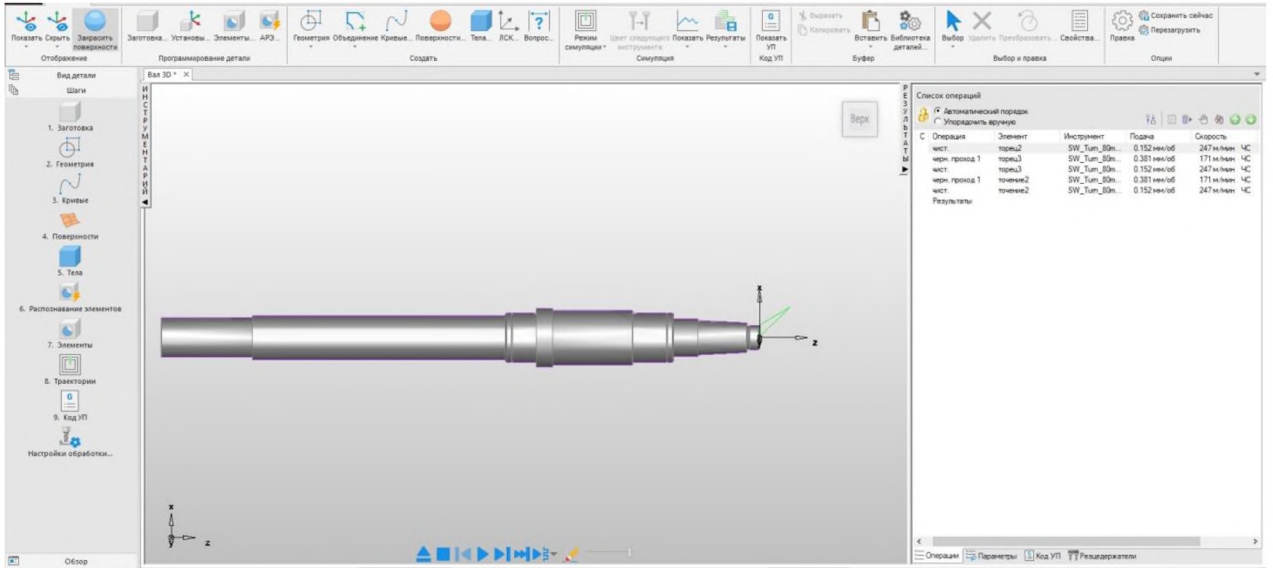


Рисунок 3.5 – Об’ємна модель валу в Autodesk FeatureCAM

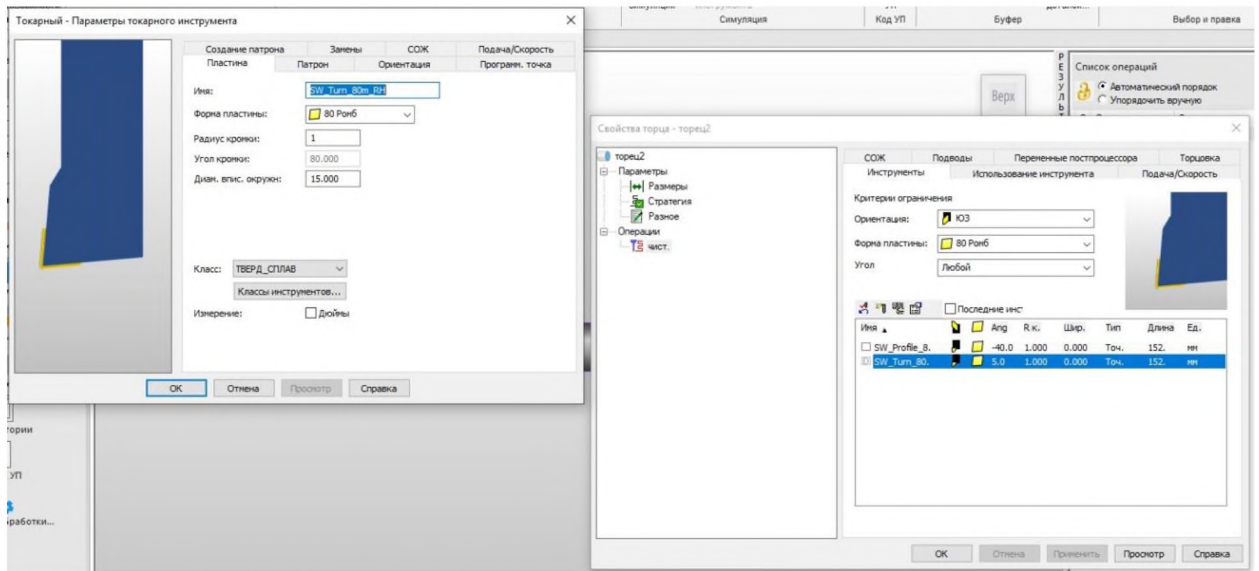


Рисунок 3.6 – Обраний металорізальний інструмент

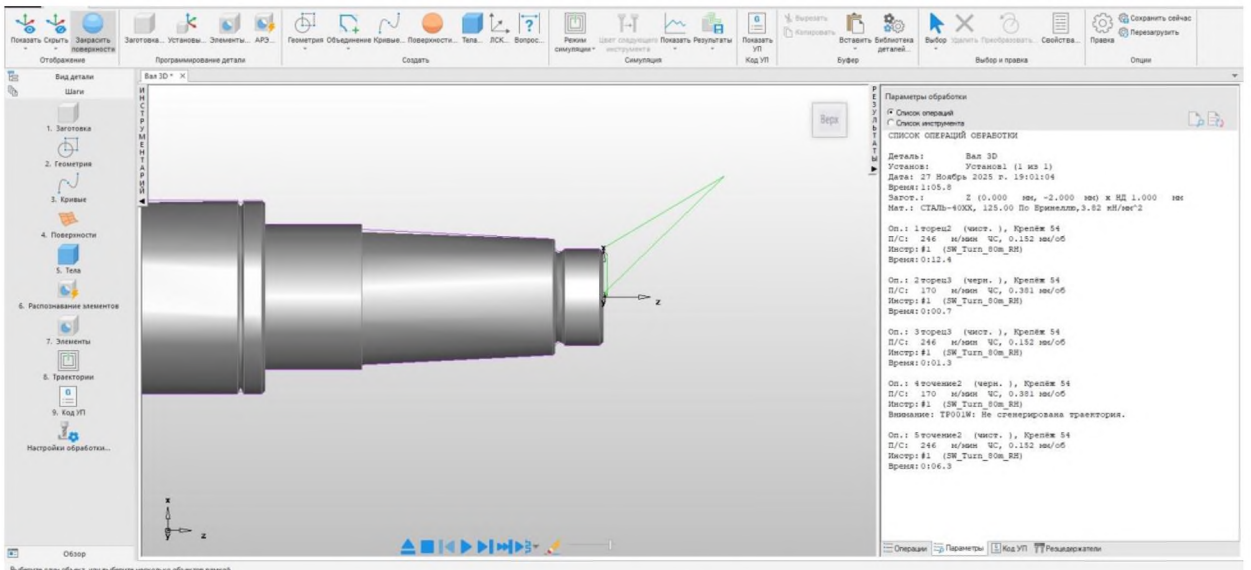


Рисунок 3.7 – Операції обробки валу

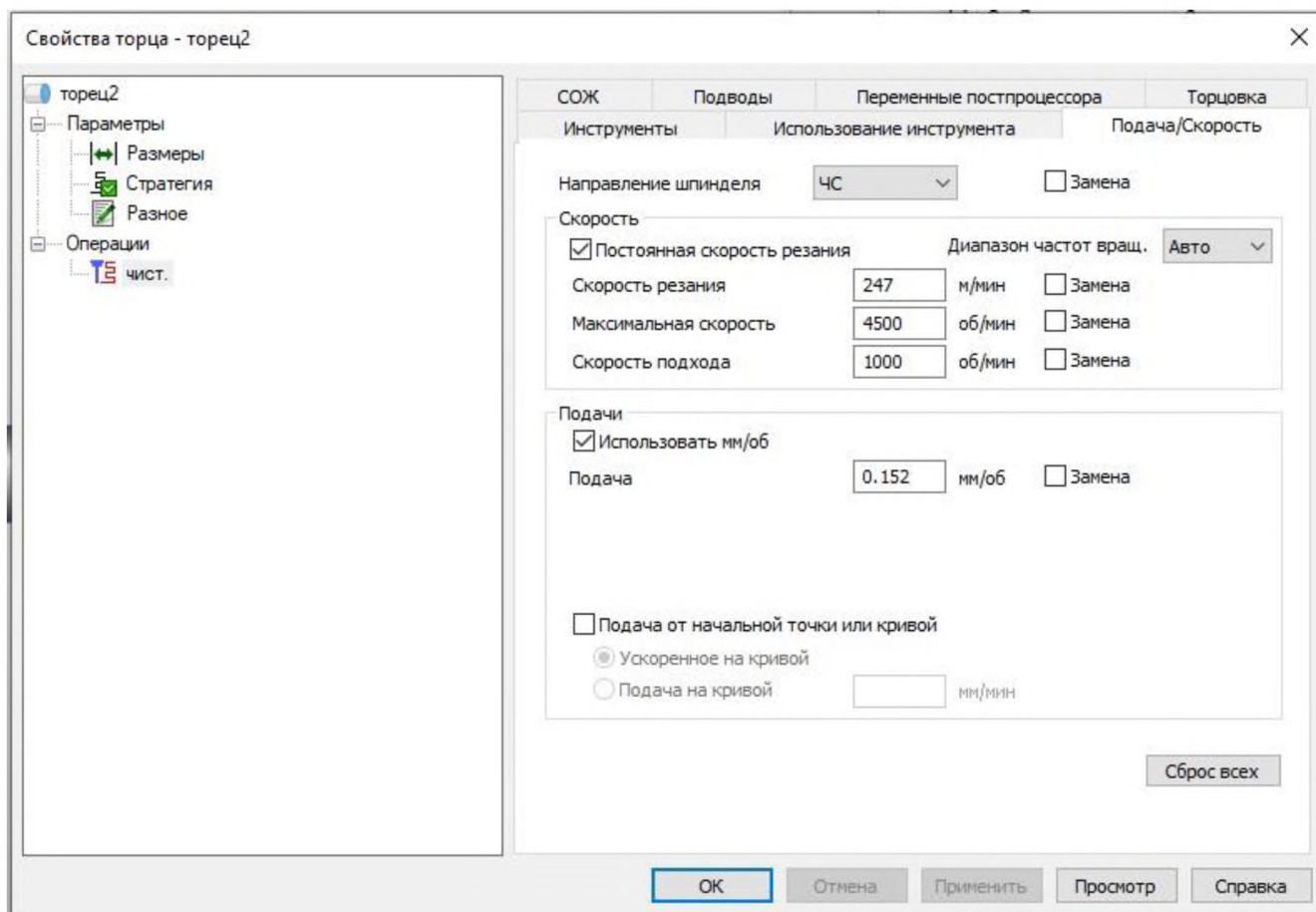


Рисунок 3.8 – Обрані режими різання

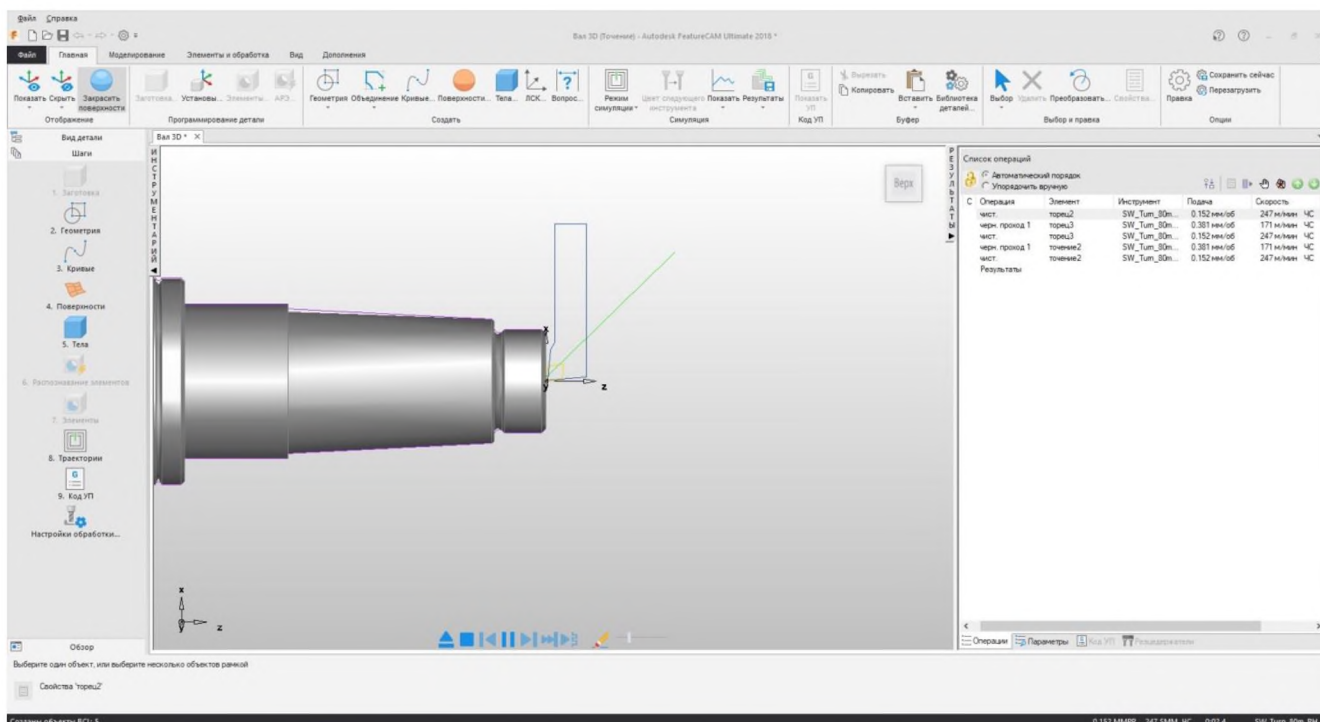


Рисунок 3.9 – Симуляція обробки деталі – підрізання торцю

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

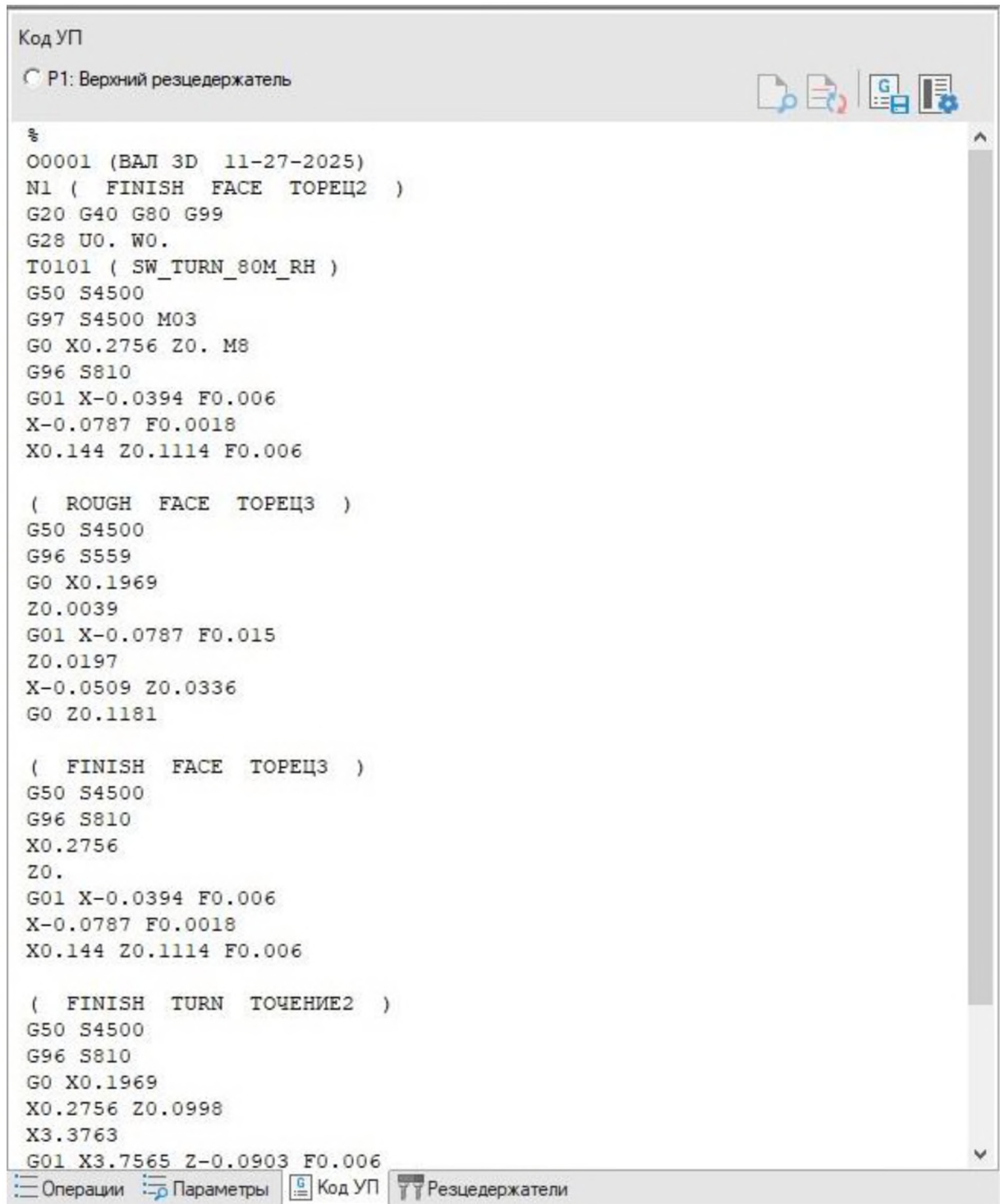


Рисунок 3.10 – Отримана КП

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

4.1 Проектування верстатного пристосування

4.1.1 Технічне завдання

Спроектувати універсально-складальний пристрій на фрезерування пазів ШПОНКОВИХ.

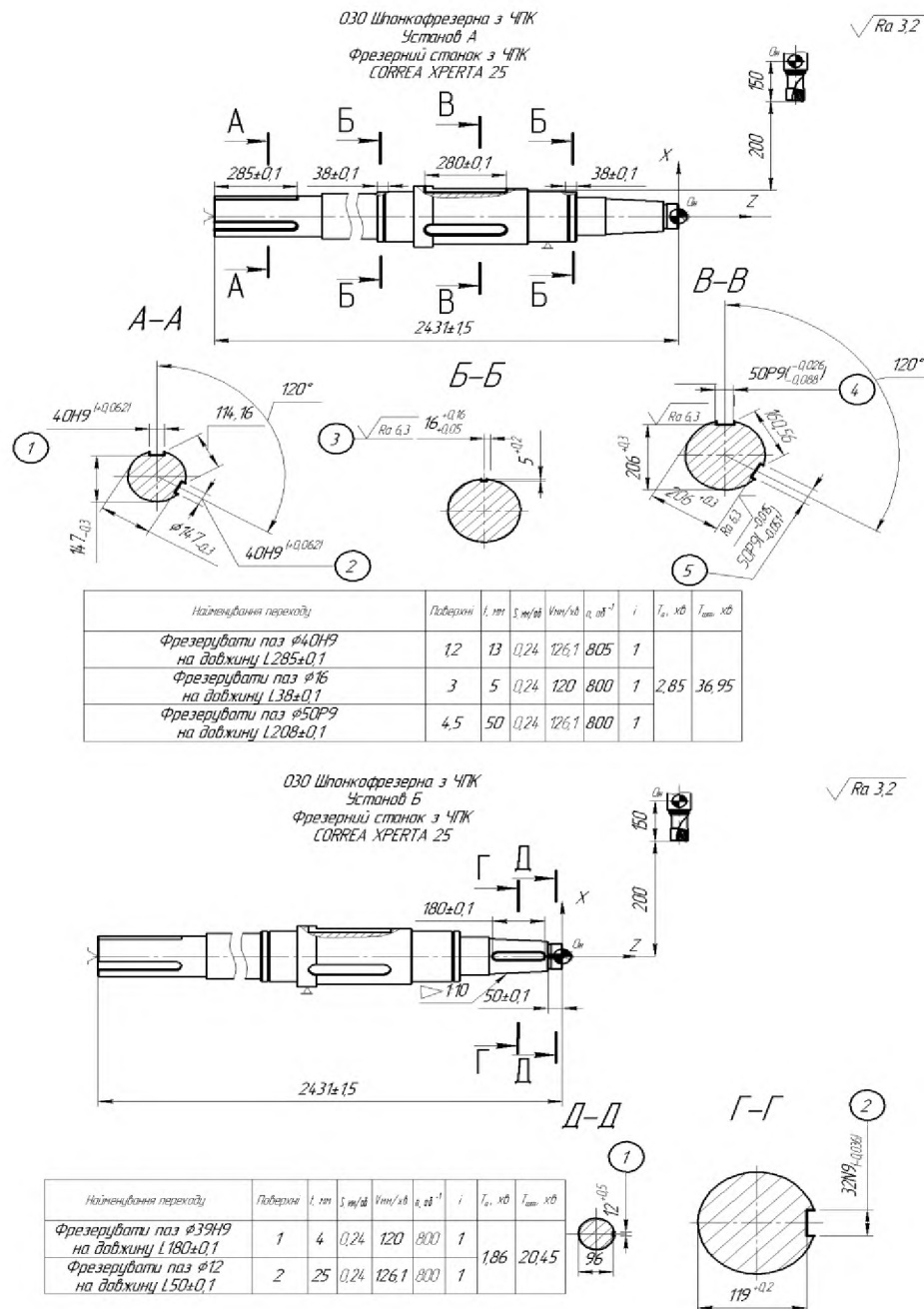


Рисунок 4.1 – Ескізи операцій

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.КПВ		
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	Конструкторська підготовка виробництва		
Розроб.	Середя						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

Для розрахунку режимів різання й нормування технологічних операцій візьмемо фрезерну обробку.

Вихідні дані:

Деталь – вал;

Матеріал – сталь 30ХМ ДСТУ 7806:2015;

Вид обробки – фрезерування шпонкового пазу;

Операція – фрезерна;

Верстат – фрезерний верстат з рухомим столом CORREA XPERTA 25



Рисунок 4.2 – Загальний вигляд верстату

Таблиця 4.1 – Технічна характеристика фрезерного верстата CORREA XPERTA 25

Технічні характеристики	XPERTA 25
Розміри столу, м	2.8x1.
Максимальне навантаження на стіл, т	6.5
Поздовжнє переміщення столу, м	2.5
Поперечне переміщення столу, мм	1000
Вертикальне переміщення столу, мм	1000
Швидке переміщення столу по осях XYZ, м / хв	20
Конус шпинделя	ISO 50
Програмована швидкість шпинделя, хв-1	4000
Максимальна потужність шпинделя, кВт	22
Максимальний обертовий момент, Нм	286 - 840
Вага верстата, т	16,4

Інструмент – фреза фірми SECO з державкою: R220.69-0050.0-0AN; та пластиною: ХОМХ 090308TR-МЕ06 MP2500;

Визначаємо значення подачі на зуб згідно. Для нашого випадку подача на зуб буде рівною: $S_z = 0,24 \left(\frac{\text{мм}}{\text{зуб}} \right)$.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Визначаємо швидкість різання, для деталі «вал» за формулою:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} \cdot K_v \quad (4.1)$$

Значення коефіцієнту C_v та показників ступені знаходимо згідно [5, с. 286, табл. 39], а періоду стійкості згідно [5, с. 290, табл. 40]. Значення цих коефіцієнтів буде дорівнювати: $C_v = 12$; $q = 0,3$; $x = 0,3$; $y = 0,25$; $u = 0$; $p = 0$; $m = 0,26$; $T = 80$ (хв.).

Знаходимо значення коефіцієнту K_v за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \quad (4.2)$$

Значення коефіцієнтів що входять у формулу будуть дорівнювати: $K_{nv} = 0,8$; $K_{uv} = 1$. А значення коефіцієнту K_v знаходимо за формулою:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} \quad (4.3)$$

Значення коефіцієнту n_v та K_r знаходимо згідно [5, с. 262, табл. 2]. У нашому випадку ці коефіцієнти будуть дорівнювати: $n_v = 1$; $K_r = 0,95$. Тоді коефіцієнт K_{mv} буде дорівнювати:

$$K_{mv} = 0,95 \cdot \left(\frac{750}{590} \right)^1 = 1,20$$

Знаходимо значення коефіцієнту K_v :

$$K_v = 1,20 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,08$$

Припуск t , який нам треба зняти дорівнює 14 (мм).

Беручи до уваги усі знайдені коефіцієнти, швидкість різання буде дорівнювати:

$$v = \frac{12 \cdot 50^{0,3}}{80^{0,26} \cdot 50^{0,3} \cdot 0,24^{0,25} \cdot 50^0 \cdot 50^0} \cdot 1,08 = 126,17 \text{ (м/хв)}$$

Частоту обертів шпинделя визначаємо за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (4.4)$$

Звідси частота обертів буде дорівнювати:

$$n = \frac{1000 \cdot 126,17}{3,14 \cdot 50} = 803,63 \text{ (об/хв)}$$

Приймаємо частоту обертів $n = 805$ (об/хв).

Знаходимо сили різання:

Окружну силу різання знаходимо за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} \quad (4.6)$$

де z – число зубів фрези, яке дорівнює 5;

n – частота обертання фрези, яка дорівнює 805 (об/хв.).

Значення коефіцієнту C_p , та показників ступені вибираємо згідно [5, с. 291]. Записуємо значення цих коефіцієнтів: $C_p = 12,5$; $x = 0,85$; $y = 0,75$; $u = 1$; $q = 0,73$; $w = -0,13$.

Поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу K_{mp} , знаходиться за формулою:

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (4.7)$$

Значення коефіцієнту n знаходимо згідно [5, с. 264, табл. 9]. У нашому випадку цей коефіцієнт дорівнює 0,75. Тоді коефіцієнт K_{mp} буде дорівнювати:

$$K_{mp} = \left(\frac{590}{750} \right)^{0,75} = 0,59$$

Беручи до уваги усі знайдені коефіцієнти, окружна сила буде дорівнювати:

$$P_z = \frac{10 \cdot 12,5 \cdot 3^{0,85} \cdot 0,24^{0,75} \cdot 50^1 \cdot 5}{50^{0,73} \cdot 805^{-0,13}} \cdot 0,59 = 689(\text{кН})$$

Знаходимо усі інші складові сил різання згідно [5, с. 292, табл. 42]:

$$\frac{P_h}{P_z} = 0,4 \Rightarrow P_h = 0,4 \cdot 689 = 275,6 (\text{Н})$$

$$\frac{P_v}{P_z} = 0,9 \Rightarrow P_v = 0,9 \cdot 689 = 620,1 (\text{Н})$$

$$\frac{P_y}{P_z} = 0,35 \Rightarrow P_y = 0,35 \cdot 689 = 241,15 (\text{Н})$$

$$\frac{P_x}{P_z} = 0,5 \Rightarrow P_x = 0,5 \cdot 689 = 344,4 (\text{Н})$$

Визначаємо обертовий момент за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} \quad (4.8)$$

Звідси обертовий момент дорівнює:

$$M_{кр} = \frac{689 \cdot 50}{2 \cdot 100} = 172,25 (\text{Н} \cdot \text{м})$$

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} \quad (4.9)$$

Звідси потужність різання дорівнює:

$$N_e = \frac{689 \cdot 126,17}{1020 \cdot 60} = 1,42 (\text{кВт})$$

Розрахункова потужність значно менше потужності верстату, яка складає 60 (кВт), що свідчить про правильний вибір верстату.

Визначаємо хвилинну подачу за формулою:

$$S_M = S_z \cdot z \cdot n \quad (4.10)$$

Звідси хвилинна подача буде дорівнювати:

$$S_M = 0,24 \cdot 5 \cdot 805 = 966 (\text{мм/хв})$$

Розраховуємо основний машинний час обробки за формулою:

$$T_o = \frac{l_0 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3}{S_M} \quad (4.11)$$

$l_0 = 280$ мм – довжина обробленої поверхні,

$l_1 = 5$ мм – довжина підводу інструмента,

$l_2 + l_3 = 50 + 5 = 55$ мм – довжина врізання та перебігу інструмента

де: $L_{p.x.}$ – довжина робочого ходу інструмента, яка у нашому випадку дорівнює 280(мм).

Отже основний час буде дорівнювати:

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{280 + 5 + 55}{966} = 0,35$$

Знаходимо допоміжний час T_v за формулою:

$$T_v = T_{y.c} + T_{z.o} + T_{y.n} + T_{i.z} \quad (4.12)$$

де: $T_{y.c}$ – час на установку та зняття деталі, який дорівнює 4,5 (хв.);

$T_{z.o}$ – час на закріплення та відкріплення деталі, який дорівнює 0,46 (хв.);

$T_{y.n}$ – час на прийоми керування, який дорівнює 1,53 (хв.);

$T_{i.z}$ – час на вимір деталі, який дорівнює 0,21 (хв.).

Отже допоміжний час буде дорівнювати:

$$T_v = 4,5 + 0,46 + 1,53 + 0,21 = 6,7(\text{хв.})$$

Знаходимо оперативний час за формулою:

$$T_{op} = T_o + T_v \quad (4.13)$$

Звідси оперативний час буде дорівнювати:

$$T_{op} = 0,35 + 6,7 = 7,05(\text{хв.})$$

Час на обслуговування робочого місця знаходимо за формулою:

$$T_{обсл} = T_{op} \cdot 8\% \quad (4.14)$$

Звідси час на обслуговування робочого місця буде дорівнювати:

$$T_{обсл} = 7,05 \cdot 0,08 = 0,564(\text{хв.})$$

Час на відпочинок знаходимо за формулою:

$$T_{отд} = T_{op} \cdot 6\% \quad (4.16)$$

Звідси, час на відпочинок буде дорівнювати:

$$T_{отд} = 7,05 \cdot 0,06 = 0,423(\text{хв.})$$

Знаходимо штучний час за формулою:

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обсл} + T_{отд} \quad (4.17)$$

Звідси штучний час буде дорівнювати:

$$T_{шт} = 0,35 + 6,7 + 0,564 + 0,423 = 8,037(\text{хв.})$$

Знаходимо штучно-калькуляційний час за формулою:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} \quad (4.18)$$

де n – розмір партії деталі, і складає 350 (шт.);

$T_{п-з}$ – підготовчо-заклучний час на партію, який знаходиться за формулою:

$$T_{п-з} = T_{п-з 1} + T_{п-з 2} + T_{п-з 3} \quad (4.19)$$

де $T_{п-з 1}$ – норма часу на організаційну підготовку, і в нашому випадку вона дорівнює 12 (хв.);

$T_{п-з 2}$ – норма часу на додаткові прийоми, які не увійшли у $T_{п-з 1}$, і дорівнює 8 (хв.);

$T_{п-з 3}$ – час пробної обробки деталі, який дорівнює 9,5 (хв.). Тоді підготовчо-заклучний час буде дорівнювати

$$T_{п-з} = 12 + 8 + 9,5 = 29,5(\text{хв.})$$

Звідси штучно-калькуляційний час буде дорівнювати:

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$T_{ш-к} = \frac{29,5}{350} + 8,037 = 8,121(\text{хв.})$$

4.1.2 Аналіз схеми базування деталі

Виконуємо аналіз технологічних баз:

При виконанні даної механічної операції обробки пазів установчою базою являється поверхні центрові отвори деталі, які позбавляють деталь шести ступенів вільності. Деталь має повну схему базування, та залишається шести ступеней вільності.

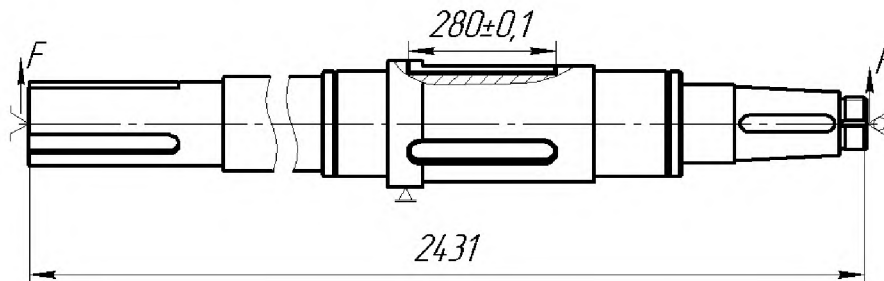


Рисунок 4.3 – Схема базування деталі

Вибираємо установчі елементи спеціального пристрою

Вибір здійснюємо згідно схеми базування.

Настановні деталі: центр; центр обертаючий.

4.1.3 Розрахунок похибки базування

Згідно схеми базування виконуємо розрахунок дійсного значення похибки базування.

$$\varepsilon_{\sigma} = IT_{ц}, \quad (4.19)$$

де: $IT_{ц}$ – допуск на діаметр центрального отвору;

$IT_{ц} = 0,03\text{мм}$

$$\varepsilon_{\sigma} = 0,03 = 0,03 \text{ мм,}$$

4.1.4 Розробка схеми закріплення

На підставі засобу базування деталі і розміщення установчих елементів, визначаємо місце накладання сил затиску деталі та розраховуємо величину сили затиску. Величину сил затиску визначаємо в залежності від сили різання та її моменту, які діють на деталь при свердлуванні отворів.

Схему закріплення деталі приводимо на рисунку 4.4.

Складаємо рівняння рівноваги всіх моментів відносно вісі деталі, що діють на деталь під час обробки.

$$\sum M_0 = 0$$

$$F_{мп} \cdot tg\beta + \varphi_1 = \frac{K\sqrt{Mkp^2 - P_0 \cdot D}}{2 \cdot l^2 \frac{tg(\beta \cdot \varphi(3l/\alpha)tg\phi^2)}{tg(\beta \cdot \varphi)}}$$

$$F_{мп} = Wf$$

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

де β – кут між утворюючим кутом центра задньої бабки та віссю супорта,
 φ_1 – кут тертя на поверхні конуса центра,
 φ_2 – кут тертя на поверхні пінолі,
 l – відстань від середини центрального гнізда до середини пінолі,
 α – довжина пінолі.

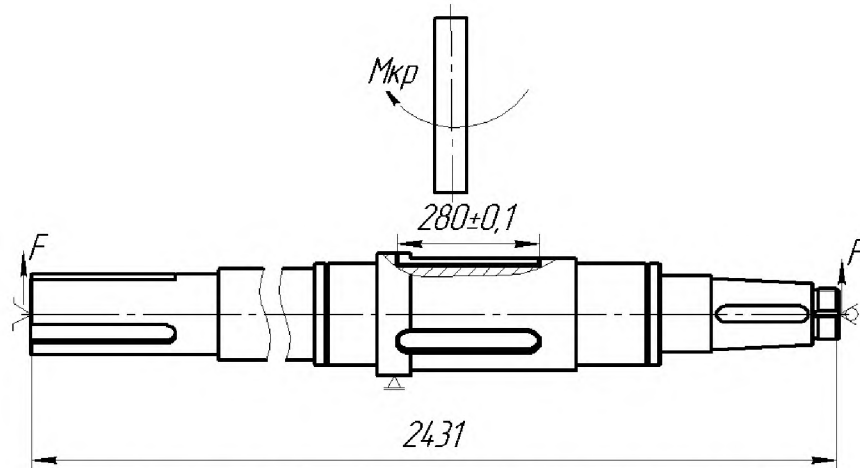


Рисунок 4.4 – Схема закріплення деталі

4.1.5 Вибір конструкції затискного механізму

Закріплення заготовки в пристрою при механічній обробці виконуємо за рахунок зусилля. Затиск здійснюється гвинтовим затискачем, що передається через маховик задньої бабки.

Визначимо вихідне зусилля.

Приймаємо довжину плеча маховика 100мм.

$$Q = \frac{W \cdot r_{ct} \cdot tg[\alpha + \varphi]}{L}, \text{ Н} \quad (4.20)$$

$$Q = \frac{W \cdot r_{ct} \cdot tg12^\circ \cdot [\alpha + \varphi]}{100} = 0,735 \text{ Н}$$

4.1.6 Вибір чи проектування базових та допоміжних елементів пристрою

Вибираємо допоміжні елементи пристрою. До них відносяться:

- передня та задня бабки,
- болт – ДСТУ ГОСТ 26- 2037 -96: d = M22мм,
- болт – DIN 444: d = M22мм,
- гайка – DIN 555: d = M22 мм;
- гайка – DIN 935: d = M22мм;

4.1.7.Визначення похибки розташування пристрою на верстаті

Згідно паспортним даним верстата засіб встановлення пристрою здійснюється на стіл верстата за допомогою двох бабок, точність встановлення яких здійснюється за допомогою пальців циліндричних. Закріплення здійснюється гвинтовими затискачами.

Визначаємо похибку розташування пристрою на верстаті.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Посадковим місцем для установки центрових бабок на верстаті є стіл. Установка пристрою на верстаті забезпечуються направляючими пальцями, що вводяться Т-подібний паз столу.

Конструктивні параметри пальця $B = 22g7$

Конструктивні параметри Т-подібного пазу $a = 22H8$

Установка пристрою буде здійснюватися з деякою похибкою, яка включає:

$\delta_{p.n.}$ – похибка розташування пристрою на верстаті

$$\delta_{p.n.} = \frac{l \cdot S_{max}}{l_{un}}, \quad (4.21)$$

де l – довжина оброблювальної деталі, $l = 3,5$ мм;

S_{max} – максимальний зазор у сполученнях поверхонь, що базують,

$$S_{max} = \frac{ES_{наза} - ei_{un}}{2} = \frac{0,033 + 0,029}{2} = 0,031 \text{ мм}$$

$$\delta_{p.n.} = 0,00008 \text{ мм.}$$

$\delta_{n.o.}$ – похибка взаємного розташування в пристрою його опорних елементів і посадкових поверхонь; похибка складає $(1/3 \dots 1/5)T$ допуску розміру опорних елементів.

$T = 0,01 \dots 0,025$ мм на 100 мм довжини

$$\delta_{n.o.} = \frac{1}{4} \cdot 0,01 = 0,0025 \text{ мм.}$$

4.1.8 Розрахунок на точність верстатного пристрою

Розраховуємо точність верстатного пристрою.

Визначаємо складові сумарної похибки при розрахунку точності верстатних пристроїв. Сумарна похибка пристрою розраховується за формулою 4.22

При обробці заготовок у пристроях на налаштованих верстатах можна виділити наступні незалежні основні складові похибки:

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_{\delta}^2 + \delta_{p.n.}^2 + \delta_{n.p.}^2 + \delta_z^2 + \delta_{n.n.}^2 + \delta_{zn}^2} \quad (4.22)$$

де δ_{δ} - похибка базування заготовки в верстатному пристрої

$$\delta_{\delta} = 0,03 \text{ мм.}$$

$\delta_{p.n.}$ - похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті

$$\delta_{p.n.} = 0,00008 \text{ мм.}$$

$\delta_{n.p.}$ – похибка взаємного розташування у верстатному пристрої опорних елементів (пластин) з базовими поверхнями деталей;

$$\delta_{n.p.} = \frac{1}{4} \cdot T, \quad (4.23)$$

де T – допуск на розмір 100 мм, $T = 0,1$ мм

$$\delta_{n.p.} = \frac{1}{4} \cdot 0,1 = 0,025 \text{ мм}$$

δ_z - похибка закріплення заготовки в пристрої;

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$\delta_z = 0$$

Похибка зносу установчих елементів;

$$\delta_{\text{зн}} = 0.$$

K – коефіцієнт, який враховує відділення розсіювання значень складових величин закону нормального розподілу. $K = 1,2$

Отже, сумарна похибка пристрою

$$\delta_{\Sigma} = 1,2 \cdot \sqrt{0,00008^2 + 0,03^2 + 0,025^2} = \text{мм.}$$

Отже, універсально-складальний пристрій буде забезпечувати задану точність обробки, сумарна похибка пристрою не перевищує допуск.

4.2 Вибір інструментів і пристосувань для контролю деталі

Вибір засобів контролю здійснюємо з урахуванням допустимої похибки. Контрольний прилад вибираємо на порядок точніше, ніж вимоги визначені на робочому кресленні деталі. Вимога до співвісності отворів $\varnothing 45H9$ (мм) та $\varnothing 22$ (мм) не повинна перевищувати 0,08 мм. Обираємо індикатор Kaefer FM1000SW (1МИГ) який схематично зображений на рис. 4.5.

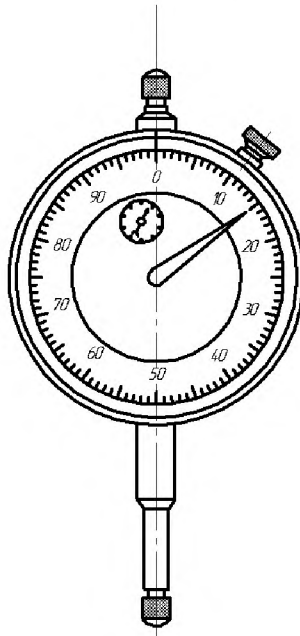


Рисунок 4.5 – Індикатор Kaefer FM1000SW (1МИГ)

Характеристики даного індикатора заносимо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Характеристики індикатора Kaefer FM1000SW (1МИГ)

Найменування механізму	Тип головки	Ціна поділки	Діапазон вимірювання	Похибка, мкм	
				вся	уч-ок
Kaefer FM1000SW (1МИГ)	Повздовжня багатооборотна	0,001	0-1	2,5	2,0

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Заданий індикатор встановлюємо у індикаторну стійку типу Ш-ПН. Згідно кресленню валу конструкторською, технологічною та вимірювальною базою являється вісь, тому деталь у пристосуванні встановлюється в центрах, які належать правій та лівій стійкам (2) та (3) (Рисунок 5.5). Стійки встановлені на столі верстату(1).

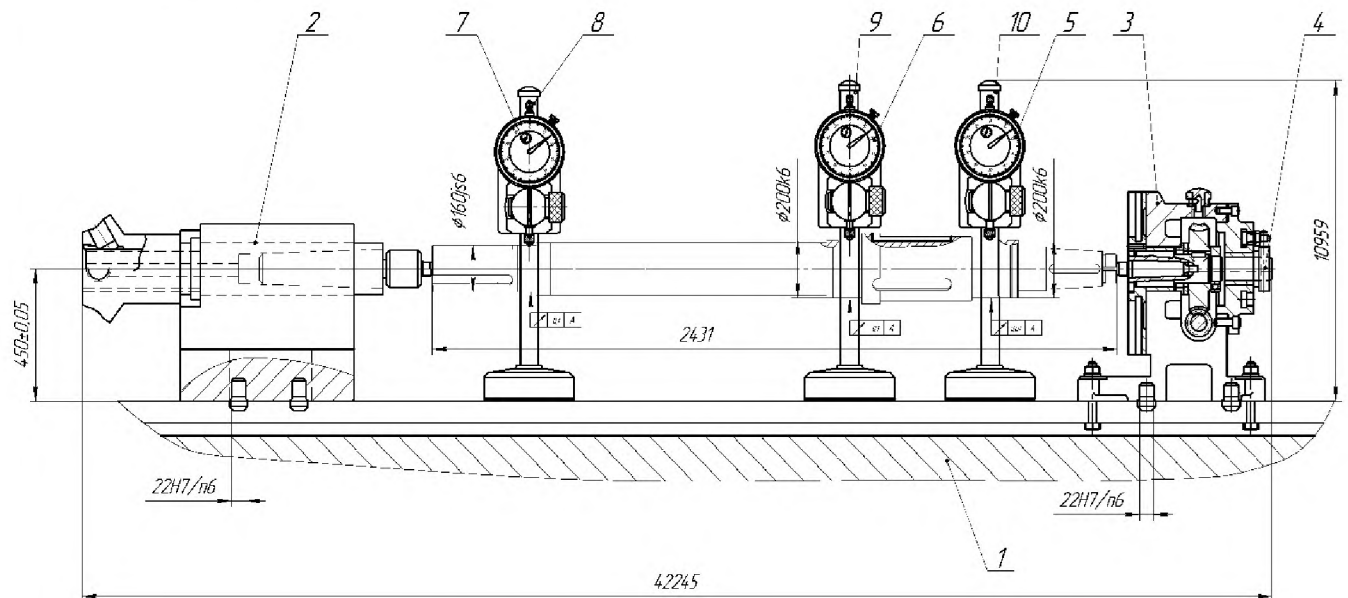


Рисунок 4.6 – Схема контрольного пристосування

Стійка (2) закріплена стаціонарно, а права стійка 3 має можливість переміщуватися по пазу за допомогою шпонки. Окрім того, центр правої стійки повинен переміщуватися на $15 \div 20$ (мм) за допомогою рукоятки (4) для зміни деталі. Індикатори (5 – 8) краще встановлювати у державках, які закріплені на індикаторних стійках (8,9,10) з магнітною основою. Індикатори (5,6,7) напряду вимірюють радіальне биття. Вимірювання валу виконується при настроюванні індикаторів на нуль, з натягом у один оберт при плавному повороті деталі на 360° в ручну. Індикатори знаходяться у середній частині поверхні. Різниця найбільшого і найменшого показників дасть величину биття поверхонь.

Розраховуємо точність пристосування.

Спершу виконуємо розрахунок допустимої похибки вимірювання для радіального биття поверхні розміром: $\varnothing 200k6$.

$$[\Delta] = 0,3 \cdot 0,013 = 0,0039 \text{ (мм)}$$

У якості вимірювального пристрою обираємо головку 05205 з ціною поділу $C = 0,002$ (мм), погрішністю вимірювання $\Delta_{\text{и}} = 0,0005$ (мм).

Розраховуємо точність пристосування за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{у.з.}} + \sqrt{\Delta_{\text{сл}}^2 + \Delta_{\text{ин}}^2} \quad (4.24)$$

де: $\Delta_{\text{у.з.}}$ – похибка установочних елементів, яка являє собою співвідношення лівої та правої стійок;

$\Delta_{\text{сл}}$ – випадкові похибки;

$\Delta_{\text{ин}}$ – похибка інструменту.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.КПВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

Випадкова похибка буде складати п'ять процентів від радіального биття, тобто:

$$\Delta_{\text{сл}} = 0,05 \cdot 0,008 = 0,0004 \text{ (мм)}$$

Похибка інструменту складає 0,0005 (мм).

Точність пристосування повинна забезпечити допустиму погрішність, тобто:

$$[\Delta] = \Delta_{\Sigma} = 0,0039 \text{ (мм)}$$

Значить згідно формулі (4.1) похибка установочних елементів буде дорівнювати:

$$\Delta_{\text{у.з.}} = \Delta_{\Sigma} - \sqrt{\Delta_{\text{сл}}^2 + \Delta_{\text{ин}}^2}$$

Отже:

$$\Delta_{\text{у.з.}} = 0,0039 - \sqrt{0,0004^2 + 0,0005^2} = 0,00326 \text{ (мм)}$$

Однак, таку похибку пристосування повинне забезпечити при вимірюванні індикатором 6, який знаходиться на відстані 450 (мм) від лівої стійки (прийнятий початок відліку). А права знаходиться на відстані 2431 (мм). Допустима не співвісність осей лівої та правої стійок $\Delta_{\text{п.с}}$ знаходимо виходячи із розрахункової схеми на рисунку 4.6.

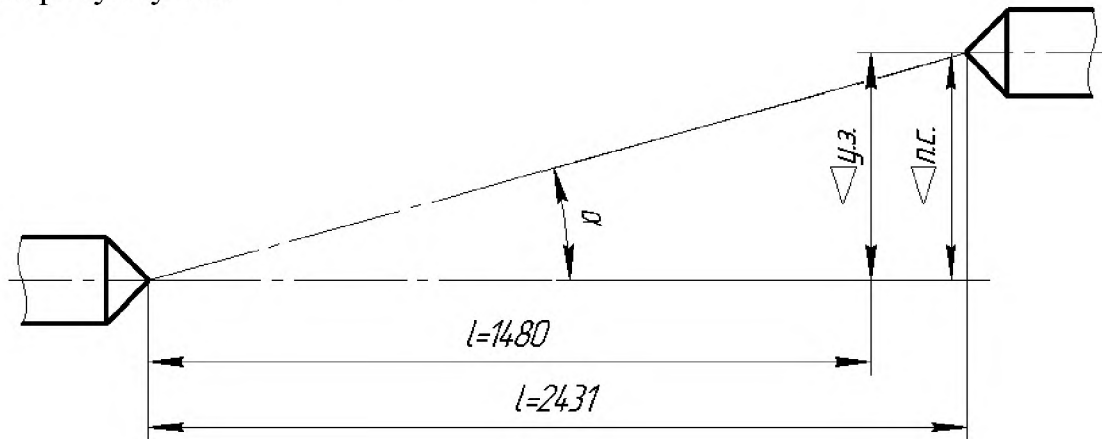


Рисунок 4.6 – Розрахункова схема пристосування

Звідси впливає співвідношення:

$$\frac{\Delta_{\text{п.с}}}{201} = \frac{\Delta_{\text{у.з}}}{188}$$

Отже допустима не співвісність буде дорівнювати:

$$\Delta_{\text{п.с}} = \frac{3431 \cdot 0,00326}{1480} = 0,0075 \text{ (мм)}$$

На полі креслення робимо запис: «Відхилення від співвісності осей лівої та правої бабок не більше 0,0035 мм».

					КНУ.КМР.131.25.1-14.04.КПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Промислова будівля має прямокутну форму, довжиною 204м, ширина цеху 172м. Кількість колон в довжину 14, в ширину 12. Шаг колон складає 14м. Цех має один поверх, висотою 16,8м та має 8 прольотів. Будівля кранова із світлоаероційними ліхтарями.

В магістерській роботі деталь вал взята з «ПрАТ Арселор Міттал». На заводі виготовляють деталь в кількості 300 штук. В проектування цеху для обробки деталі обираємо верстати: TOS WRD 150 Q; HAAS ST-55; CORREA XPERTA 25.

Таблиця 5.1 – Початкові дані для проектування

Найменування деталі	Річна програма випуску, шт./рік	$T_{шт.к.}$, хв.	Кількість однотипних деталей, що оброблюються в цеху	Габарит і вага деталі
Вал	300	241,82	300	Ø240L=2431мм; m=489,3 кг

№ опер.	Найменування операції	Обладнання (тип, модель)	T _{пк} , хв.
005	Горизонтально-розточна	TOS WRD 150 Q	22,55
010;015;020;025	Токарна з ЧПК	HAAS ST-55	161,87
030	Фрезерна	CORREA XPERTA 25	57,4

Таблиця 5.3 – Характеристика верстатів.

Модель верстата	Габаритні розміри $L \times B \times H$, мм	Вага, кг	Енергоємність кВт
TOS WRD 150 Q	16000×11500×6757	42000	60
HAAS ST-55	6400×2400×1900	14000	41
CORREA XPERTA 25	6800×4000×2850	16400	22

					КНУ.КМР.131.25.1-14.05.0ЕПВ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Середа			Організаційно- економічна підготовка виробництва		Літ.	Арк.	Аркциф
Перевір.		Рязанцев							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
					Каф. ТМ, гр. ПМ-24м				

5.1.2 Розрахунок трудомісткості деталі

Розрахунок трудомісткості виготовлення деталі проводиться за формулою:

$$T_p = T_{\text{шк}} \cdot N \quad (5.1)$$

де $T_{\text{шк}}$ – штучно-калькуляційний час операції, хв.;

N – програма запуску, шт.;

Розраховуємо трудомісткість виготовлення для кожної операції:

$$T_{p.005} = T_{\text{шк.005}} \cdot N_{\text{зап}} = 22,55 \cdot 300 = 6765 \text{ (хв.)} = 112,75 \text{ (год.)};$$

$$T_{p.010;015;020;025} = T_{\text{шк.010;015;020;025}} \cdot N_{\text{зап}} = 161,68 \cdot 300 = 48504 \text{ (хв.)} = 808,4 \text{ (год.)};$$

$$T_{p.030} = T_{\text{шк.030}} \cdot N_{\text{зап}} = 54,4 \cdot 300 = 16320 \text{ (хв.)} = 272 \text{ (год.)}$$

Отримані розрахунки трудомісткості виготовлення деталі, заносимо у таблицю у таблицю 6.4.

Таблиця 5.4 – Розрахунки трудомісткості виготовлення деталі

Модель верстата	Операція	$T_{\text{шк}}$ (хв.)	T_p (год.)
1	2	3	4
WRD150(Q)-MAGNA 2	005	22,55	112,75
CA630Ф3	010;015;020;025	161,68	808,4
CORREA XPERTA 25	030	54,4	272

5.1.3 Визначення складу і кількості основного технологічного устаткування

5.1.3.1 Розрахунок кількості основного технологічного устаткування

Виконується за формулою:

$$S_p = \frac{T_p}{F_d \cdot m \cdot \eta_z} \quad (5.2)$$

де F_d – річний дійсний фонд роботи обладнання ($F_d = 2030$);

m – кількість змін ($m = 1$);

η_z – нормований коефіцієнт навантаження ($\eta_z = 0,8$).

Розраховуємо кількість обладнання на кожну операцію.

Якщо розрахована кількість верстатів, дробове число, то прийнята кількість верстатів – це найбільше ціле число $S_{\text{п}}$.

$$S_{p005} = \frac{T_{p005}}{F_d \cdot m \cdot \eta_z} = \frac{112,75}{2030 \cdot 1 \cdot 0,8} = 0,069; S_{\text{п}005} = 1;$$

$$S_{p010;015;020;025} = \frac{T_{p010;015;020;025}}{F_d \cdot m \cdot \eta_z} = \frac{808,4}{2030 \cdot 1 \cdot 0,8} = 0,49; S_{\text{п}015} = 1;$$

$$S_{p030} = \frac{T_{p030}}{F_d \cdot m \cdot \eta_z} = \frac{272}{2030 \cdot 1 \cdot 0,8} = 0,16; S_{\text{п}035} = 1;$$

Загальна кількість верстатів:

$$S_y = \sum S_{\text{п}} = 1 + 1 + 1 = 3 \text{ (шт.)}.$$

5.1.3.2 Визначення коефіцієнту завантаження верстатів

$$\eta = \frac{S_p}{S_{\text{п}}} \cdot 100\% \quad (5.3)$$

					КНУ.КМР.131.25.1-14.05.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_{005} = \frac{S_{p005}}{S_{п005}} \cdot 100\% = \frac{0,069}{1} \cdot 100\% = 6,9\%$$

$$\eta_{010;015;020;025} = \frac{S_{p010;015;020;025}}{S_{п010}} \cdot 100\% = \frac{0,49}{1} \cdot 100\% = 49\%;$$

$$\eta_{030} = \frac{S_{p030}}{S_{п030}} \cdot 100\% = \frac{0,16}{1} \cdot 100\% = 16\%;$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 5.5, та будуємо графік завантаження основного технологічного обладнання (рис. 5.1).

Таблиця 5.5 – Кількість та коефіцієнт завантаження основного технологічного обладнання.

Модель верстата	T _p , год.	S _p	S _п	η, %
TOS WRD 150 Q	112,75	0,069	1	6,8
HAAS ST-55	808,4	0,49	1	49
CORREA XPERTA 25	272	0,16	1	16

Розраховуємо середній коефіцієнт завантаження:

$$\eta_{з.ср.} = \frac{6,8 + 49 + 16}{3} = 23,93\%$$

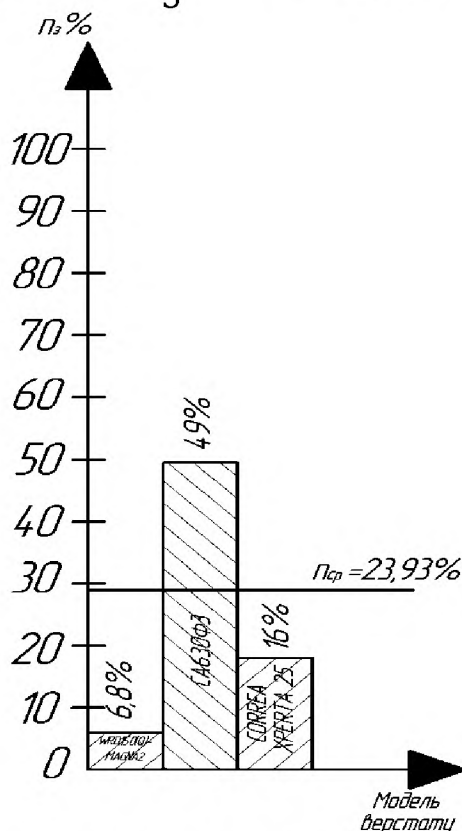


Рисунок 5.1 – Графік завантаження основного технологічного обладнання

5.1.4 Компонування і планування виробничих площ цеху

5.1.4.1 Визначення основної виробничої площі

Площа займаєними верстатами, укрупнено визначається, виходячи із кількості основного устаткування і його габаритів у плані. Верстати TOS WRD

					КНУ.КМР.131.25.1-14.05.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

150 Q, HAAS ST-55, CORREA XPERTA 25 відносяться до унікальних верстатів тому площу приймаємо $S = 110 \text{ м}^2$.

Площа, займана верстатами, укрупнено визначається виходячи з кількості основного устаткування і його габаритів у плані:

$$S = S_c \cdot n \quad (5.4)$$

де n – кількість верстатів, шт.;

S_c – площа займана верстатом, м^2 ; (питома площина для верстата та для його обслуговування, що складає для мілких верстатів $10...15 \text{ м}^2$, для середніх верстатів $15...25 \text{ м}^2$; для крупних $30...45 \text{ м}^2$ на один верстат, для унікальних верстатів 110 м^2).

Визначаємо площу, яку займають верстати:

$$S_{\text{WRD150(Q)-MAGNA 2}} = 110 \cdot 1 = 110 (\text{м}^2);$$

$$S_{\text{CA630Ф3}} = 110 \cdot 1 = 110 (\text{м}^2);$$

$$S_{\text{CORREA XPERTA 25}} = 110 \cdot 1 = 110 (\text{м}^2);$$

Звідси основна площа буде дорівнювати:

$$S_{\text{осн}} = \sum S = 110 + 110 + 110 = 330 (\text{м}^2)$$

5.2 Охорона праці та екологія виробництва

Виготовлення довгомірних деталей із легованих сталей займає важливе місце в сучасному машинобудуванні, зокрема у виробництві валів, штоків, тяг, осей та інших відповідальних елементів, що працюють під підвищеними навантаженнями. Водночас цей процес супроводжується низкою екологічних та техногенних ризиків, які потребують системного контролю. Саме тому питання екології виробництва й охорони праці у даній сфері набувають першочергового значення.

5.2.1 Екологічні аспекти технологічного процесу

Однією з головних екологічних проблем є викиди забруднюючих речовин, що супроводжують термічну та механічну обробку легованих сталей. На етапі нагріву заготовок у печах можливе виділення оксидів азоту, вуглецю та летких металевих сполук. Особливо це стосується сталей, легованих хромом, нікелем, молібденом чи ванадієм, компоненти яких можуть частково переходити у вигляді оксидів.

При механічній обробці довгомірних деталей головною екологічною небезпекою є утворення металевої стружки, а також аерозолів охолоджувально-мастильних рідин (ОМР). Стружка може містити залишки легуючих елементів і мастил, що робить її небезпечною для неконтрольованого захоронення. Аерозолі ОМР негативно впливають на повітря робочої зони, а їх некоректна утилізація призводить до забруднення ґрунтів та водних ресурсів.

Важливим аспектом є енергоспоживання виробництва. Оскільки виготовлення довгомірних деталей часто потребує масивного обладнання та тривалих циклів нагріву, підприємства повинні застосовувати енергоощадні печі, системи рекуперації тепла та оптимізувати режими роботи верстатів.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.05.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Сучасні підходи до екологізації включають:

- заміну традиційних ОМР на біорозкладні аналоги;
- впровадження замкнених систем очищення та повторного використання мастильних рідин;
- сортування і регенерацію стружки за допомогою пресування та відділення мастил;
- локальну фільтрацію повітря в зонах механічної обробки.

5.2.2 Охорона праці під час виготовлення довгомірних деталей

Виготовлення довгомірних металевих елементів пов'язане з підвищеним рівнем травмонебезпеки. Перш за все це обумовлено розмірами заготовок, складністю їх переміщення та фіксації. Працівники можуть зазнати травм при неправильному використанні вантажопідіймальних механізмів або при роботі з довгими деталями, що можуть мимовільно змінювати положення.

При обробці на токарних, фрезерних чи шліфувальних верстатах важливими ризиками є:

- контакт із рухомими частинами обладнання;
- викид стружки високої температури;
- вплив шуму та вібрації;
- аерозолі мастил.

Певну небезпеку становлять операції термообробки. Неправильне поводження з нагрітими заготовками або збій у роботі печей може призвести до опіків, пожеж чи вибухів. Підвищена концентрація продуктів згоряння також становить загрозу для здоров'я персоналу.

Для створення безпечних умов виробництва впроваджуються такі заходи:

- використання індивідуальних засобів захисту (захисні окуляри, термостійкі рукавиці, спецодяг, респіратори);
- застосування захисних кожухів та огорож на верстатах;
- обов'язкове встановлення витяжних та фільтраційних систем;
- регулярні інструктажі з охорони праці;
- маркування зон підвищеної небезпеки та чіткі правила роботи з вантажопідіймальним обладнанням;
- автоматизований контроль параметрів печей та систем аварійного зупинення.

Важливою складовою є ергономічна організація робочого місця, оскільки довгі деталі потребують стабільної опори, правильної фіксації та безпечного способу подачі й виводу з верстатів.

5.2.3 Інтеграція екологічних і безпекових підходів

Сучасне виробництво дедалі частіше орієнтується на підхід «безпечність + екологічність», що вимагає одночасного врахування впливу на довкілля і на працівника. Наприклад, встановлення замкнених систем циркуляції ОМР не лише скорочує витрати та зменшує забруднення, але й знижує концентрацію шкідливих парів у повітрі. Аналогічно, перехід на електричні печі з автоматизованим контролем зменшує як виробничі ризики, так і загальний рівень викидів.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.05.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Виготовлення довгомірних деталей із легованих сталей — складний технологічний процес, який потребує ретельного управління екологічним та техногенним впливом. Ефективність і безпечність такого виробництва залежать від поєднання сучасних технологій обробки, відповідальних екологічних рішень та високого рівня охорони праці. Тільки комплексний підхід дає змогу забезпечити не лише конкурентоспроможність продукції, а й сталий розвиток підприємства та збереження здоров'я працівників.

5.3 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведено економічний аналіз і визначено собівартість виготовлення деталі «Вал» за двома варіантами технологічної обробки. У рамках дослідження оцінено економічну ефективність модернізації виробничого процесу шляхом заміни застарілого обладнання (токарний верстат 1А64 та шліфувальний верстат 3М194) на сучасний токарний верстат з ЧПК HAAS ST-55.

Усі результати розрахунків, включно з визначенням строку окупності інвестицій, наведено в таблицях 5.6-5.9. Зокрема, у таблиці 5.6 подано вихідні дані, що слугували основою для наступних обчислень.

Таблиця 5.6 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	1А64	3М194	HAAS ST-55
<i>Деталь</i>			
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1000		1000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3		3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	112	35	161,9
Час наладки верстата, хв.	16	4	18
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту	5		5
	3	3	2
	3	3	5
	4		4
Кількість кадрів програми, шт.			425
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	18925		18925
Вартість комплексу спец. пристосувань $K_{пр}$, грн	50000	43000	70000
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	1,5	1	1

					КНУ.КМР.131.25.1-14.05.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 5.6

Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k_t	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.			8,9
Вартість розробки ПК $K_{пк}$, грн.			3782
Середньочасова зарплатня робітника, грн:			
верстатника $H_{ст}$	140	140	130
наладчика $H_{нал}$	140	125	140
наладчика інструмента $H_{ін}$	120	120	130
контролера H_k	115		115
Верстати			
Клас точності верстата	Н	Н	А
Маса верстата, т	11,4	5,8	14
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,825 x 2	5,12 x 2,2	6,4 x 2,4
Габарити пристрою ЧПК, м			0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК			HAAS
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{рц}$, років	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	41
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:			
механічної частини R_m	27,7	15,6	26,86
електротехнічної частини R_e	14	9,2	20,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d , шт	1	1	2
Оптова ціна верстата C , грн.	390000	685000	11945000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,7	0,2	0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	11,7	11,3	15,4
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.			0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата,			
механічної частини H_m	401	401	272
електротехнічної частини H_e	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	0	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	1,5	3
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3975	3975	3845

					КНУ.КМР.131.25.1-14.05.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 5.6

Виробничі та інші площі			
Вартість 1 м. кв. площі механічної Ц _{пл.зд} , грн	500		500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл. поб} , грн	1000		1000
що приходяться на одного робочого А _б , м.кв.	7		7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Н _{пл} , грн.	180	180	200

Таблиця 5.7 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	1A64	3M194	HAAS ST-55
Трудомісткість обробки Т _{шт} , год	550	583,3333	900
Час наладки верстата впродовж року Т _н , год	5,333333	1,333333	6
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Т _{н.ін} , год	0,00	13,48148	20,00
год	45,65	48,41667	74,7
Кількість верстатників Р _{ст} , чол. (розрах.)	0,30	0,31	0,24
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів Р _н , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0007	0,0032
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Р _{н.ін} , чол. (розрахункова)	0,0000	0,007248	0,01075
(дійсна)	0	1	1
Кількість контролерів Р _к , чол. (розрах.)	0,02	0,026	0,04
(дійсна)	1		1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК Р _{доп} , чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,12
(дійсна)	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	6		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,18	0,7354	0,25

					КНУ.КМР.131.25.1-14.05.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.8 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей																									
$C = I_3 + I_n + I_{in} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k$																									
де I_3 – зарплатня верстатника; I_n – зарплатня за наладку верстата; I_{in} – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; $I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; $I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання; $I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат; $I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень; I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; I_k – зарплатня контролера																									
<table><tr><td>C_1 на деталь =</td><td>365,74</td></tr><tr><td>C_2 на деталь =</td><td>302,45</td></tr></table>													C_1 на деталь =	365,74	C_2 на деталь =	302,45									
C_1 на деталь =	365,74																								
C_2 на деталь =	302,45																								
I_3	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k														
$C_1 =$	261478	+	1436,20	+	1617,78	+	0,00	+	34720	+	0	+	3088,80	+	3187,45	+	42000	+	7398,5	+	0	+	10817,67	=	365744,14
$C_2 =$	97234	+	1320,88	+	234,00	+	1260,67	+	26133,3	+	0	+	#####	+	3024,00	+	35000	+	3819	+	483,66	+	8590,50	=	302450,86

Капітальні вкладення споживача													
$K = K_б + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$													
де $K_б$ – балансова вартість верстата, грн; $K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.; $K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.; $K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.; $K_{пр}$ – вартість комплекту спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.													
	$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$							
$K_1 =$	631366	+	8854	+	42000	+	2623787	+	93000	+	0	=	3399008
$K_2 =$	2365110	+	4215	+	28000	+	1030116	+	70000	+	3782	=	3501222,87

Таблиця 5.9 – Показники приведених витрат, річного економічного ефекту та терміну окупності

Приведені витрати			
$Z_1 =$	$C_1 + E_n \cdot K_1$		
875595	365744	0,15	3399008
$Z_2 =$	$C_2 + E_n \cdot K_2$		
827634	302451	0,15	3501223
Річний економічний ефект			
$E =$	$Z_1 - Z_2$		
47961	875595	827634	
Строк окупності			
$T_{ок} =$	$(K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$		
1,61	3501223	3399008	365744 302450,9

					КНУ.КМР.131.25.1-14.05.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Результати дослідження показують, що заміна двох зношених верстатів на один продуктивний ЧПК-верстат дозволяє значно скоротити тривалість технологічного циклу. Проведення модернізації є економічно доцільним: прогнозований термін окупності складає 1,61 року, а річний економічний ефект становить 47 961 грн.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.05.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

ОСОБЛИВОСТІ 3D-ДРУКУ ДЕТАЛЕЙ НОЖИЦЬ ХОЛОДНОГО РІЗАННЯ FLEX-ФІЛАМЕНТАМИ

Сучасне машинобудування активно впроваджує адитивні технології, що дають змогу виготовляти деталі складної форми з різними фізико-механічними властивостями. Одним із перспективних напрямів є використання гнучких матеріалів (FLEX-філаментів), зокрема TPU (термопластичного поліуретану) та TPE (термопластичного еластомеру). У конструкціях ножиць холодного різання такі матеріали застосовуються переважно для створення еластичних, демпфуючих, захисних і ущільнювальних елементів.

6.1 Загальна характеристика ножиць холодного різання

Ножиці холодного різання призначені для механічного розрізання металів без нагріву, що дозволяє зберігати структуру й міцність оброблюваного матеріалу. Вони широко використовуються у металургії, машинобудуванні, суднобудуванні, ремонті обладнання та заготівельних цехах. Конструктивно такі ножиці складаються з корпусу, ріжучого вузла, приводу (гідравлічного або механічного), опор і направляючих.

FLEX-філаменти можна використовувати в конструкції та обслуговуванні ножиць холодного різання (рис. 6.1), а саме:

1. Демпфуючі та віброгасні елементи: підкладки між станиною та основою для зниження вібрацій; амортизуючі прокладки та буфери в зонах контакту рухомих частин (наприклад, упори ходу ножів); гнучкі демпфери для гідроциліндрів чи штовхачів.

FLEX (особливо TPU) добре поглинає коливання та удари, продовжуючи термін служби підшипників, напрямних та гідровузлів.

2. Ущільнення та захисні елементи: кожухи та чохла для направляючих, щоб захищати їх від стружки та пилю; ущільнювачі в гідравлічних з'єднаннях (як тимчасові або прототипні елементи); захисні накладки на ріжучі елементи під час обслуговування (для безпеки персоналу).

FLEX стійкий до мастил, мастил і не розтріскується при тривалій експлуатації.

3. Пристосування та оснащення: гнучкі фіксатори та тримачі для позиціонування заготовок; гумові обмежувачі ходу рухомих ножів чи упорів; гнучкі підкладки у затискачах, щоб не залишати слідів на металі при фіксації.

Друк дозволяє швидко виготовити функціональні деталі під конкретну модель ножиць без витрат на лиття або механічну обробку.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.06.КОЕПР					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Середа			Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно- наукових ресурсів			Літ.	Арк.	Аркциві
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								
						Каф. ТМ, гр. ПМ-24м				

4. Сервіс та ремонт: буфери, гумові заглушки, обмежувачі та тримачі кабелів; прототипи нових компонентів для перевірки конструкції перед серійним виробництвом.

Можна швидко роздрукувати запасні частини, навіть якщо оригінал знято з виробництва.

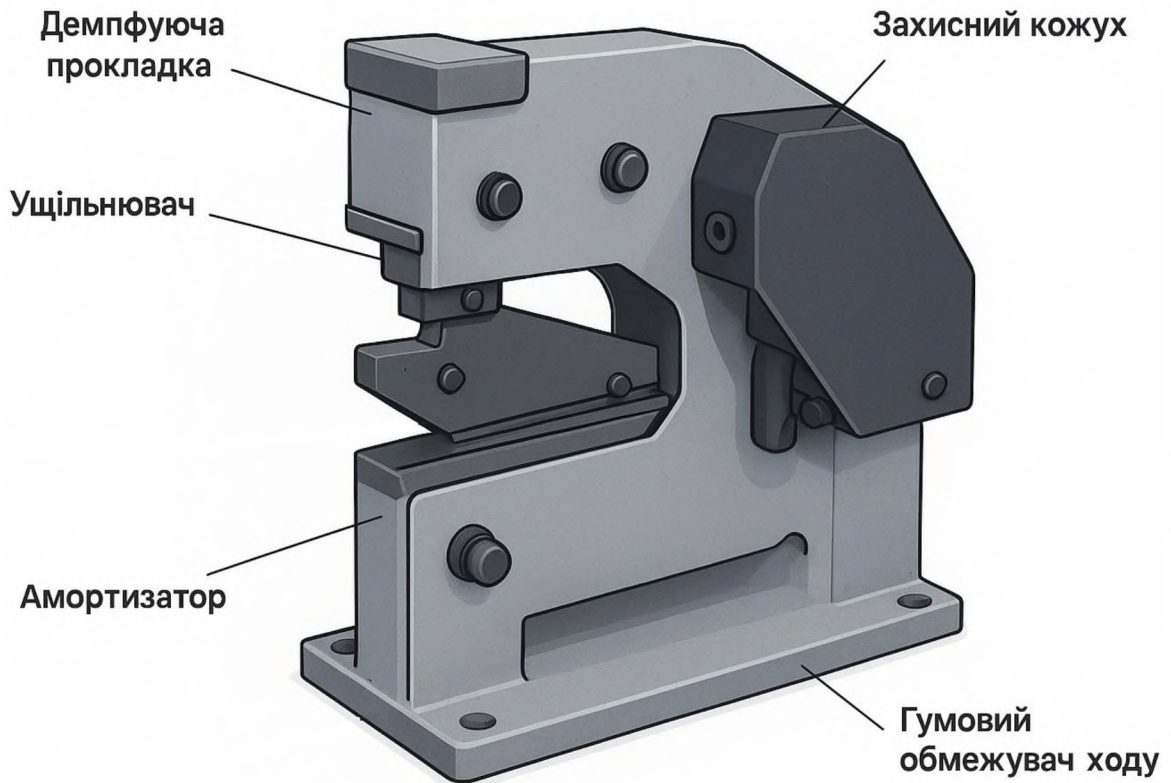


Рисунок 6.1 – Елементи ножиць холодного різання, які можуть бути виготовлені за допомогою FLEX-філаментів

6.2 Призначення FLEX-деталей у ножицях холодного різання

Flex – це найменування групи гнучких гумоподібних пластиків для 3D-друку, хоча часто можна зустріти катушки, де Flex вказується як самостійний вид матеріалу. Flex-пластики мають умовний поділ на TPE та TPU: TPE нагадує м'яку гуму, TPU – жорсткіший матеріал.

У процесі експлуатації обладнання піддається високим ударним і вібраційним навантаженням, впливу мастил, пилу, вологи. Тому використання гнучких елементів, надрукованих з FLEX-філаментів, забезпечує:

- поглинання вібрацій і шуму при роботі механізму;
- захист рухомих вузлів від потрапляння стружки та пилу;
- герметизацію з'єднань у гідравлічних і пневматичних системах;
- зменшення зносу металевих частин при контакті між ними;
- підвищення безпеки обслуговування завдяки гнучким кожухам і накладкам.

Приклади FLEX-компонентів наведені в таблиці 6.1.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.06.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Деталі, які можуть бути виготовлені з FLEX-філаментів

№	Назва деталі	Функція	Матеріал
1	Демпфуюча прокладка	Зменшення вібрацій між корпусом і станіною	TPU
2	Гумовий обмежувач ходу	Амортизація ударів при русі ножів	TPE
3	Захисний кожух	Закриває напрямні від пилу та стружки	TPU
4	Ущільнювач	Герметизація гідравлічних з'єднань	TPU
5	Гнучкий фіксатор	Утримання кабелів і шлангів	TPE

6.3 Особливості друку FLEX-філаментами

FLEX (TPU) – група еластичних полімерів для FDM-друку. Основними відмінними особливостями таких матеріалів є гнучкість та пружність із збереженням достатньої міцності.

Вироби з даного полімеру широко застосовуються в різних галузях промисловості: цивільної, військової, медичної тощо. Такий матеріал використовують для виготовлення елементів, що піддаються динамічному навантаженню на стиск або просторову деформацію.

Типові характеристики полімеру:

- щільність матеріалу: 1,18-1,25 г/см³;
- температура плавлення: від 200 до 250 °С;
- температура склування: від -10 до -50 °С;
- термостійкість: до температури 125-140 °С;
- стійкість до лужних та кислотних розчинів.

Переваги матеріалу:

- стійкість до високих температур із збереженням працездатності виробу;
- висока питома міцність матеріалу на розрив, стиск та кручення;
- нетоксичність;
- відсутність запаху під час друку;
- нечутливість до ультрафіолетового випромінювання;
- стійкість до різних масел;
- низька вартість;
- можливість переробки;
- широкий спектр функціонального застосування.

Недоліки матеріалу:

1. Складніший процес друку порівняно з ABS та іншими філаментами.
2. Гігроскопічність. З цієї причини слід зберігати матеріал у сухому місці, а перед установкою його в принтер необхідно просушити філамент шляхом повітряного обдуву.
3. Складнощі при фарбуванні та ґрунтуванні.

Оскільки FLEX-філаменти мають високу еластичність, необхідно враховувати певні обмеження та умови, пов'язані з процесом друку [15]. Насамперед, варто врахувати конструктивні особливості екструдера, а саме тип його з'єднання з механізмом подачі.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.06.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Основні характеристики FLEX-полімерів

№ з/п	Параметр	Значення
1	Міцність на розтяг уздовж шарів	17,5 – 40 МПа
2	Модуль пружності при розтязі уздовж шарів	60-80 МПа
3	Міцність на згин	3-6 МПа
4	Модуль пружності при згині	65-75 МПа
5	Максимальне навантаження на згин	4-10 Н
6	Максимальне навантаження на розтяг	360-700 МПа
7	Міцність на стиск	2-8 МПа
8	Модуль пружності при стиску	40-65 МПа
9	Максимальне навантаження на стиск	280-900 Н
10	Відносне подовження при розриві	400-650%

Існує два типи з'єднання (рис. 6.2) [14]:

1. Подача з розділеним приводом (Bowden) – варіант, коли нагрівальний елемент і робочий орган принтера з'єднані трубою, по якій подається розплавлений філамент.

2. Пряма подача (Direct) – варіант, коли робочий орган і нагрівальний елемент мають жорстке з'єднання.

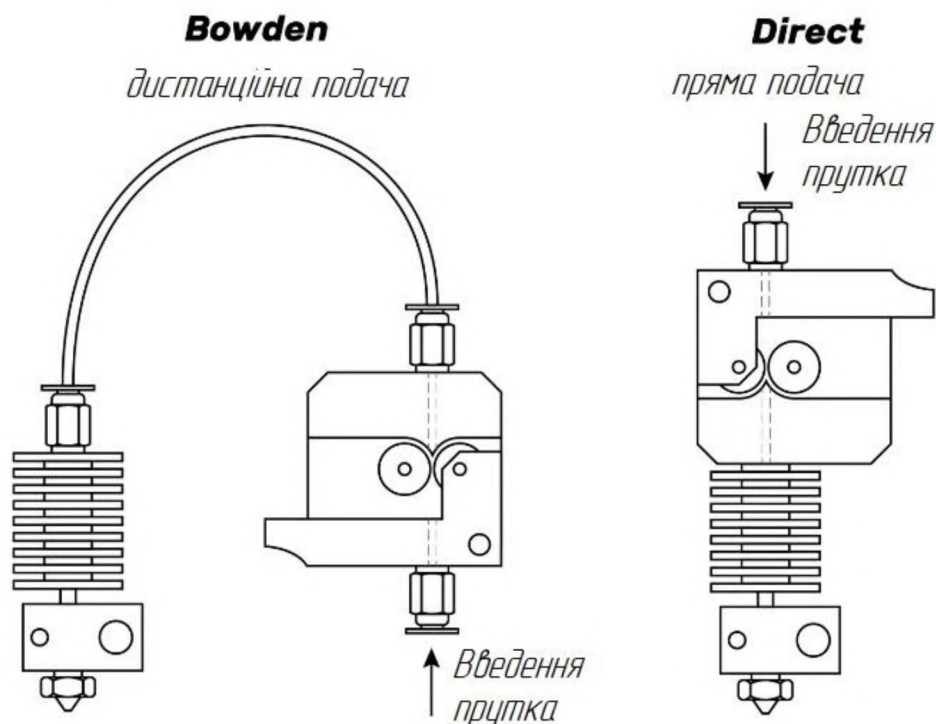


Рисунок 6.2 – Типи подачі філаменту

Головна особливість, що впливає на ефективність друку FLEX, – це відстань, яку проходить розплавлений філамент до робочої голівки принтера. Оскільки цей тип пластику має пружинні властивості, то при його подачі виникатиме високий опір у подаючих роликах, і чим більшу відстань необхідно

					КНУ.КМР.131.25.1-14.06.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пройти філаменту, тим більшу силу до нього потрібно прикласти. Оскільки сила подачі в принтері є величиною незмінною, слід обирати варіант, при якому процес друку буде протікати максимально ефективно (рис. 6.3). Таким чином, варіант прямої подачі є переважним та єдиним рекомендованим для друку FLEX-пластиками.

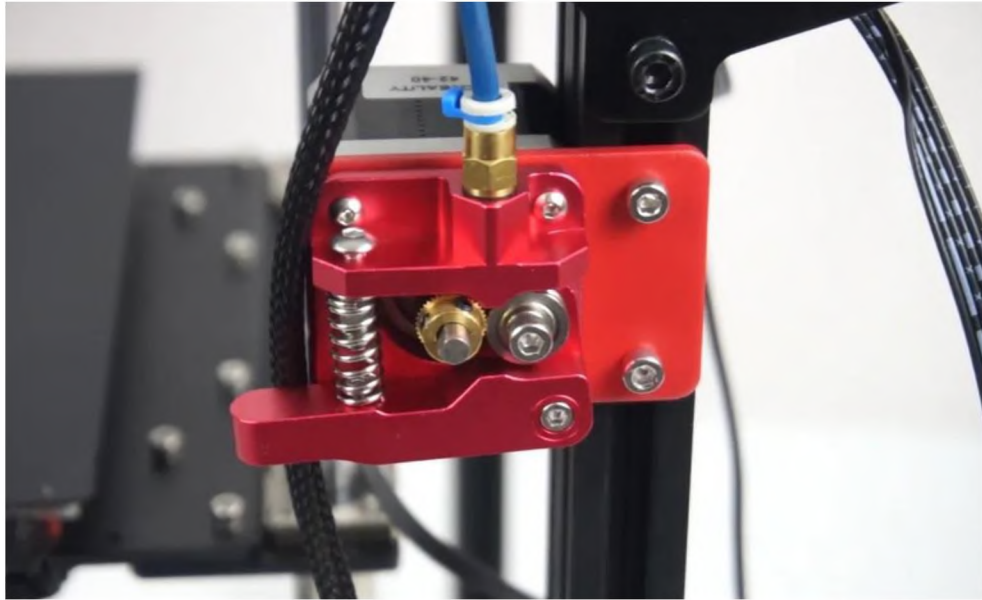


Рисунок 6.3 – Механізм подачі філаменту

Також варто враховувати конструктивні особливості фідера, а саме – наявність та величину зазорів у механізмі подачі. Оскільки робочий матеріал досить гнучкий, виникає ймовірність його згинання та заклину, що може призвести до непрацездатності фідера принтера. З тієї ж причини слід враховувати наявність та конструкцію напрямних (рис. 6.4). Вони повинні бути досить герметичними, не мати зазорів та мати гладку внутрішню поверхню. В іншому випадку великий ризик забиття механізму філаментом, наслідком чого є повна непрацездатність елемента [16].



Рисунок 6.4 – Друкуючі голівки принтера на напрямних

					КНУ.КМР.131.25.1-14.06.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливою вимогою до механізмів подачі є їхня здатність працювати з гнучкими філаментами. Цей параметр визначається якістю виконання подаючого колеса. Чим точніше виконані його зубці, тим вищою буде можливість захоплення матеріалу. Якщо зубці виконані недостатньо чітко або мають дефекти, результатом буде деформація робочого матеріалу, його заминання в механізмі подачі, що призведе до його поломки та непрацездатності. Для підвищення працездатності механізму подачі використовують збільшення кількості подаючих шестерень до двох штук або збільшення діаметра подаючого колеса. Обидва ці рішення спрямовані на збільшення кількості робочих зубців у механізмі, що підвищує зчеплення коліс із філаментом та забезпечує його безперешкодну подачу до робочого органу принтера.

Враховуючи фізико-механічні властивості матеріалу, під час друку слід звернути увагу на робочий стіл принтера. Перед процесом друку слід розігріти платформу до температури 45-60 °С. Це необхідно для зменшення ймовірності деформації на перших етапах друку, а також зниження активного взаємодії філаменту з поверхнею, що дозволить уникнути прилипання виробу. Також як робочий стіл рекомендовано використовувати платформи з мінімальною шорсткістю поверхні, наприклад, оргскло або інші матеріали.

Для успішного перебігу процесу друку слід встановити відповідні налаштування принтера:

- Температура сопла має становити 220-250 °С залежно від марки філаменту. Температуру слід встановлювати так, щоб термобар'єр справлявся зі своєю роботою, і ділянка подачі не нагрівалася вище допустимого значення. В іншому випадку це призведе до плавлення матеріалу в подаючому органі з подальшим порушенням працездатності механізмів.

- Швидкість друку має становити не більше 20 мм/с, щоб забезпечити якісне спікання шарів і знизити ймовірність виникнення браку.

- За наявності системи обдуву слід її відключити. Примусове охолодження FLEX призводить до зменшення значення міжшарової адгезії, що знижує фізико-механічні властивості готового виробу та порушує цілісність його структури.

- Висота шару, що нарощується, має становити близько половини від діаметра сопла, мінімальне значення якого становить 0,4 мм.

FLEX-філаменти мають схильність до усадки під час друку, що, у свою чергу, ускладнює процес виготовлення виробів. Щоб зменшити ймовірність виникнення цього явища, необхідно виконувати процес друку виключно в принтерах закритого типу, що мають робочий простір, захищений від зовнішніх впливів. Також при моделюванні, залежно від типу та геометрії виробу, можна застосовувати додаткові захисні конструкції навколо самої деталі. Їхня товщина може становити до кількох міліметрів. Вони дозволяють забезпечити більш рівномірний процес охолодження та зменшують ймовірність небажаного впливу на виріб.

Також FLEX-філаменти поділяються на групи за ступенем еластичності. Найм'якшим є пластик якості soft, який здатний витримувати найбільші навантаження на згин і стиск. Застосовують його для виробів, призначених для

					КНУ.КМР.131.25.1-14.06.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботи в умовах високих динамічних навантажень з високим ступенем деформації.

Наступним у списку йде пластик якості spring. Він жорсткіший, ніж soft, але все ще має високий ступінь еластичності. Головною особливістю цього філаменту є високий коефіцієнт тертя при взаємодії з іншими поверхнями. Такий тип FLEX добре підходить для виготовлення різних прокладок або демпфуючих виробів. Середнім за властивостями є філамент якості optimal. Він є найбільш універсальним і поширеним для експлуатації. Підходить для виготовлення виробів широкого спектру та призначення. Більш жорстким та пружним є пластик якості medium, який має здатність зберігати форму при значних навантаженнях. Цей філамент підходить для виробів, що знаходяться в умовах динамічної роботи, зберігаючи незмінність геометричних форм. Відрізняється високим ступенем довговічності та працездатності із збереженням фізико-механічних властивостей. Найтвердішим є FLEX якості hard. Він має найбільший ступінь пружності до зовнішніх механічних впливів. За міцністю порівнянний з ABS-філаментами, але відрізняється більшою максимальною навантажкою на стиск та розтяг. Застосовується для виготовлення корпусних деталей, шестерень, демпфуючих шарів та багатьох інших.

Під час друку FLEX-полімерами слід дотримуватися вимог безпеки. Робочий процес рекомендовано проводити в принтерах закритого типу та у приміщеннях з хорошою вентиляцією. Це необхідно через токсичність парів під час плавлення та горіння філаменту. У холодній формі матеріал нетоксичний, але при розплавленні виділяються токсичні пари ізоціанату, оксиду азоту, ціаністого водню та оксиду вуглецю. Також слід взаємодіяти з гарячим виробом у рукавицях, щоб уникнути термічних опіків шкіри, оскільки FLEX має властивість довго охолоджуватися.

					КНУ.КМР.131.25.1-14.06.КОЕПР	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі проведено комплексне дослідження та розробку інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» ножиць холодної різки агрегату МС-250-5 із широким застосуванням сучасних САПР-технологій. Отримані результати підтверджують ефективність використання інтегрованих цифрових підходів у машинобудівному виробництві та забезпечують підвищення точності, якості та економічної доцільності виготовлення складних деталей. У ході роботи:

Розроблено повний технологічний процес виготовлення деталі «Вал» ножиць холодної різки, визначено раціональні припуски, бази, режими різання, що забезпечують отримання необхідної точності та шорсткості робочих поверхонь. Процес адаптовано до умов сучасного високоточного машинобудівного виробництва.

Створено верстатно-інструментальне налагодження для фрезерної операції на CORREA XPERTA 25, підібрано сучасний металорізальний інструмент, що забезпечує підвищення продуктивності та довговічності інструментальної оснастки. Для токарної операції на верстаті HAAS ST-55 розроблено керуючу програму в середовищі Autodesk FeatureCAM, що гарантує відтворюваність, автоматизацію та мінімізацію людського фактора при виготовленні деталі.

Спроектовано технологічне оснащення: пристрій для фрезерування шпонкових пазів із забезпеченням стабільного положення деталі; контрольний пристрій для вимірювання радіального биття, що дає змогу підвищити якість контролю та зменшити відсоток браку на остаточних операціях.

Спроектовано механоскладальний цех, орієнтований на обробку деталі «Вал» та складання ножиць холодної різки. Проведений техніко-економічний аналіз показав, що оновлення верстатного парку є економічно доцільною, оскільки: розрахований термін окупності – 1,61 року; річний економічний ефект – 47 961 грн. Крім того, розроблено комплекс заходів з охорони праці та екологічної безпеки при обробці довгомірних деталей із легованих сталей.

Науково-дослідна частина присвячена вивченню застосування 3D-друку FLEX-філаментами для створення експериментальних та допоміжних деталей ножиць холодної різки. Встановлено перспективність використання адитивних технологій для виготовлення прототипів і елементів оснащення, що дозволяє скоротити витрати на виробництво та прискорити етапи підготовки.

Практична значимість одержаних результатів полягає в можливості безпосереднього впровадження розроблених технологічних рішень у виробництво, що сприятиме підвищенню точності, зменшенню витрат та модернізації машинобудівних процесів.

					<i>КНУ.КМР.131.25.1-14.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Середь</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>		

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.131.25.1-14.СВД			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Середа			Список використаних джерел			
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркцшів	
					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.131.25.1-14.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КНУ.КМР.131.25.1-14.Д		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Додатки		
Розроб.	Середа						
Перевір.	Рязанцев						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-24м		

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание							
Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Инв. № подл.											
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-14.ПВ	Лит.	Лист	Листов						
										Разраб.	Середа			Пристрій верстатний	Кафедра ТМ гр. ПМ-24м
										Пров.	Рязанцев				
										Н.контр.	Нечаєв				
	Утв.	Рязанцев													

Копировав

Формат А4

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: Розробка інноваційних процесів конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» зчеплення ножиць холодної різки агрегату МС-250-5 з використанням САПР технологій

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

(підпис)

Середа І.Д.

Керівник КМР

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

(підпис)

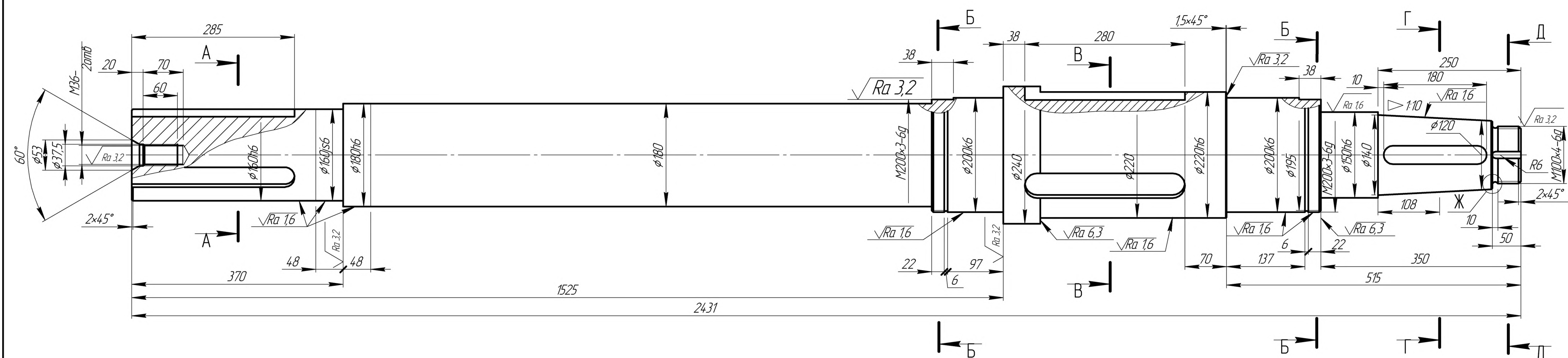
Нечасєв В.П.

Завідувач кафедри

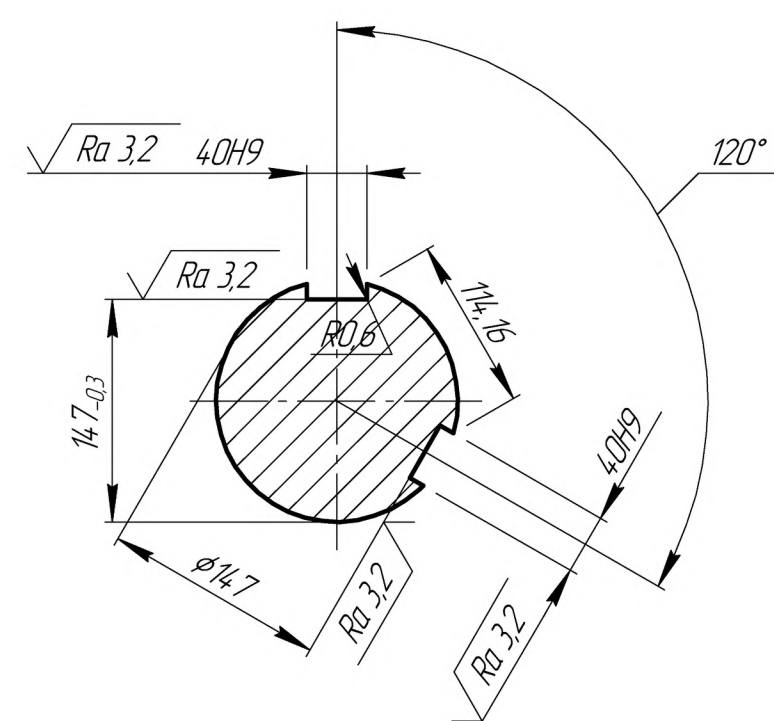
(підпис)

Рязанцев А.О.

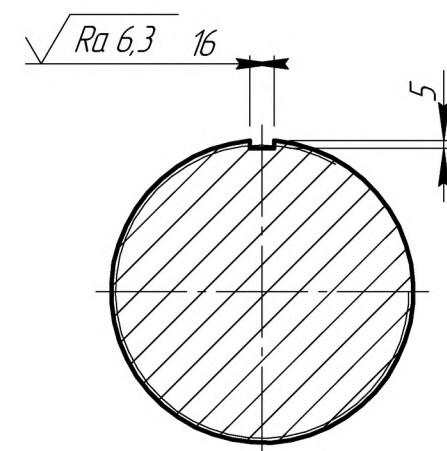
Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №						Креслення		
	A1		1	КНУ.КМР.131.25.1-14.ВРСК	Ножиці холодної різки (складальне креслення)	1		
	A2		2	КНУ.КМР.131.25.1-14.В	Вал	1		
	A2		3	КНУ.КМР.131.25.1-14.ВП	Вал (поковка)	1		
	A1		4	КНУ.КМР.131.25.1-14.ЕО	Ескізи операцій	2		
	A2		5	КНУ.КМР.131.25.1-14.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1		
	A1		6	КНУ.КМР.131.25.1-14.ПВ	Пристрій верстатний	1		
	A1		7	КНУ.КМР.131.25.1-14.ПЦ	План цеху	1		
	A2		8	КНУ.КМР.131.25.1-14.НДЧ	Науково-дослідна частина	1		
Подп. и дата								
Взам. инв. №								
Инв. № дѣл								
Подп. и дата								
Инв. № подл.								
					КНУ.КМР.131.25.1-14.ВКІЗА			
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата			
Разраб. Середя						Відомість креслень та інформаційно-засвідчуючих аркушів КМР		
Пров. Рязанцев								
Н.контр. Нечаєв								
Утв. Рязанцев								
						Лит.	Лист	Листов
						Н		1
						Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
						Формат А4		



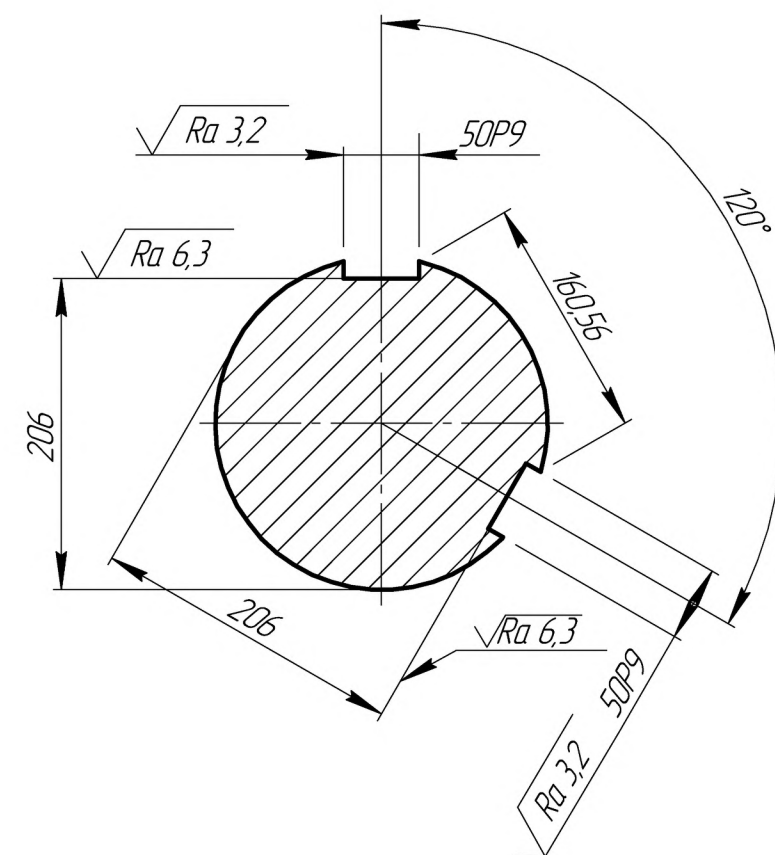
A-A



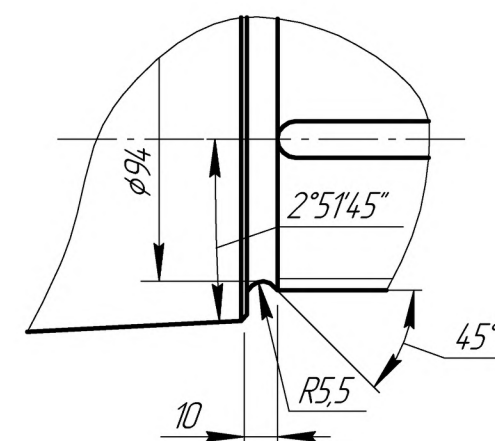
Б-Б



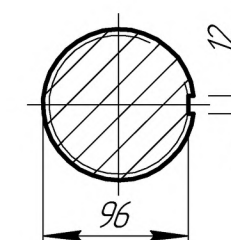
В-В



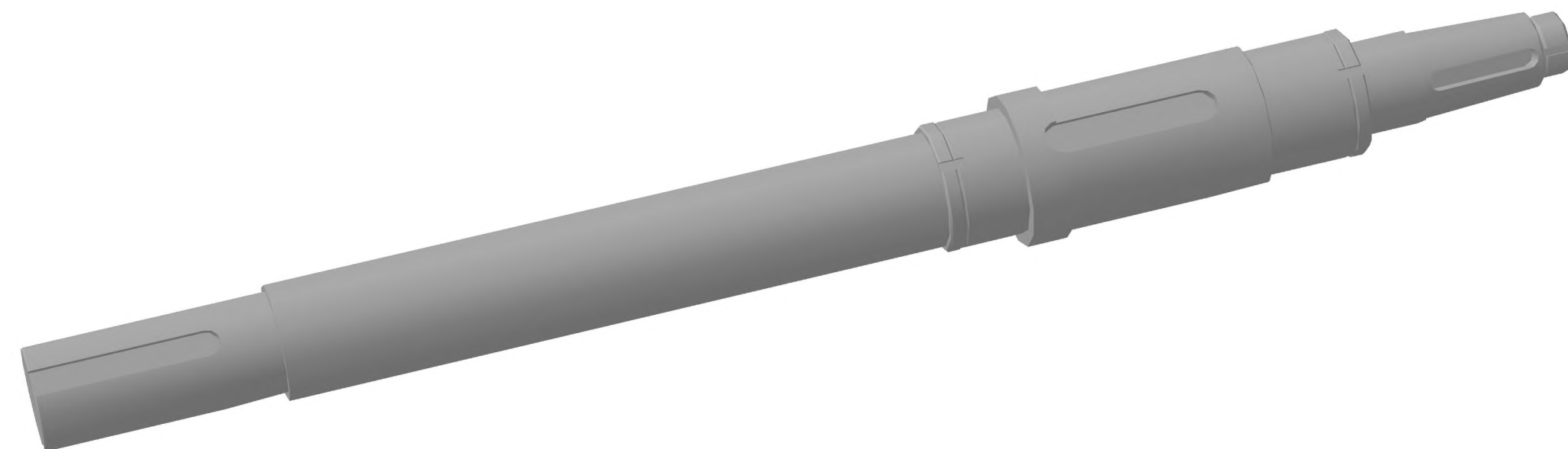
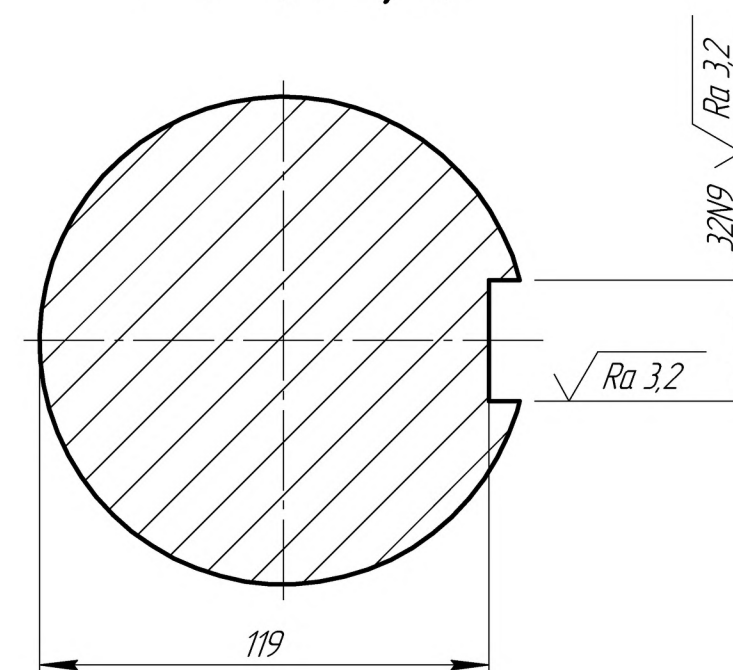
Ж (1:2)



Д-Д

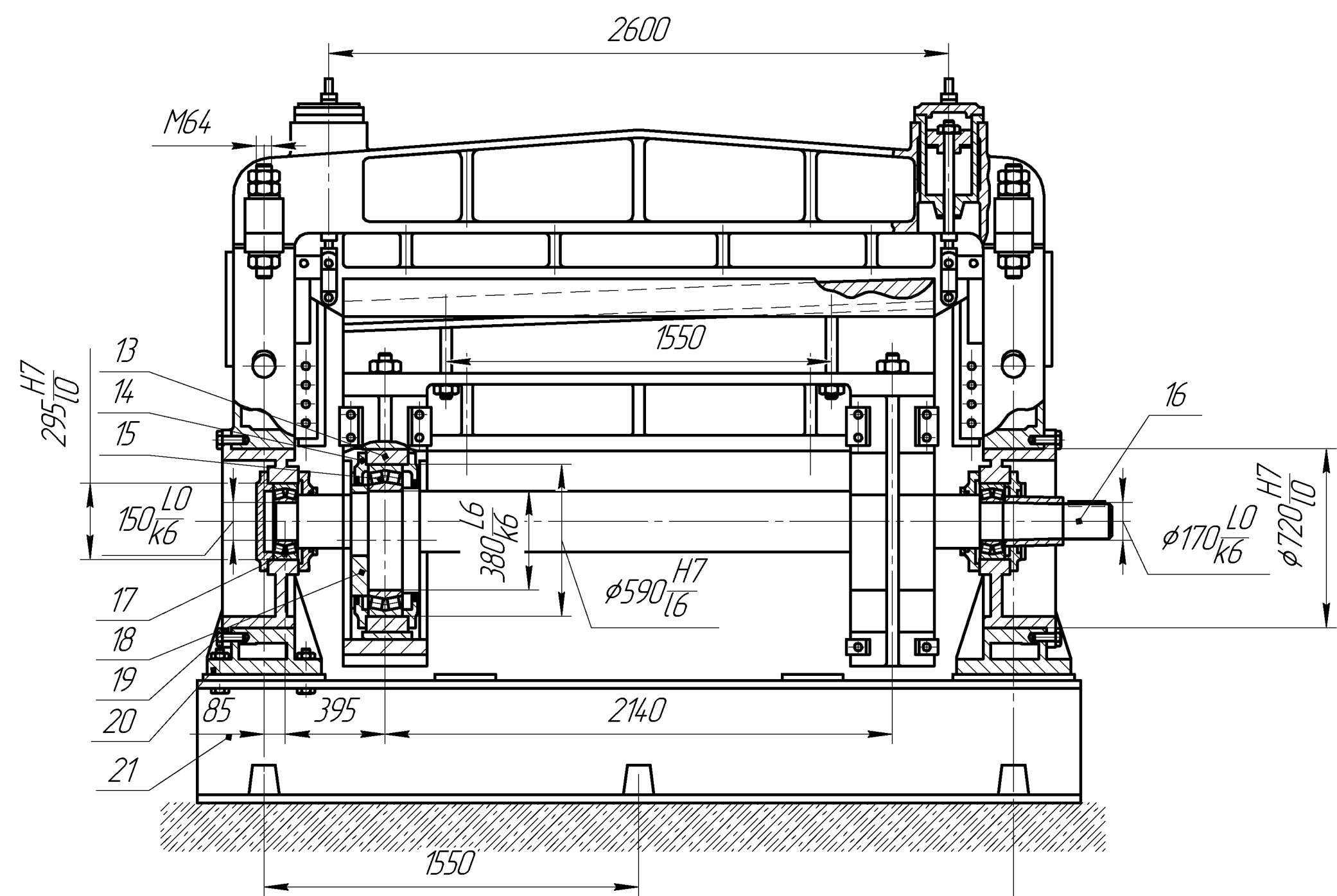
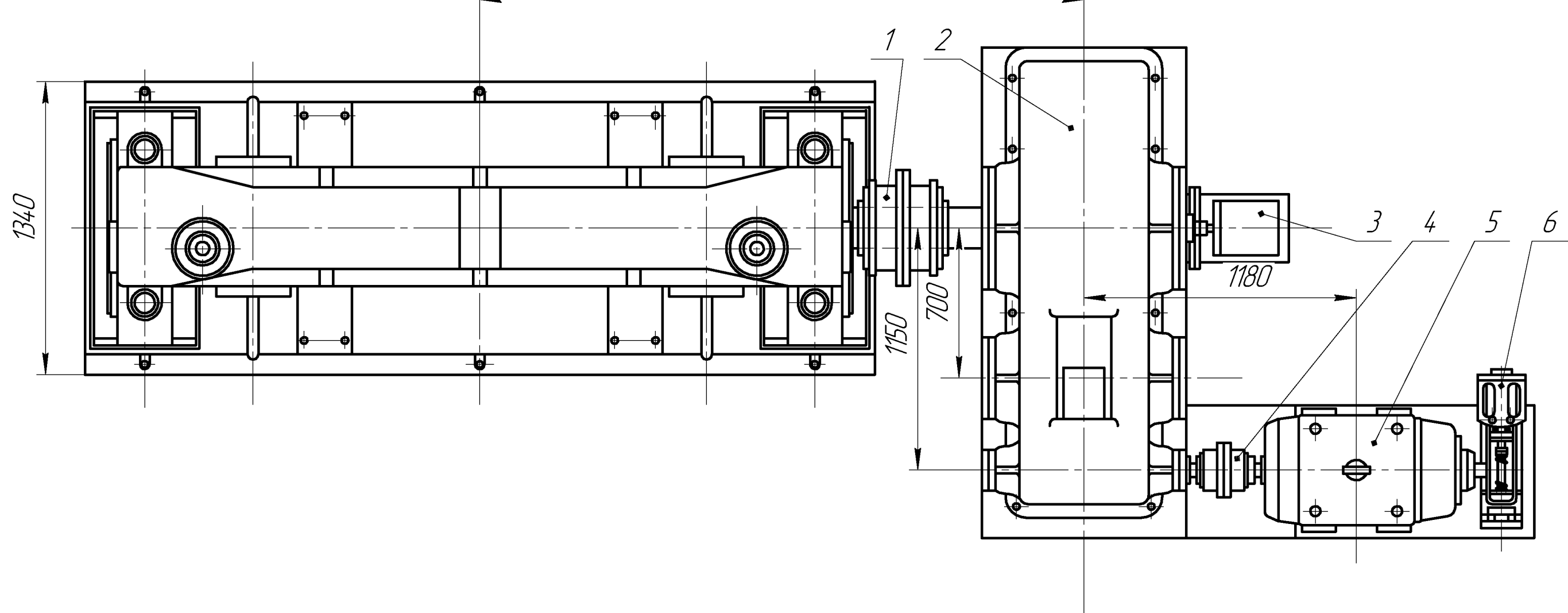
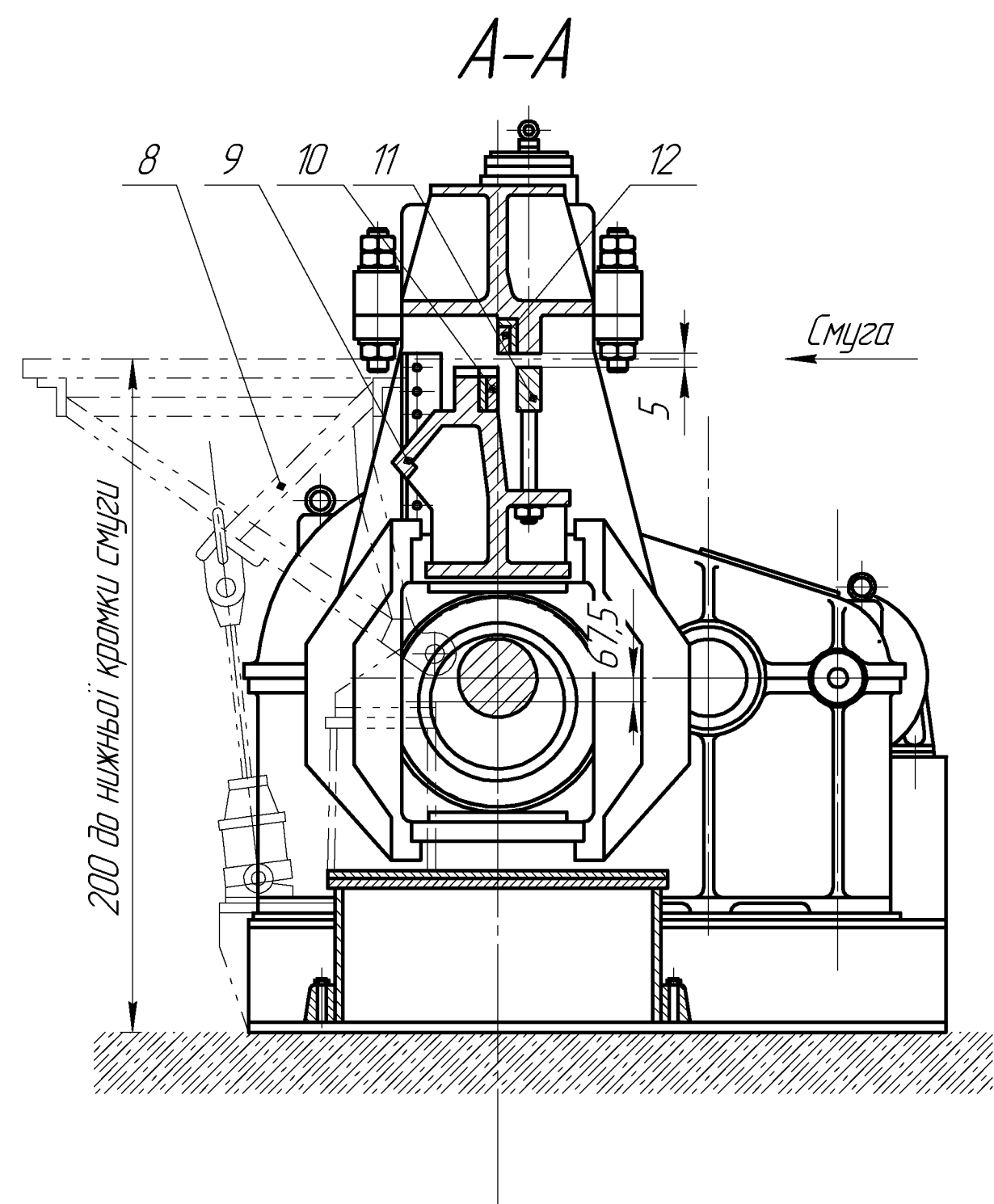
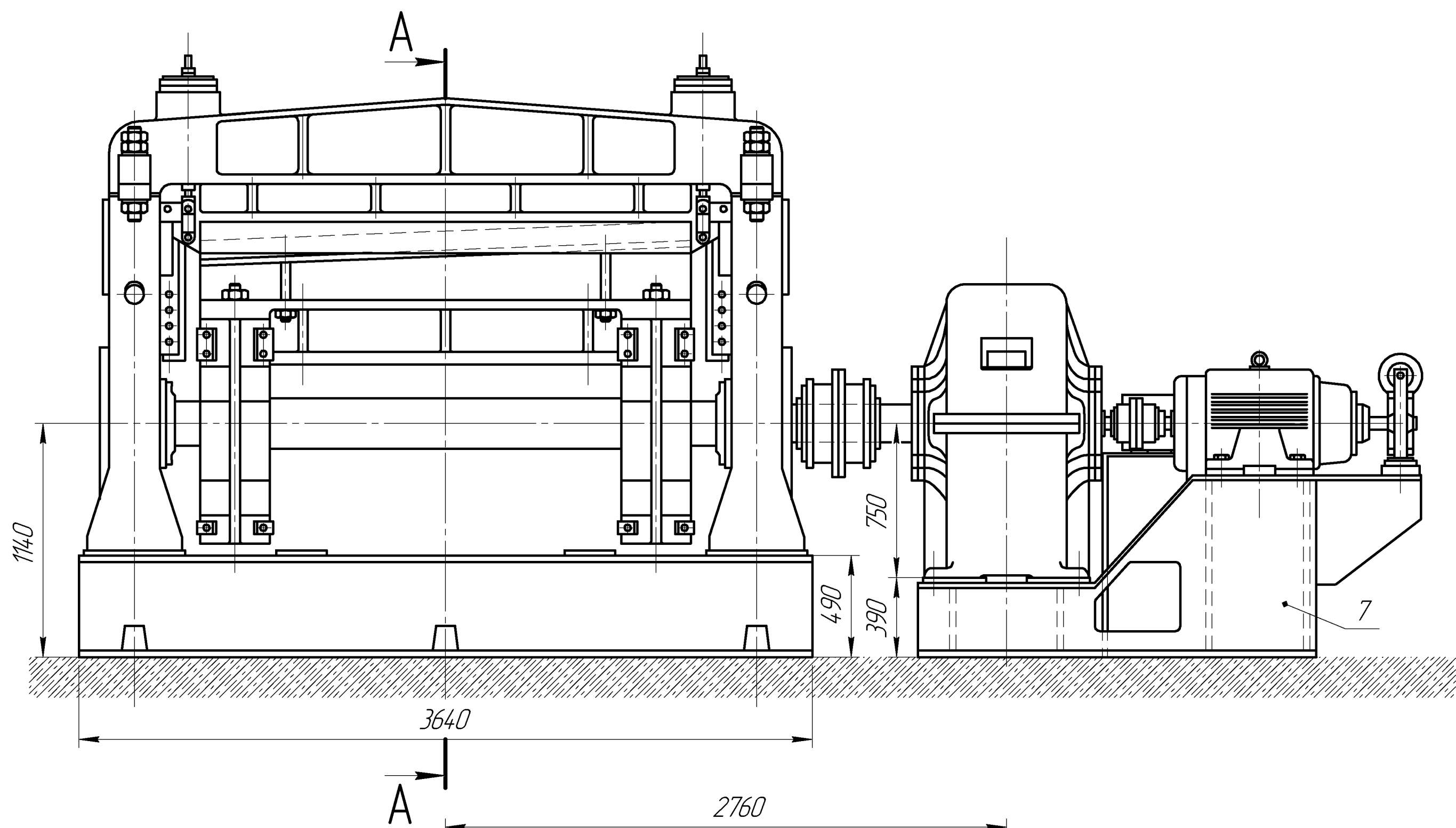


Г-Г (1:2,5)

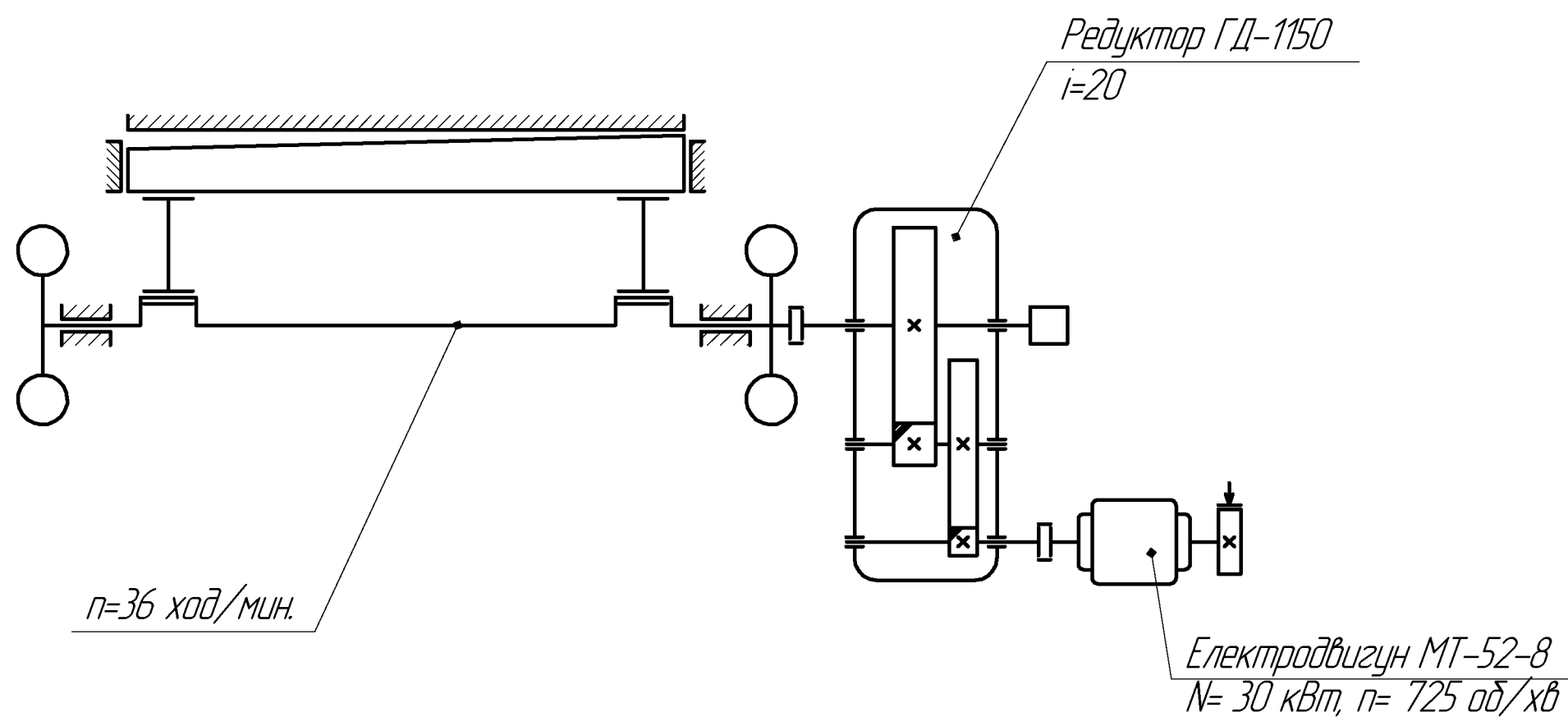


1. Невказані граничні відхилення розмірів: H14; h14; $\pm \frac{IT14}{2}$.
2. Маркувати.

КНУ.КМР.13124.1-14.В				Вал		
Зм./Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Середя			Н	489,3	1:5
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасов			Сталь 35ХМ ДСТУ 7806:2015		
Затв.	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		



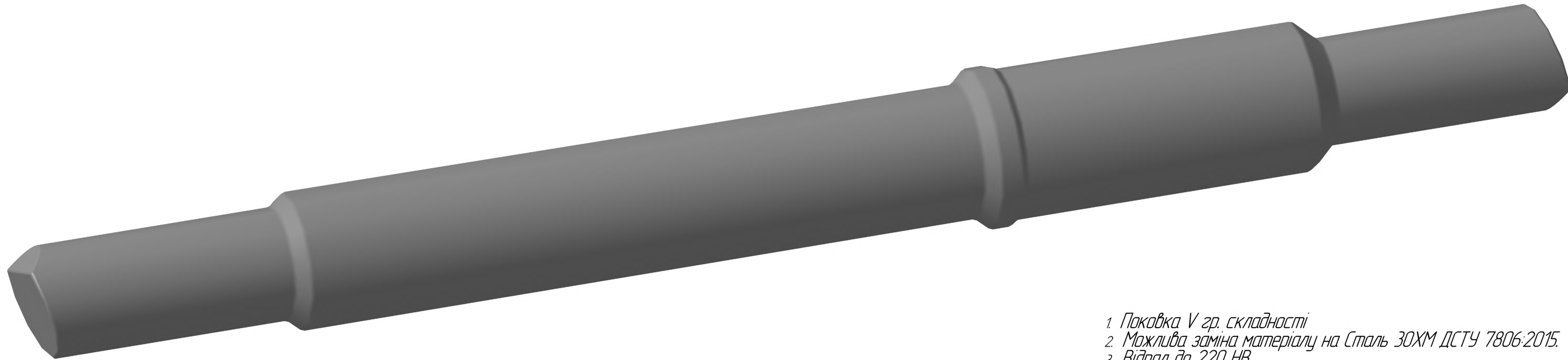
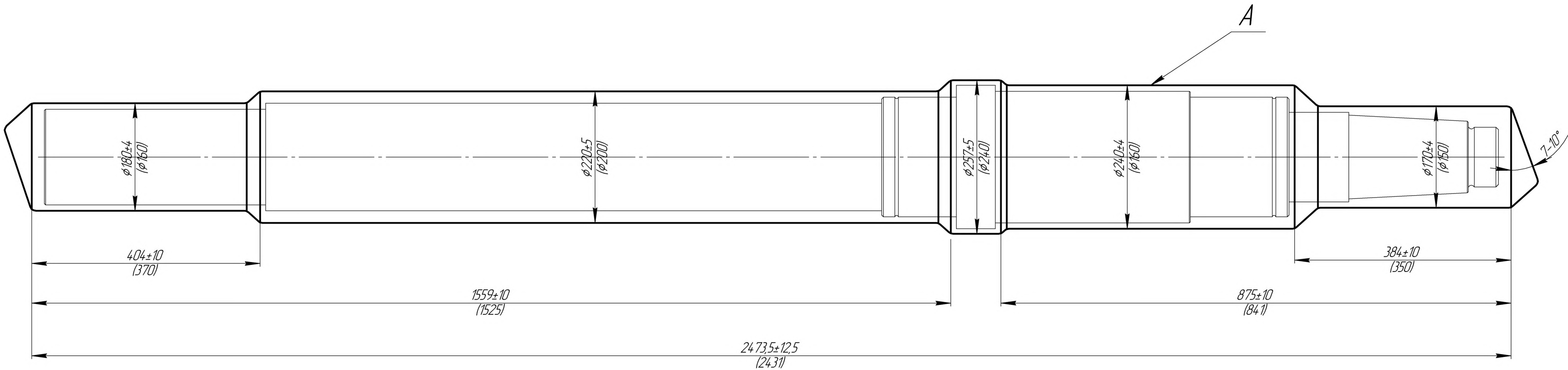
Кінематична схема ножиць



Технічні дані

№	Найменування	Характеристика
1	Допустиме зусилля різки, кгс.	20000
2	Число ходів нижнього ножа за хвилину хід/хв	36
3	Хід нижнього ножа, мм.	135
4	Кут нахилу нижнього ножа, град.	1°40'
5	Відстань між стійками на світлі, мм.	3640
6	Максимальна ширина відрізаємої смуги по задньому упору, мм.	
7	Максимальна ширина відрізаємої смуги по передньому упору, мм.	
8	Відстань від лінії різки до редер стійок, мм	
9	Відстань від рівня ножа до нижньої кромки верхнього ножа, мм.	
10	Максимальна товщина сталевोї смуги, мм.	6,0
11	Електро-двигун	Тип МТ-58-8 Потужність, кВт 30 Число одертів од/хв 725
12	Редуктор	Тип ГД-1150 Передаточне число 20
13	Маховик	Діаметр зовнішній, мм 750 Діаметр внутрішній, мм
14	Система керування	Електромеханічна
15	Система змащення	Комбінована
16	Тип муфти	Зубчата
17	Тип гальмів	Електромагнітний колодковий
18	Приспособування по техніці безпеки	Огородження

КНУКМР.13124.1-14.НХРСК				Ножиці холодної різки (скальпельне креслення)		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив Керівник	Череват Рязанцев			Н		1:20
Н.контр. Заліт	Нечасов Рязанцев			Лист	Листів	1
				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		

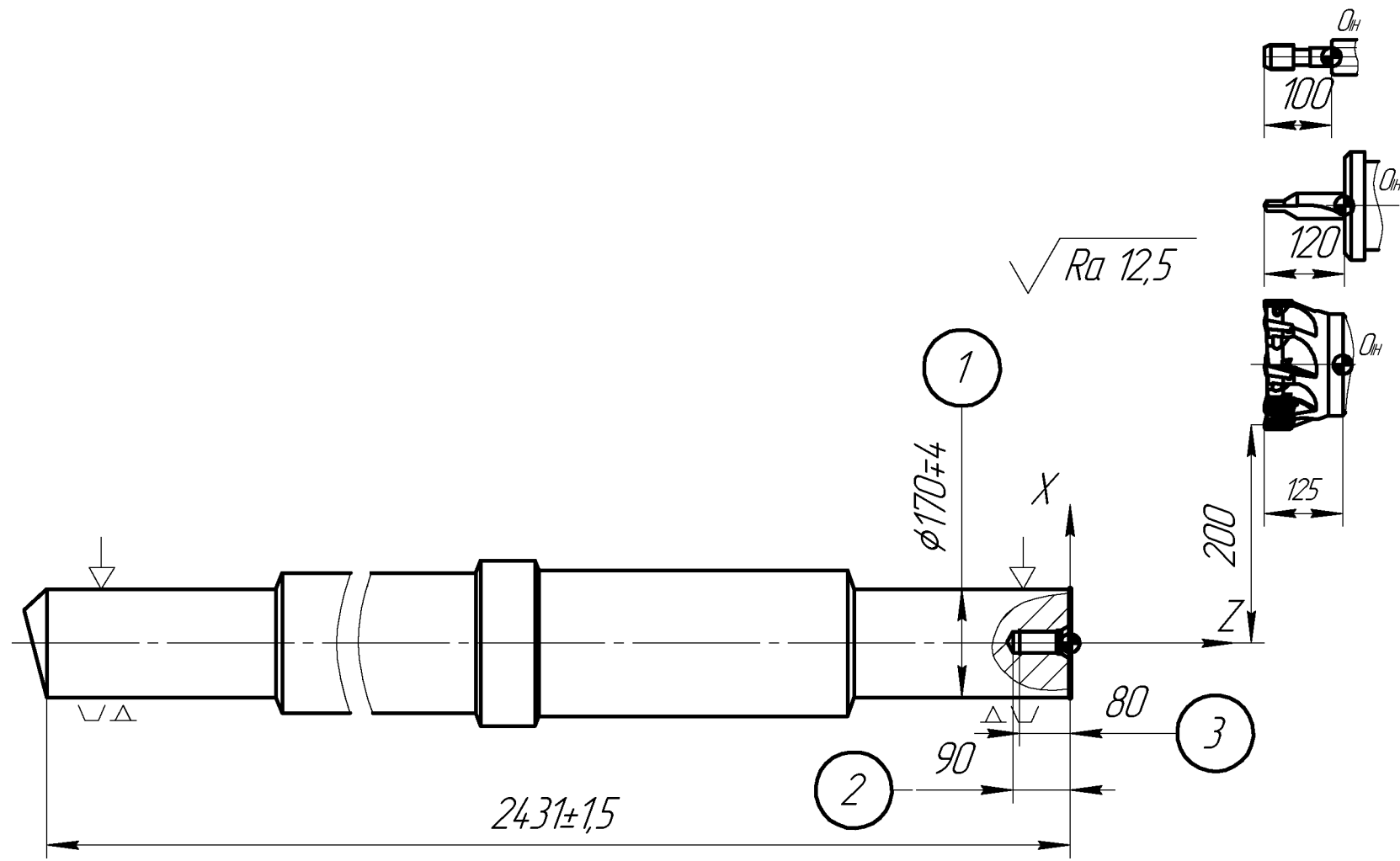


- Поковка V гр. складності
- Можлива заміна матеріалу на Сталь 30ХМ ДСТУ 7806:2015.
- Відпал до 220 НВ.
- Очистка заготовки дробеструїна
- Поверхню заготовки гальцювати.
- Невказані кувальні ухили $7-10^\circ$.
- Твердість виміряти по поверхні А.
- Невказані кувальні радіуси: зовнішні-5 мм, внутрішні-10 мм.
- Забезпечити адьяльне напрямлення волокон.
- Контролювати 20% заготовок.

					КНУ.КМР.131.24.1-14.ВП			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Вал (поковка)	Лит.	Маса	Масштаб
						Н	489,3	1:5
Розробив	Серета				Лист	Листів 1		
Керівник	Рязанцев							
Н.контр.	Нечасев				Сталь 35ХМ ДСТУ 7806:2015	Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Затв.	Рязанцев							

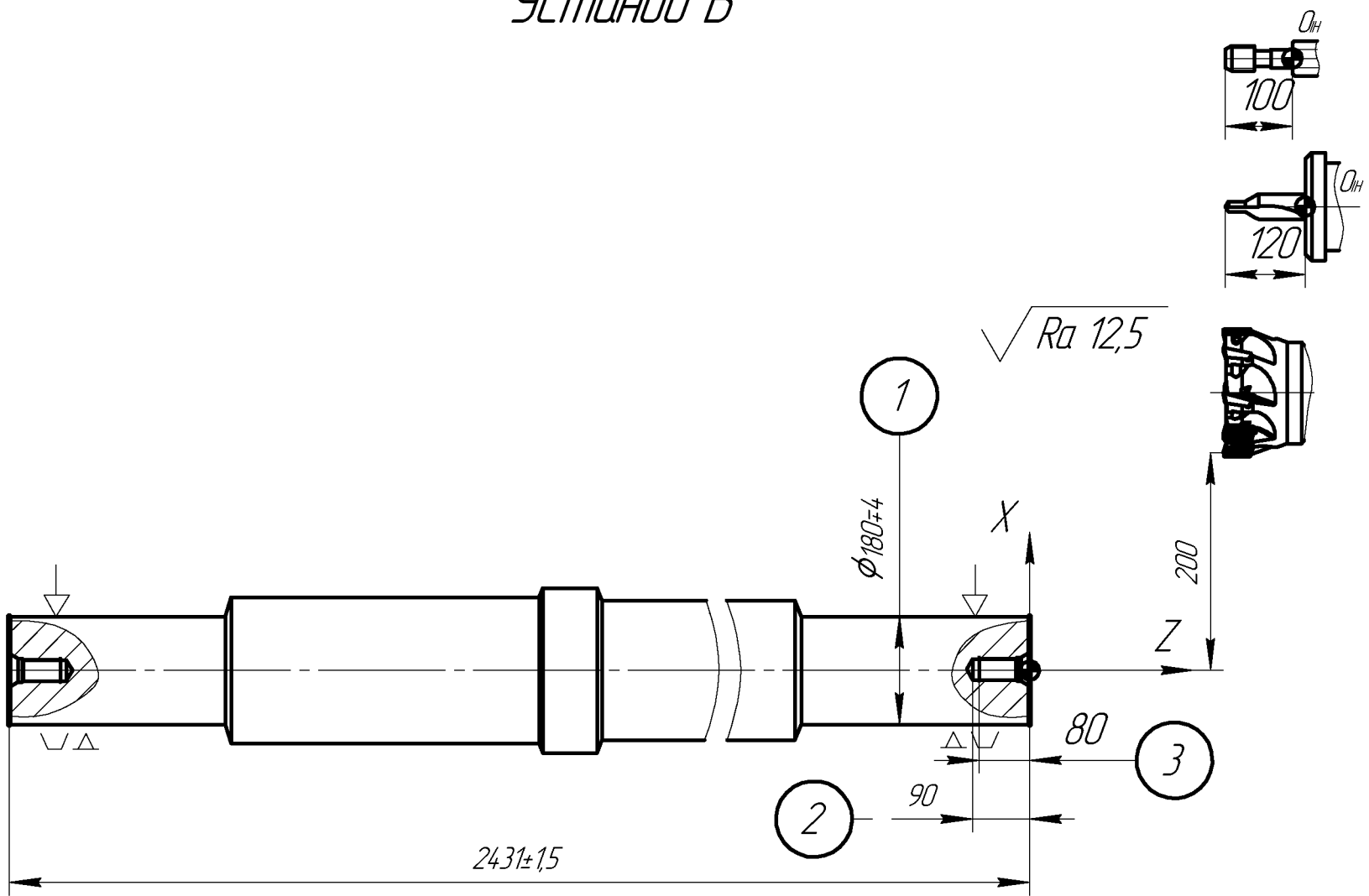
005 Горизонтально-розточна з ЧПК
Горизонтально-розточний TOS WRD 150 Q

Установ А



Найменування переходу	Поверхні	t, мм	S, мм/об	V _{мгн} /хв	n, об ⁻¹	i	T _о , хв	T _{шт} , хв
Підрізати торець у розмір 2431±15	1	8	0,25	300	310	1	16	9,99
Свердлити отвір у розмір 90	2	10	0,15	16	250	1		
Нарізати різьбу M36-H7	3	0,75	1	10	500	1		

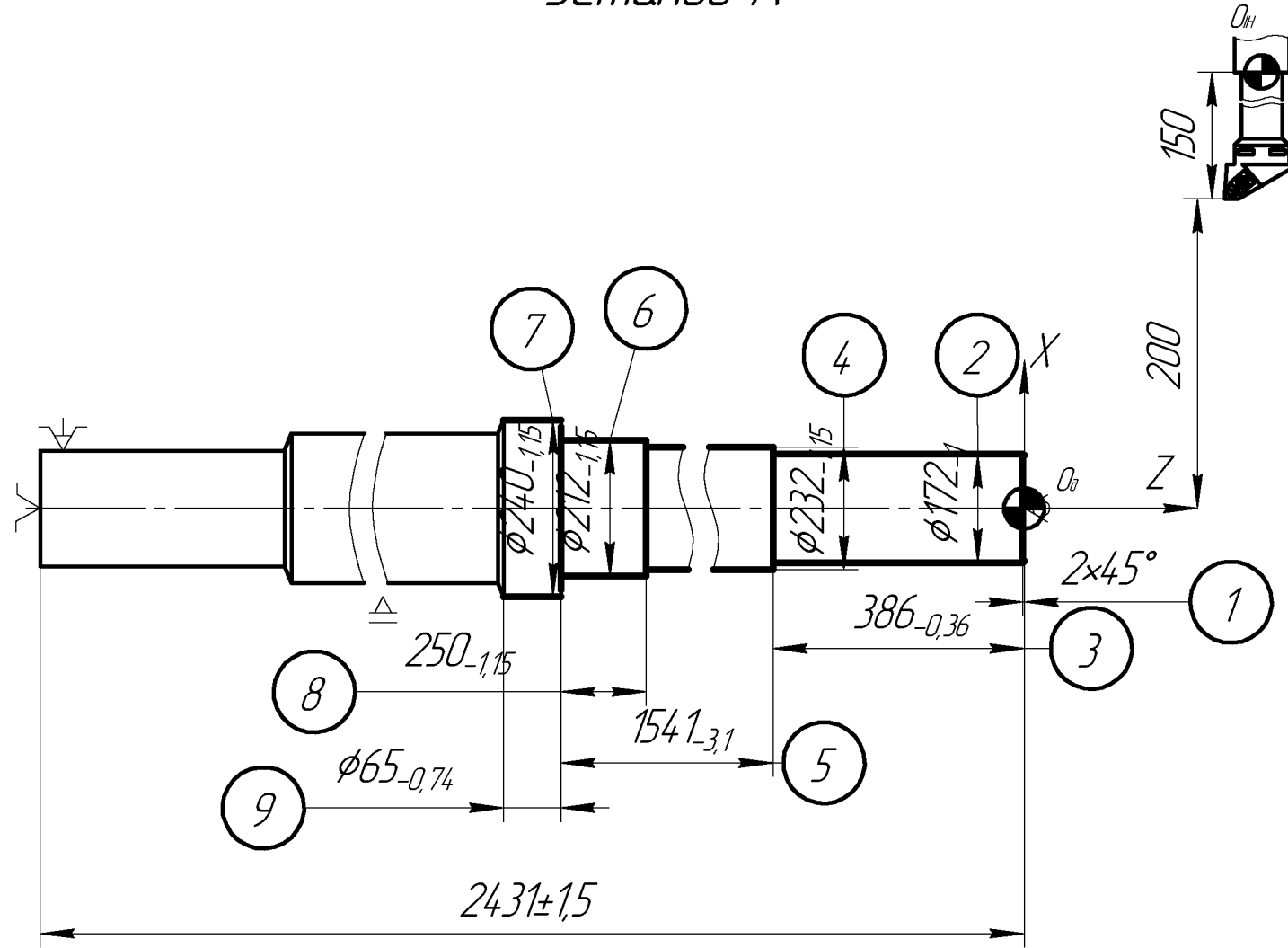
Установ Б



Найменування переходу	Поверхні	t, мм	S, мм/об	V _{мгн} /хв	n, об ⁻¹	i	T _о , хв	T _{шт} , хв
Підрізати торець у розмір 2431±15	1	8	0,25	300	310	1	2,7	12,56
Свердлити отвір у розмір 90	2	10	0,15	16	250	1		
Нарізати різьбу M36-H7	3	16	2,5	10	50	1		

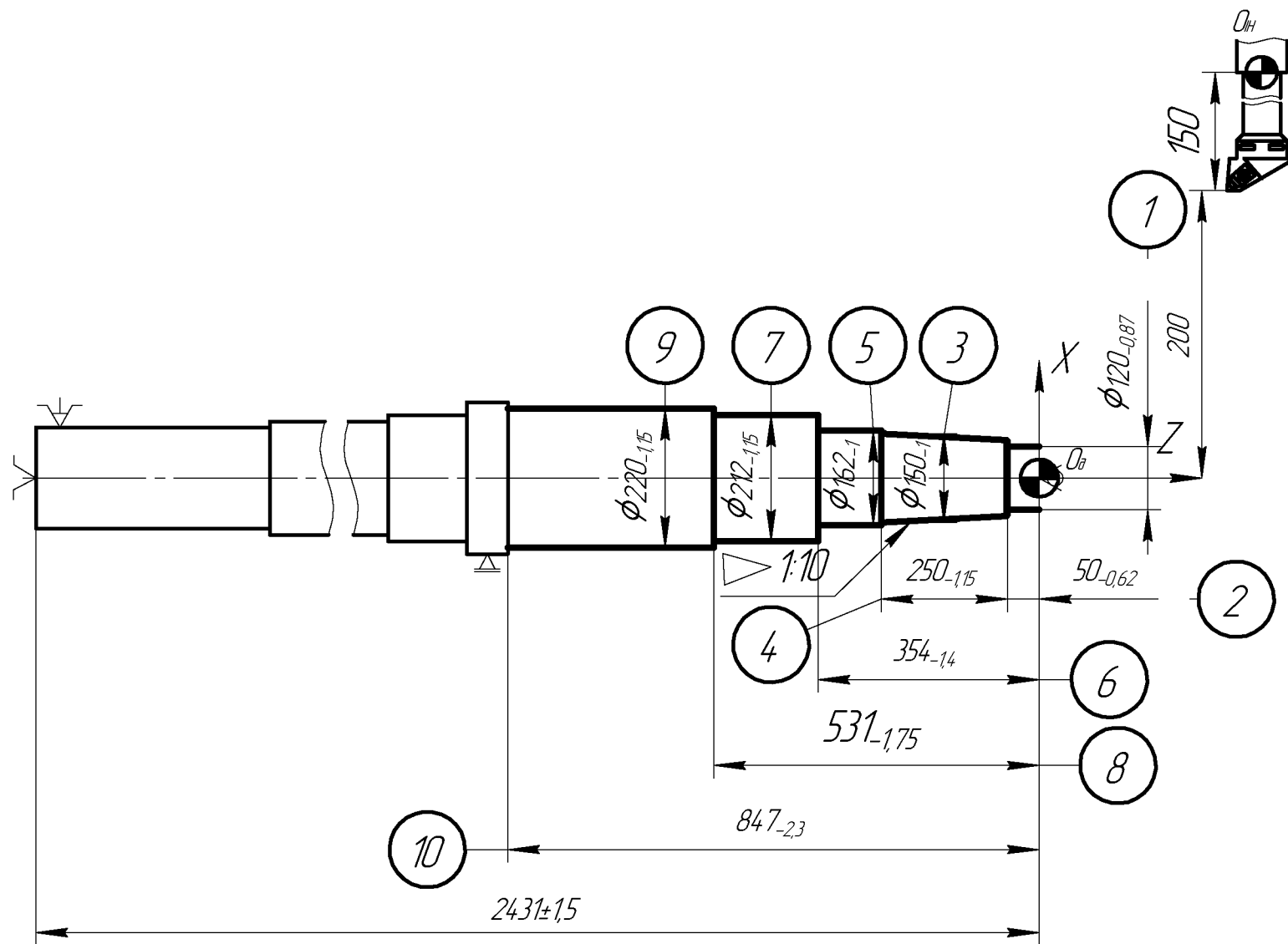
010 Токарна чорнова з ЧПК
Токарний з ЧПК HAAS ST-55

Установ А



Найменування переходу	Поверхні	t, мм	S, мм/об	V _{мгн} /хв	n, об ⁻¹	i	T _о , хв	T _{шт} , хв
Точити фаску 3x45°	1	3	12	230	360	1	7,25	10,65
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ172±1	2	12	12	190	360	3		
Підрізати торець в розмір 386±0,36	3	12	12	250	360	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ232±15	4	12	12	260	360	3		
Підрізати торець в розмір 154±1,1	5	12	12	250	360	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ212±15	6	12	12	240	360	3		
Підрізати торець в розмір 250±15	7	12	12	250	360	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ240±15	8	12	12	270	360	3		
Підрізати торець в розмір 65±0,74	9	12	12	250	360	1		

Установ Б

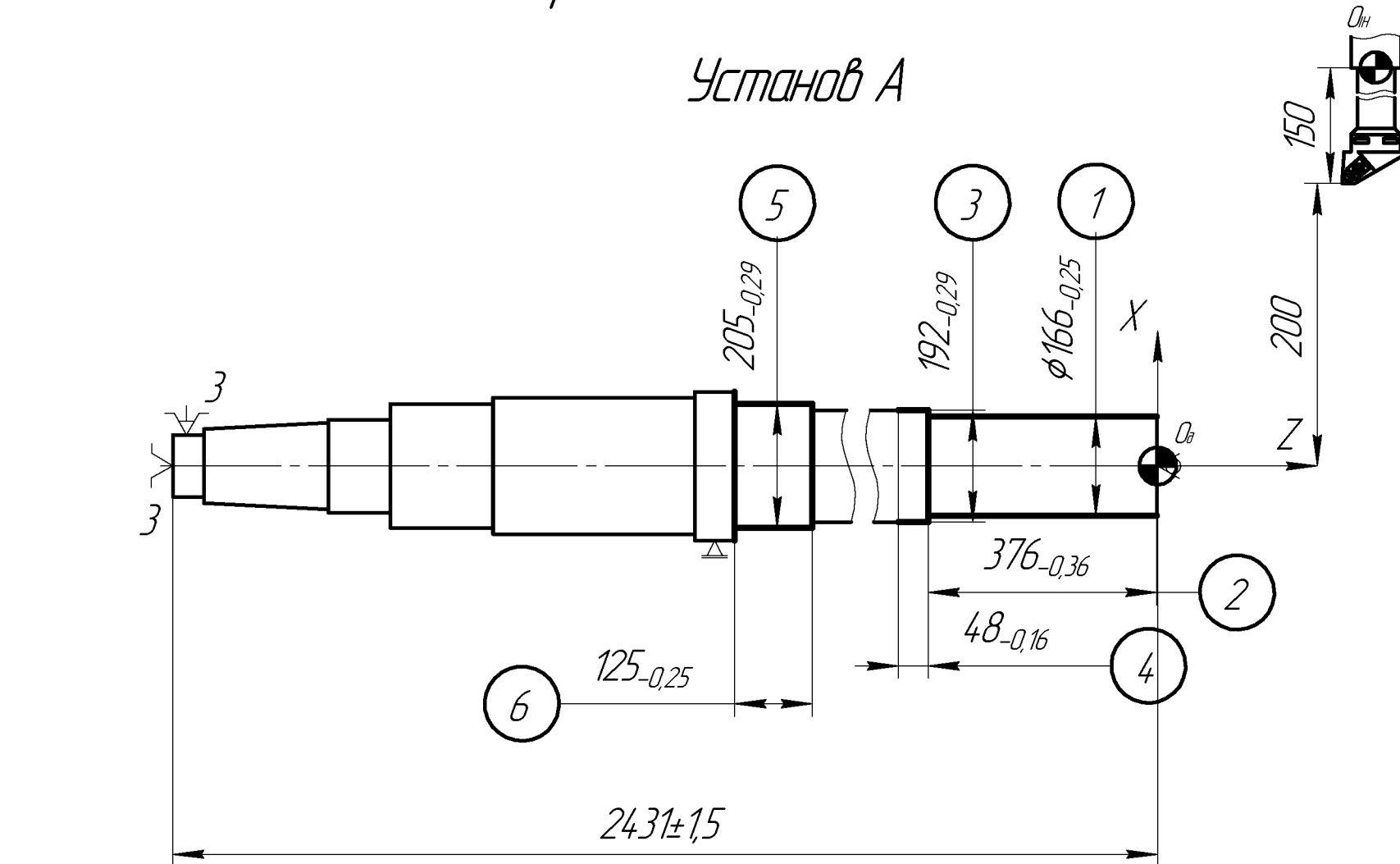


Найменування переходу	Поверхні	t, мм	S, мм/об	V _{мгн} /хв	n, об ⁻¹	i	T _о , хв	T _{шт} , хв
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ120±0,07	1	12	12	160	360	3	22,1	26,6
Підрізати торець в розмір 50±0,62	2	12	12	250	360	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ150±1	3	12	12	200	360	3		
Підрізати торець в розмір 250±15	4	12	12	250	360	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ162±15	5	12	12	220	360	3		
Підрізати торець в розмір 354±14	6	12	12	250	360	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ212±15	7	12	12	280	360	3		
Підрізати торець в розмір 531±0,74	8	12	12	250	360	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ220±15	9	12	12	290	360	3		
Підрізати торець в розмір 847±2,3	10	12	12	250	360	1		

√Ra 12,5

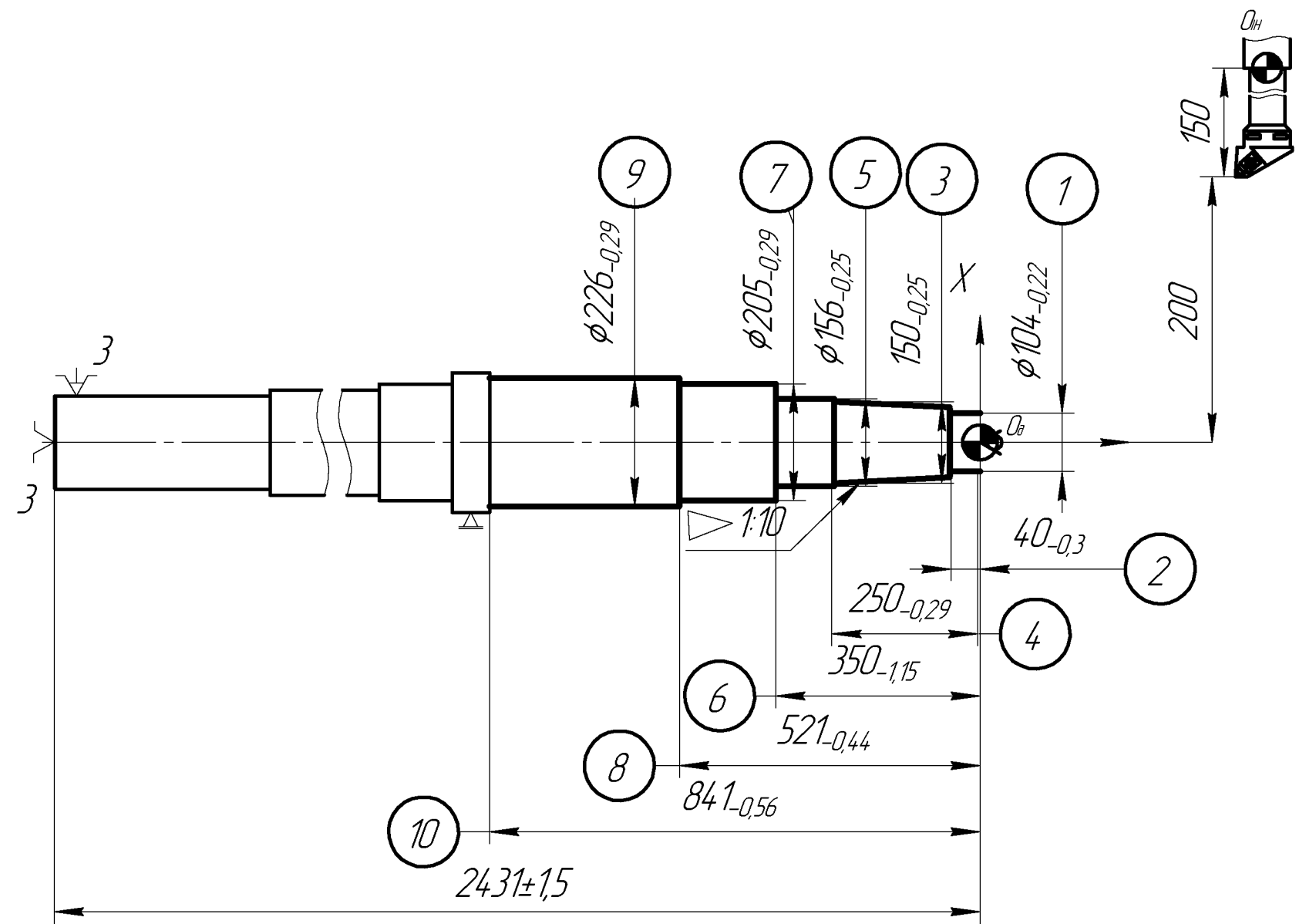
015 Токарна напівчистова з ЧПК
Токарний з ЧПК HAAS ST-55

Установ А



Найменування переходу	Поверхні	t, мм	S, мм/об	V _{мгн} /хв	n, об ⁻¹	i	T _о , хв	T _{шт} , хв
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ166±0,25	1	0,9	0,6	210	400	2	18,8	20,74
Підрізати торець в розмір 376±0,36	2	0,9	0,6	270	400	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ192±0,29	3	0,9	0,6	240	400	2		
Підрізати торець в розмір 48±0,16	4	0,9	0,6	250	400	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ205±0,29	5	0,9	0,6	260	400	2		
Підрізати торець в розмір 125±0,25	6	0,9	0,6	250	400	1		

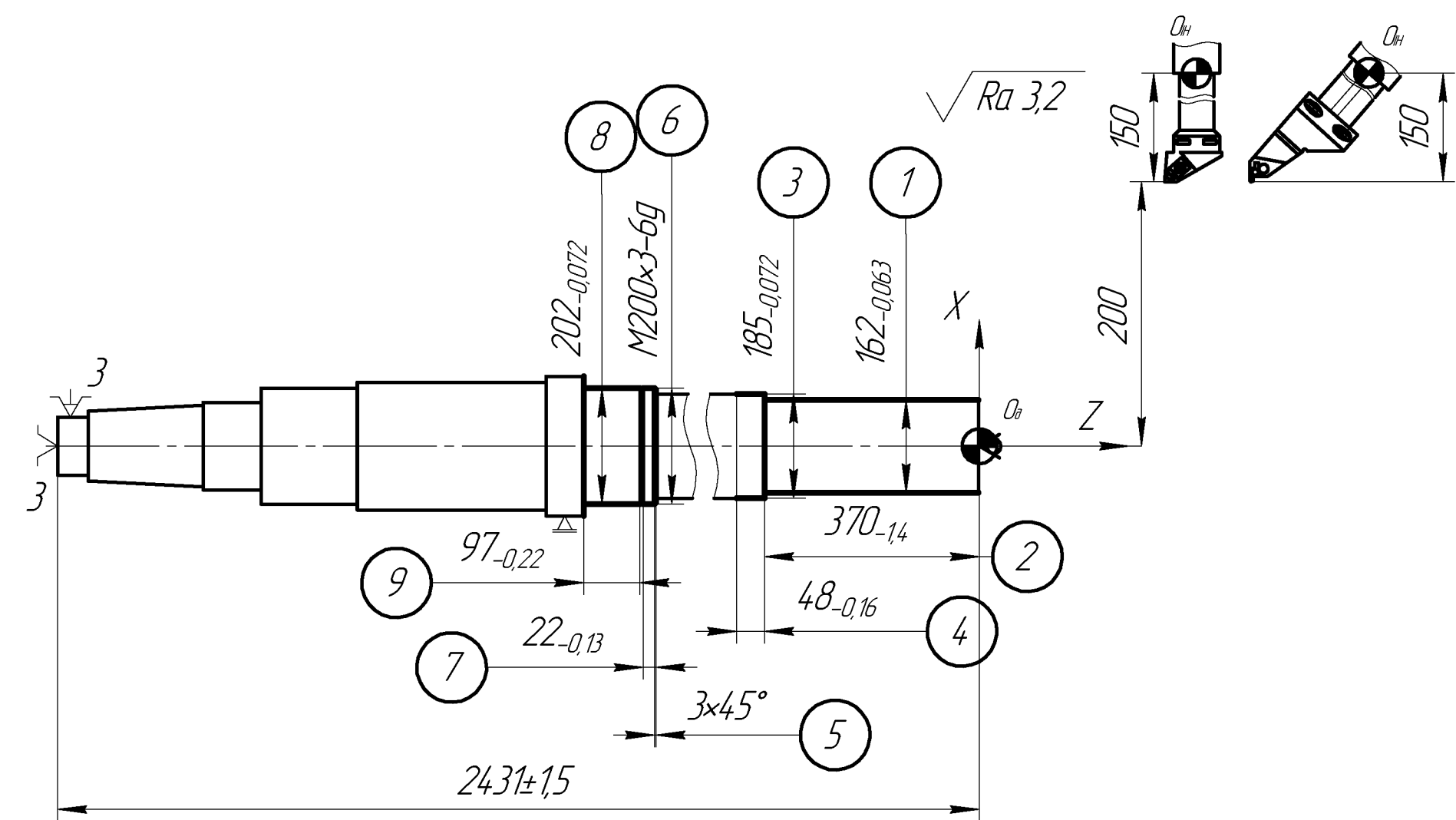
Установ Б



Найменування переходу	Поверхні	t, мм	S, мм/об	V _{мгн} /хв	n, об ⁻¹	i	T _о , хв	T _{шт} , хв
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ104±0,22	1	0,9	0,6	130	400	2	20,1	25,74
Підрізати торець в розмір 40±0,62	2	0,9	0,6	350	400	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ156±0,62 > 1:10	3	0,9	0,6	200	400	2		
Підрізати торець в розмір 250±0,29	4	0,9	0,6	350	400	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ156±0,25	5	0,9	0,6	200	400	2		
Підрізати торець в розмір 350±15	6	0,9	0,6	350	400	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ205±0,29	7	0,9	0,6	260	400	2		
Підрізати торець в розмір 521±0,44	8	0,9	0,6	350	400	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір φ226±0,29	9	0,9	0,6	290	400	2		
Підрізати торець в розмір 841±0,56	10	0,9	0,6	350	400	1		

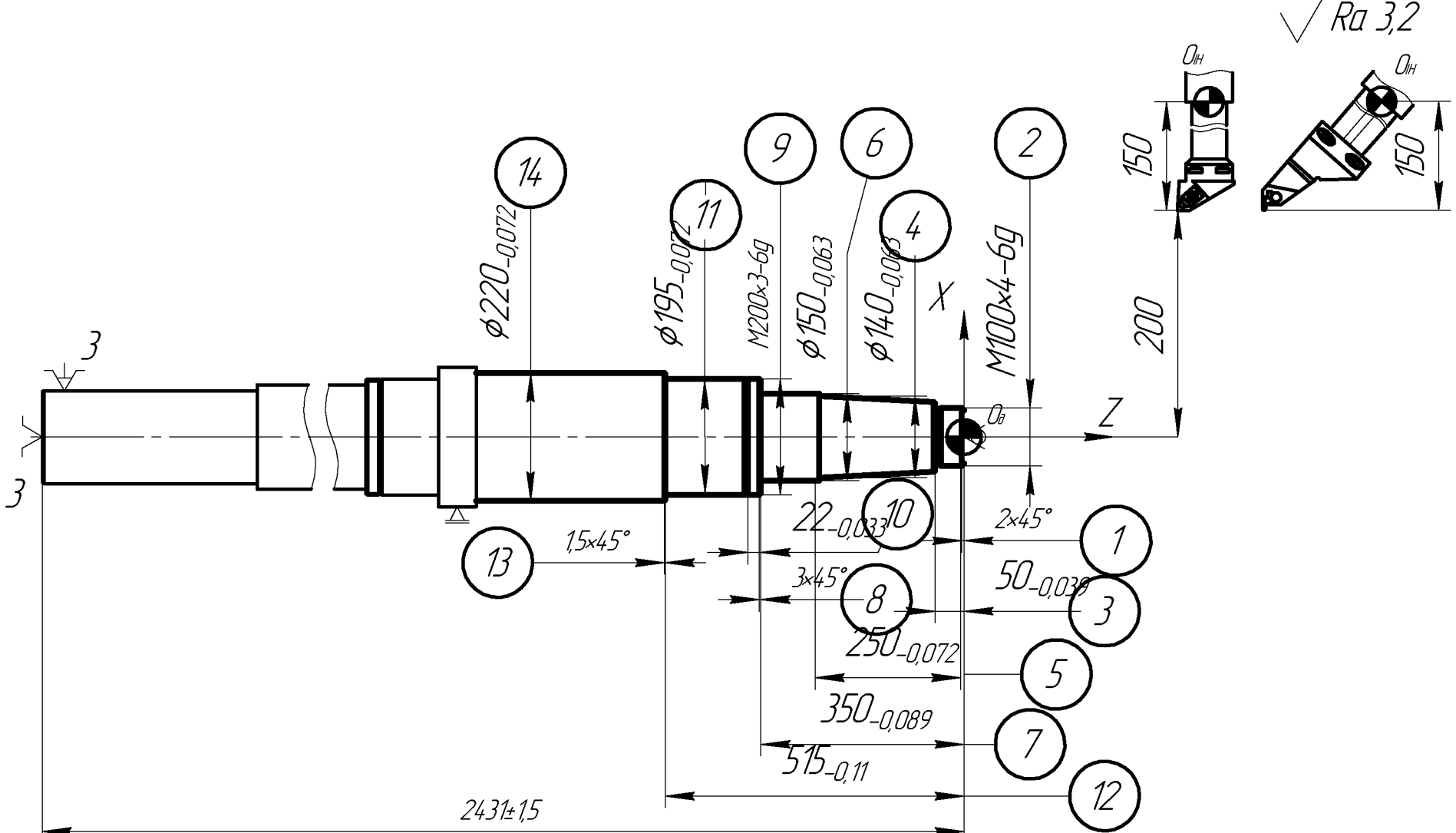
КНУКМР.13124.1-14.EO				Ескізи операцій		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Н	Маса	Масштаб
Розробив	Середа					1:1
Керівник	Рязанцев					
Н.контр.	Нечасов					
Затв.	Рязанцев					
				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		

Установ А



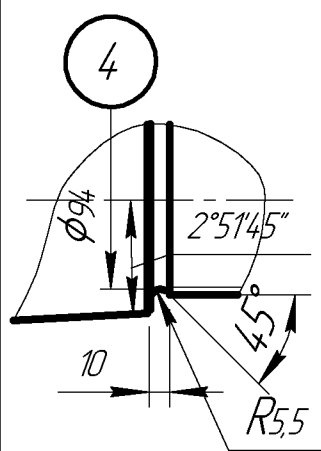
Найменування переходу	Поверхні	t, мм	S, мм/об	V _{мгн} /хв	n, об ⁻¹	i	T _о , хв	T _{шт.} , хв
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 162_{-0.063}^{+0.033}$	1	0,4	0,5	220	425	1	22,8	25,84
Підрізати торцеві в розмір 370 ± 14	2	0,3	0,5	250	425	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 185_{-0.072}^{+0.012}$	3	0,4	0,5	250	425	1		
Підрізати торцеві в розмір 48 $\pm 0,16$	4	0,3	0,5	200	425	1		
Точити фаску 3x45°	5	3	0,5	200	425	1		
Нарізати різьбу M200x3-6g	6	3	0,5	125	425	1		
Підрізати торцеві в розмір 22 $\pm 0,13$	7	0,3	0,5	250	425	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 202_{-0.012}^{+0.004}$	8	0,4	0,5	270	425	1		
Підрізати торцеві в розмір 97 $\pm 0,22$	9	0,3	0,5	250	425	1		

Установ Б

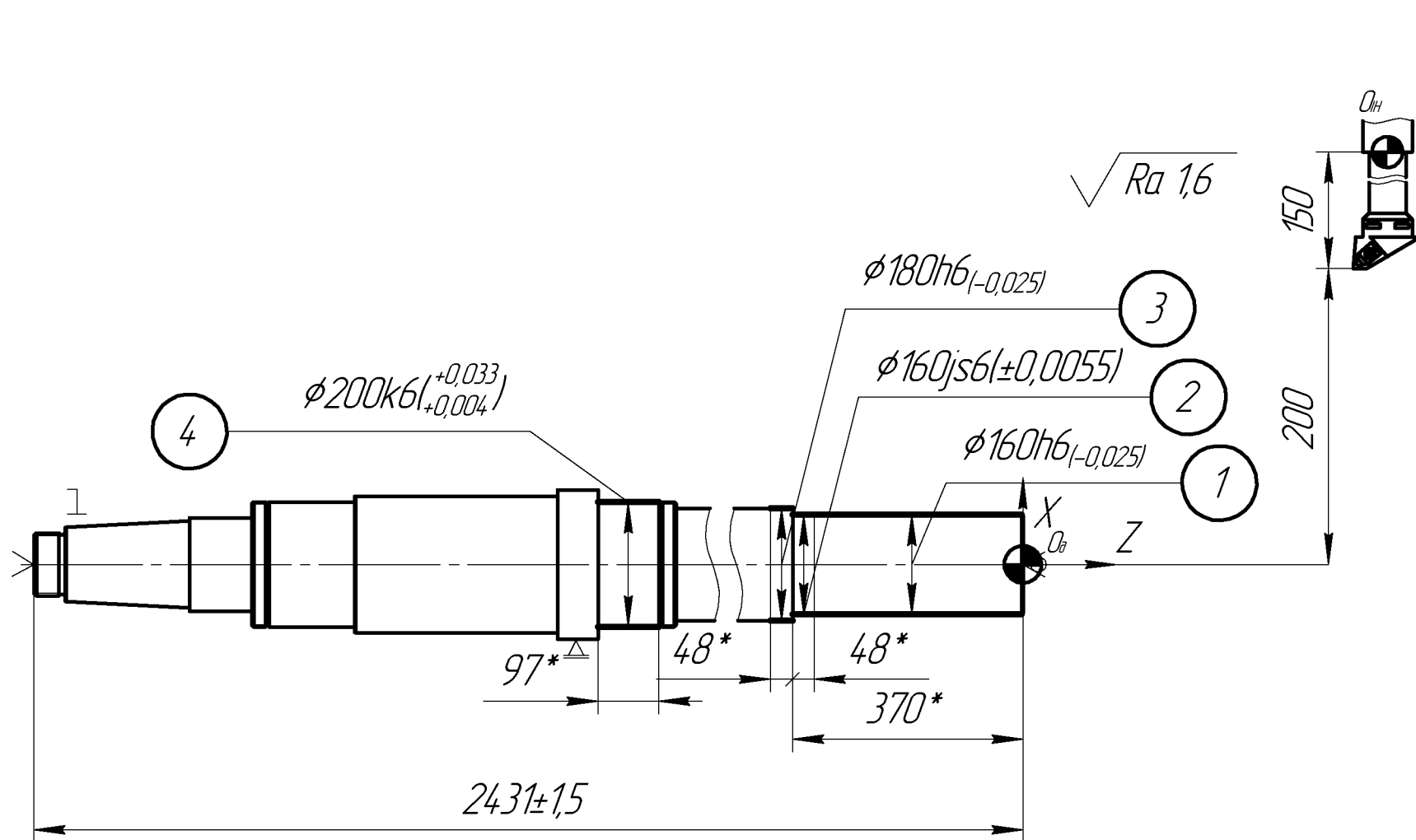


Найменування переходу	Поверхні	t, мм	S, мм/об	V _{мгн} /хв	n, об ⁻¹	i	T _о , хв	T _{шт.} , хв
Точити фаску 3x45°	1	3	0,5	250	425	1	24,2	35,84
Нарізати різьбу M100x4-6g	2	1	0,5	125	425	1		
Підрізати торцеві в розмір 50 $\pm 0,089$	3	0,3	0,5	250	425	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 140_{-0.063}^{+0.033}$	4	0,4	0,5	190	425	1		
Підрізати торцеві в розмір 250 $\pm 0,072$	5	0,3	0,5	250	425	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 150_{-0.063}^{+0.012}$	6	0,4	0,5	200	425	1		
Підрізати торцеві в розмір 350 $\pm 0,089$	7	0,3	0,5	250	425	1		
Точити фаску 3x45°	8	3	0,5	250	425	1		
Нарізати різьбу M200x3-6g	9	2	0,5	125	425	1		
Підрізати торцеві в розмір 22 $\pm 0,033$	10	0,3	0,5	250	425	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 195_{-0.072}^{+0.012}$	11	0,4	0,5	260	425	1		
Підрізати торцеві в розмір 515 $\pm 0,11$	12	0,3	0,5	250	425	1		
Точити фаску 15x45°	13	15	0,5	250	425	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 220_{-0.012}^{+0.004}$	14	0,4	0,5	290	425	1		

А (1:2)

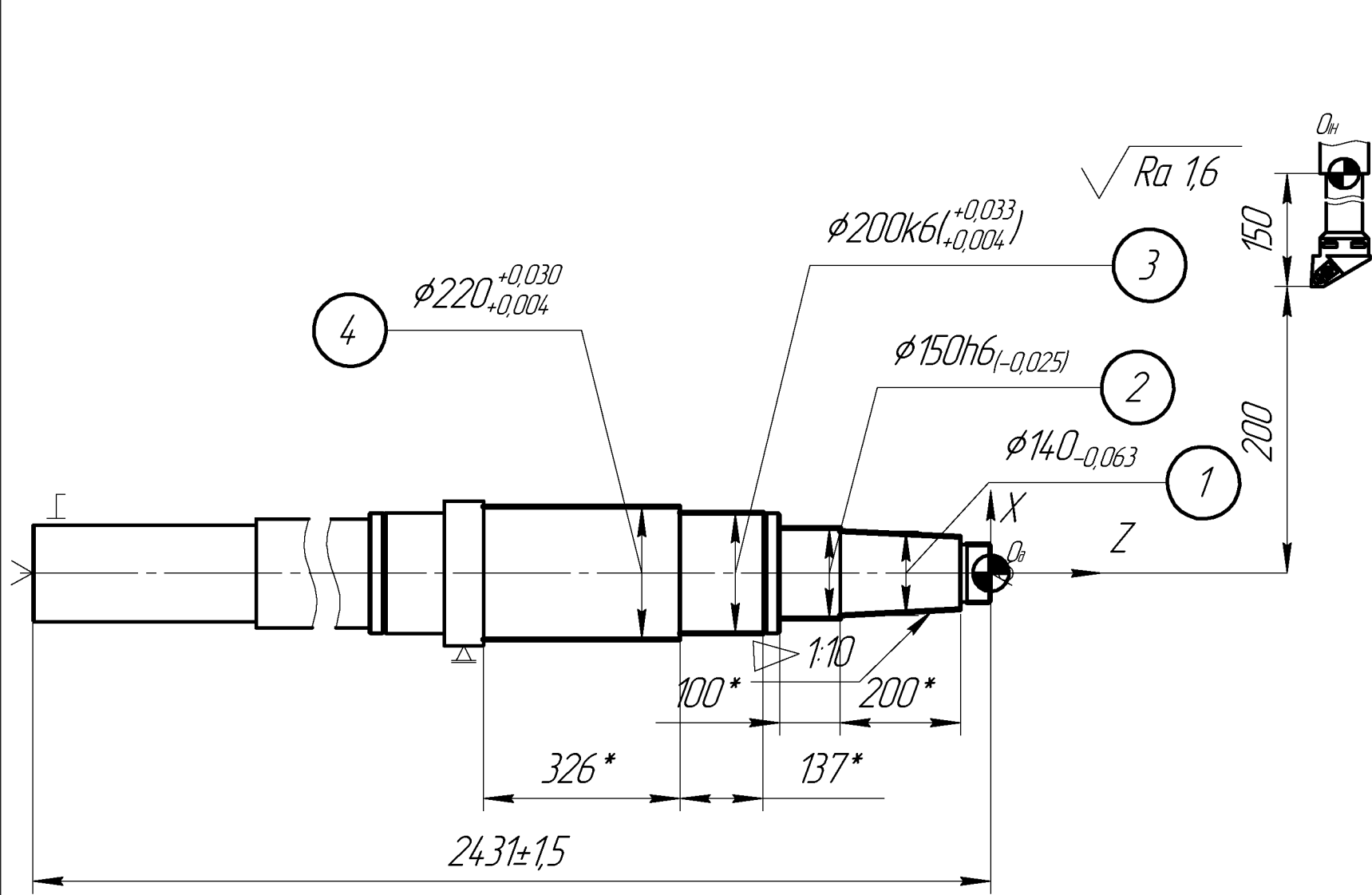


Установ А



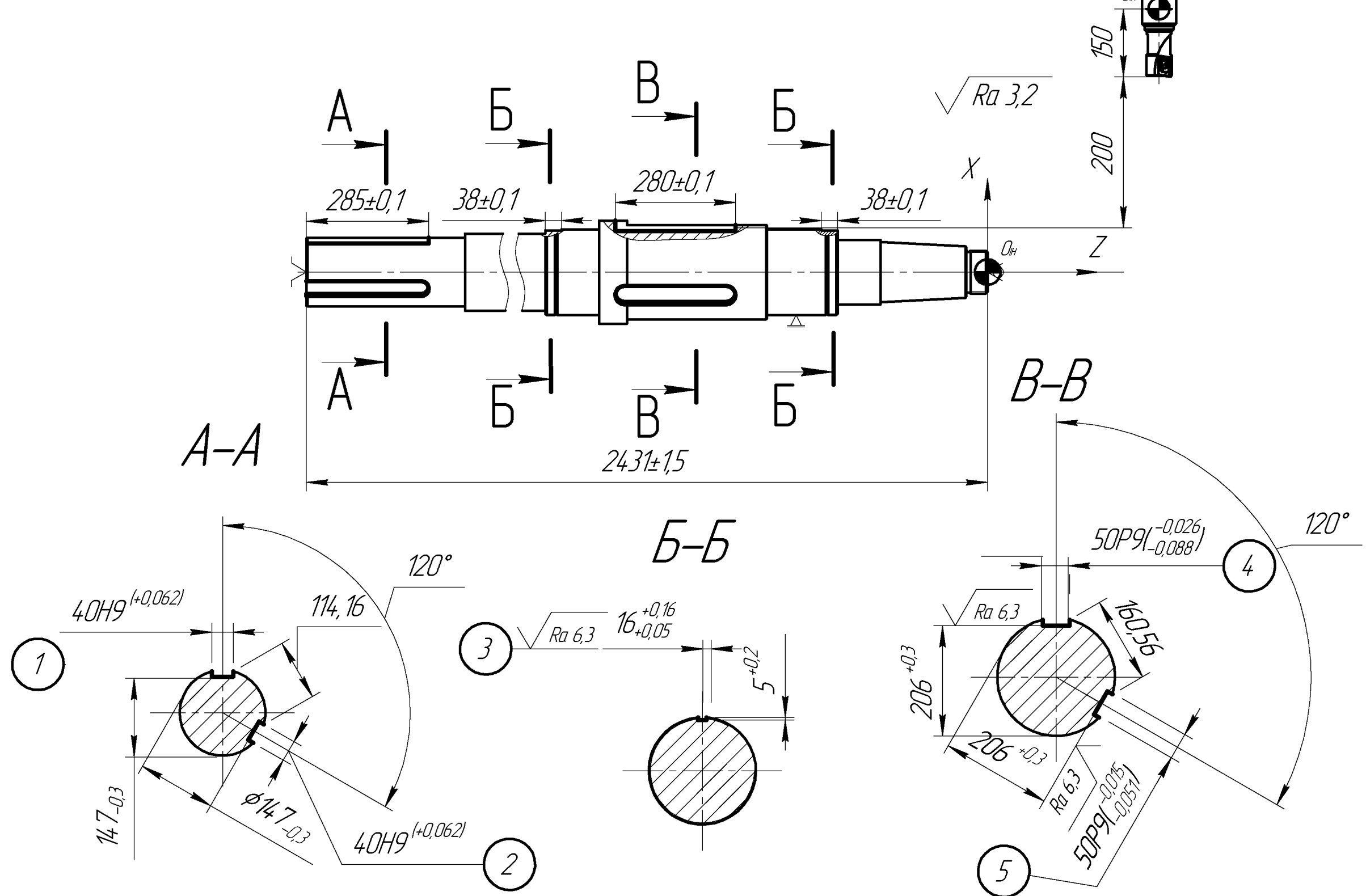
Найменування переходу	Поверхні	t, мм	S, мм/об	V _{мгн} /хв	n, об ⁻¹	i	T _о , хв	T _{шт.} , хв
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 160h6$	1	0,2	0,1	320	650	1	4,6	7,78
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 160js6$	2	0,2	0,1	320	650	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 180h6$	3	0,2	0,1	340	600	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 200k6$	4	0,2	0,1	347	560	1		

Установ Б



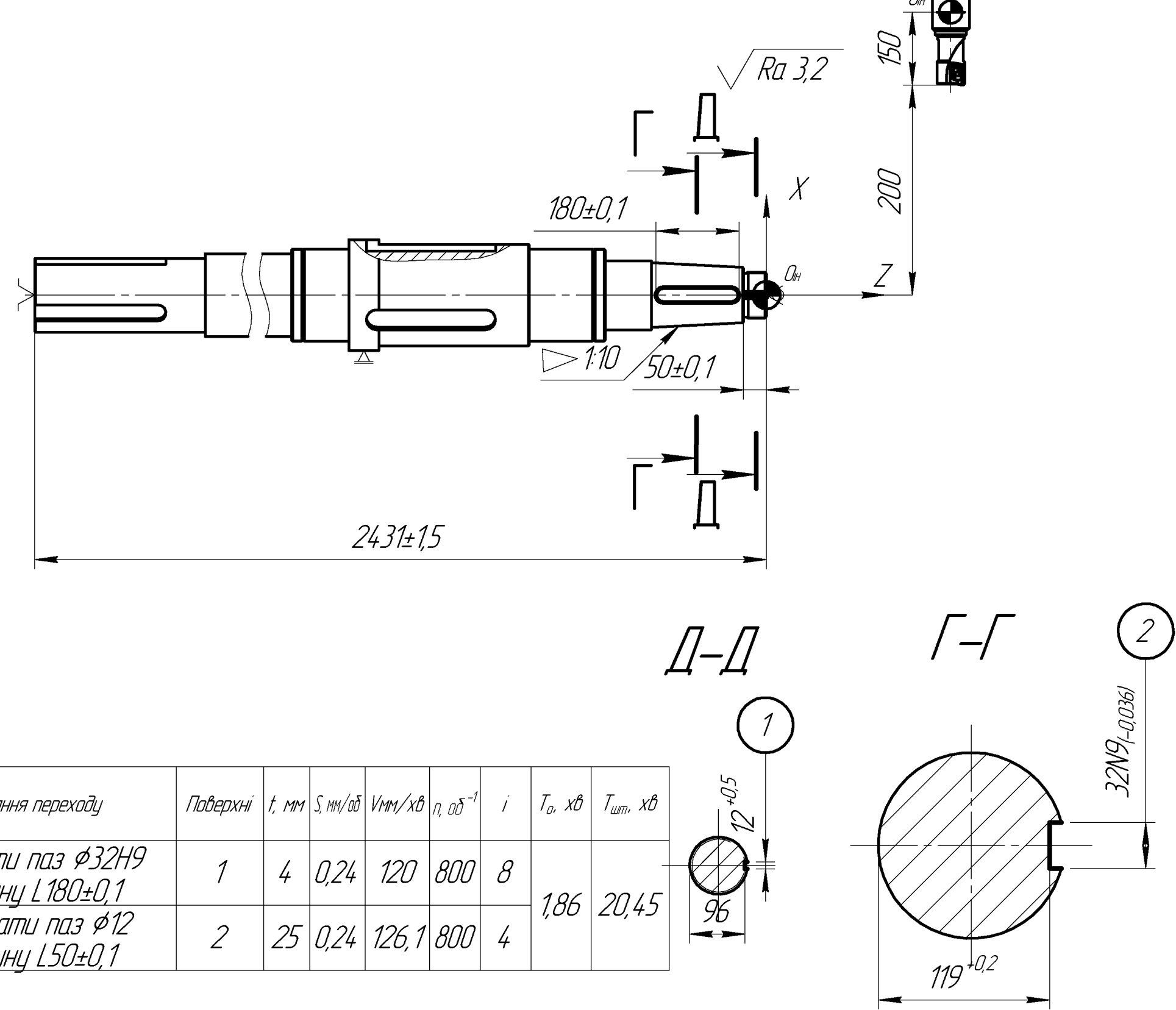
Найменування переходу	Поверхні	t, мм	S, мм/об	V _{мгн} /хв	n, об ⁻¹	i	T _о , хв	T _{шт.} , хв
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 140_{-0.063}^{+0.033}$	1	0,2	0,1	310	690	1	4,9	8,68
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 150h6$	2	0,2	0,1	320	680	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 200k6$	3	0,2	0,1	350	560	1		
Точити зовнішню циліндричну поверхню в розмір $\phi 220$	4	0,2	0,1	330	520	1		

Установ А



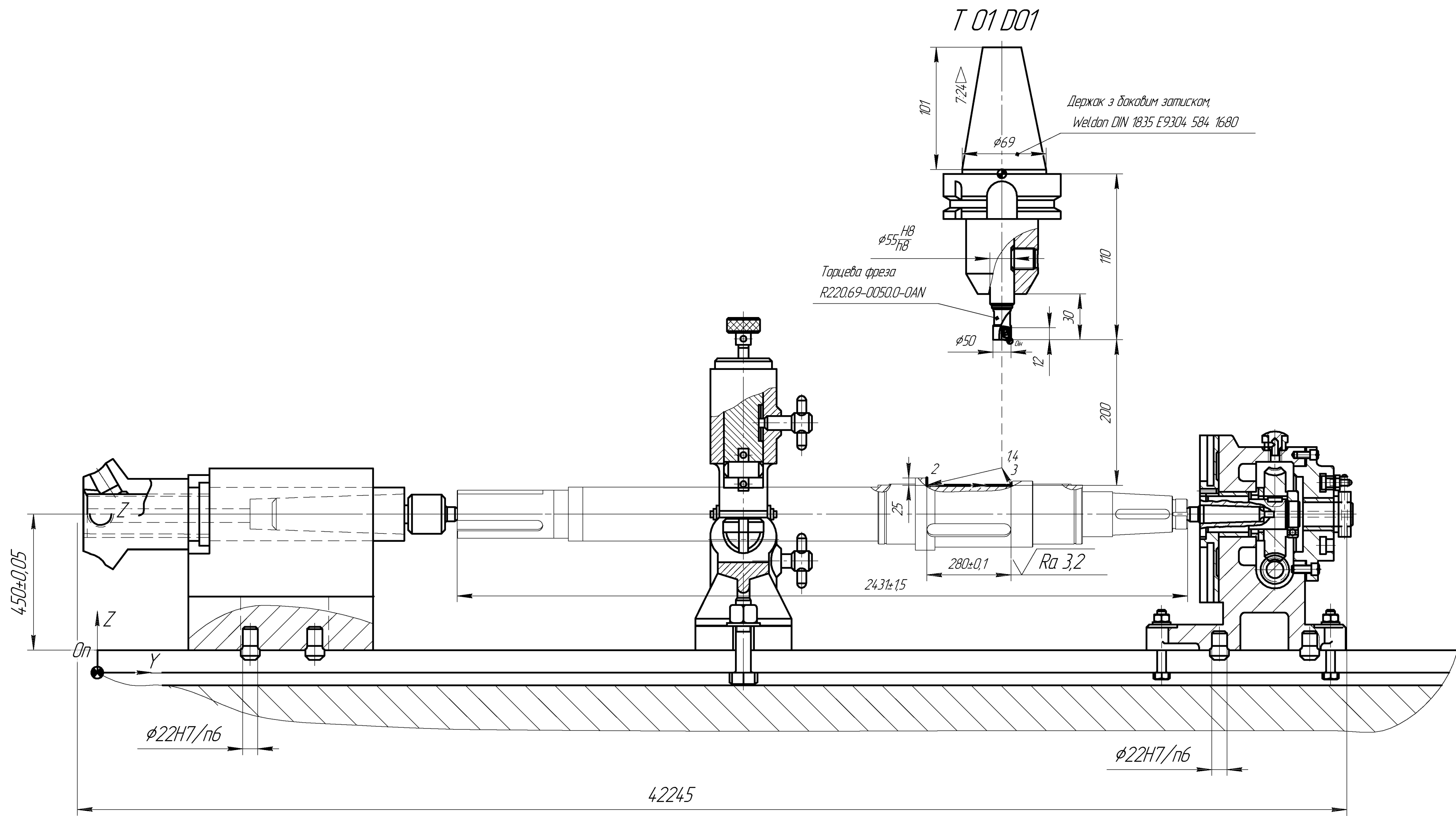
Найменування переходу	Поверхні	t, мм	S, мм/об	V _{мгн} /хв	n, об ⁻¹	i	T _о , хв	T _{шт.} , хв
Фрезерувати паз $\phi 40H9$ на довжину L285±0,1	1,2	13	0,24	126	805	10	2,85	36,95
Фрезерувати паз $\phi 16$ на довжину L38±0,1	3	5	0,24	120	800	5		
Фрезерувати паз $\phi 50P9$ на довжину L208±0,1	4,5	50	0,24	126	800	12		

Установ Б



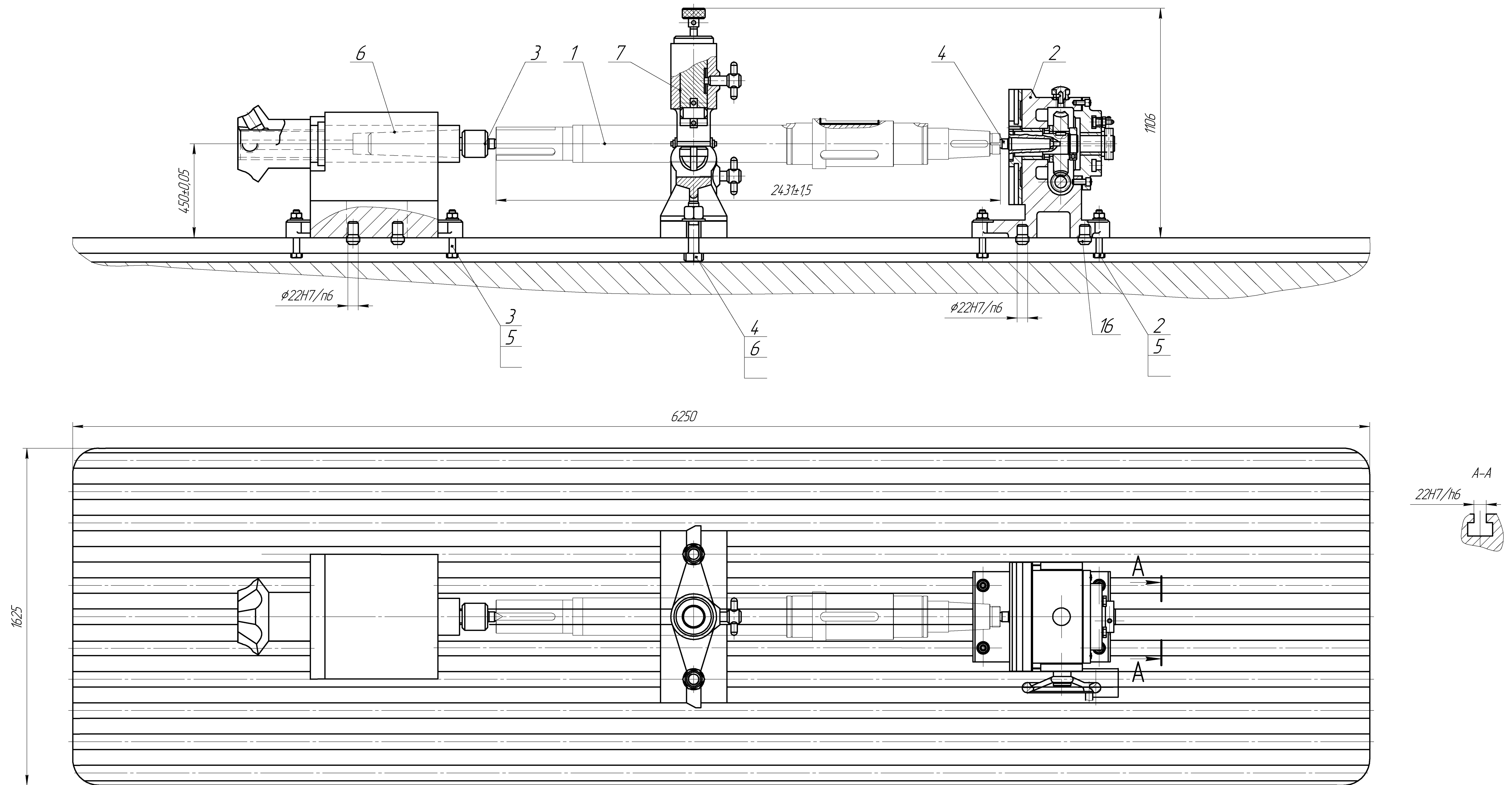
Найменування переходу	Поверхні	t, мм	S, мм/об	V _{мгн} /хв	n, об ⁻¹	i	T _о , хв	T _{шт.} , хв
Фрезерувати паз $\phi 32H9$ на довжину L180±0,1	1	4	0,24	120	800	8	1,86	20,45
Фрезерувати паз $\phi 12$ на довжину L50±0,1	2	25	0,24	126,1	800	4		

ОЗОФрезерна з ЧПК
Фрезерний з ЧПК мод. CORREA XPERTA 25



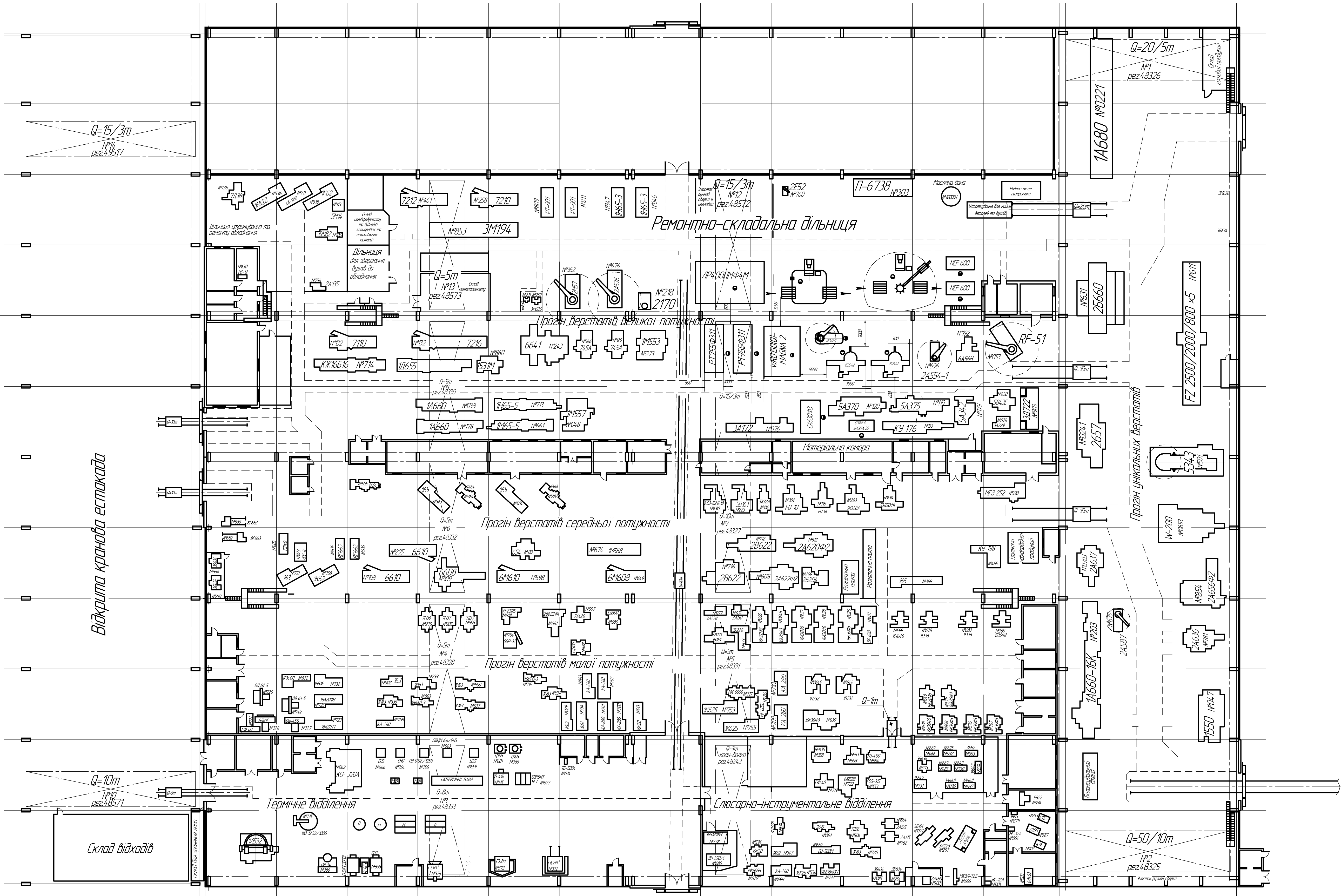
Інструмент	Позиція	Частота обертання	Код	Хвилинна подача	Код
Фреза спіральна SECO R220.69-0050.0-0AN T250M	T01	805	S860	0,24	F0,15

					КНУ.КМР.131.24.1-14.ВІН			
Зм./Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Верстатно-інструментальне налагодження	Літ.	Маса	Масштаб	
					Н		1:10	
					Лист		Листів 1	
Н.контр.	Нечасів				Кафедра ТМ гр. ПМ-24м			
Зам.	Рязанцев							

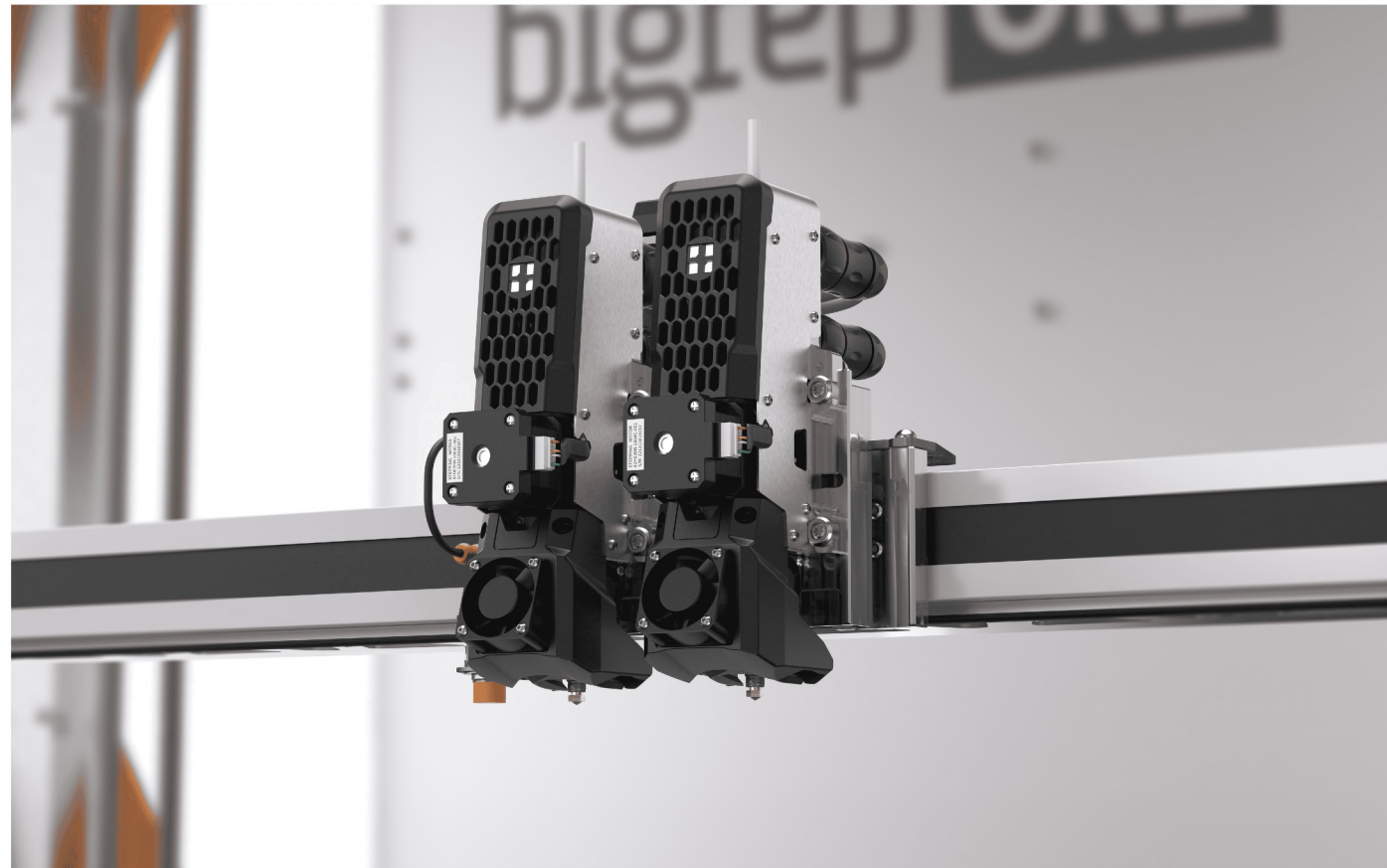


1. Пристосування спеціальне для фрезерної обробки
2. Сила затиску заготовки – 3,5 кН
3. Похибка пристрою – 47 мкм
4. Невказані граничні відхилення розмірів H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$

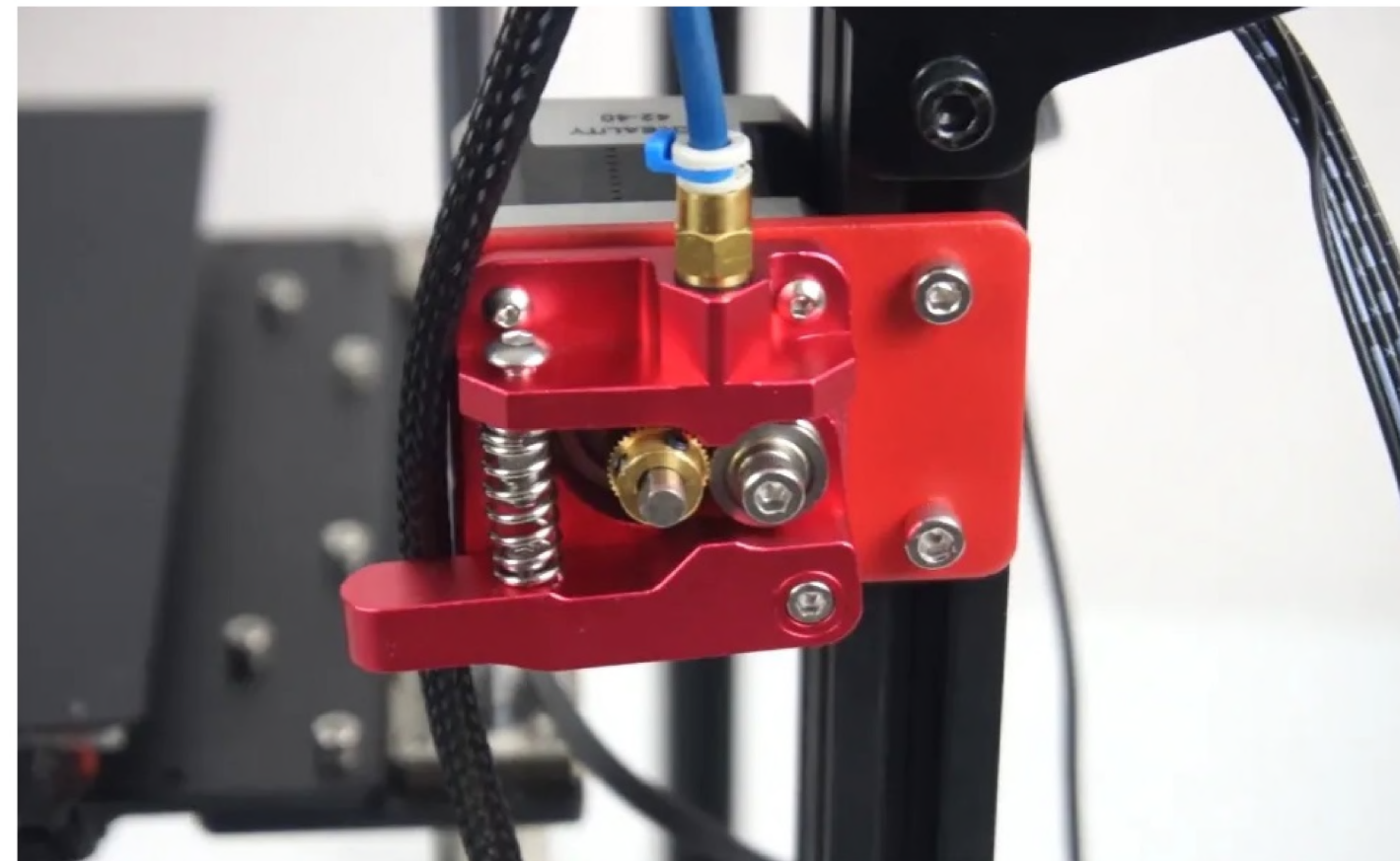
					КНУ.КМР.131.24.1-14.ПВ			
					Пристрій верстатний	Лист	Маса	Масштаб
Эт Лист	№ докум	Підпис	Дата	Н		—	1:10	
Розробив	Середа			Лист		Листів	1	
Керівник	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-24м				
Н.контр.	Ненасів							
Затв.	Рязанцев							



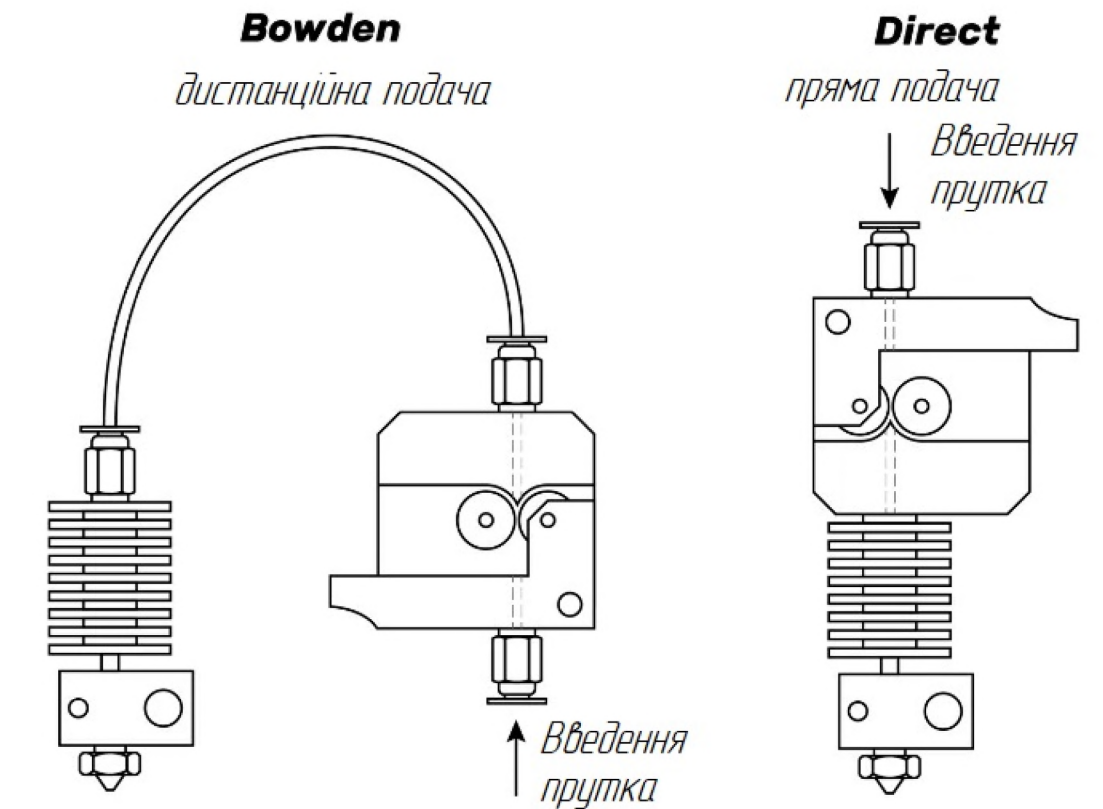
КНУКМР.131.24.1-14.ПЦ				План цеху		
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Рязанцев	Рязанцев		Н		1:100
Керівник	Рязанцев	Рязанцев		Лист	Листів	1
Начальник	Рязанцев	Рязанцев		Кафедра ТМ гр. ПМ-24м		
Затв.	Рязанцев	Рязанцев				



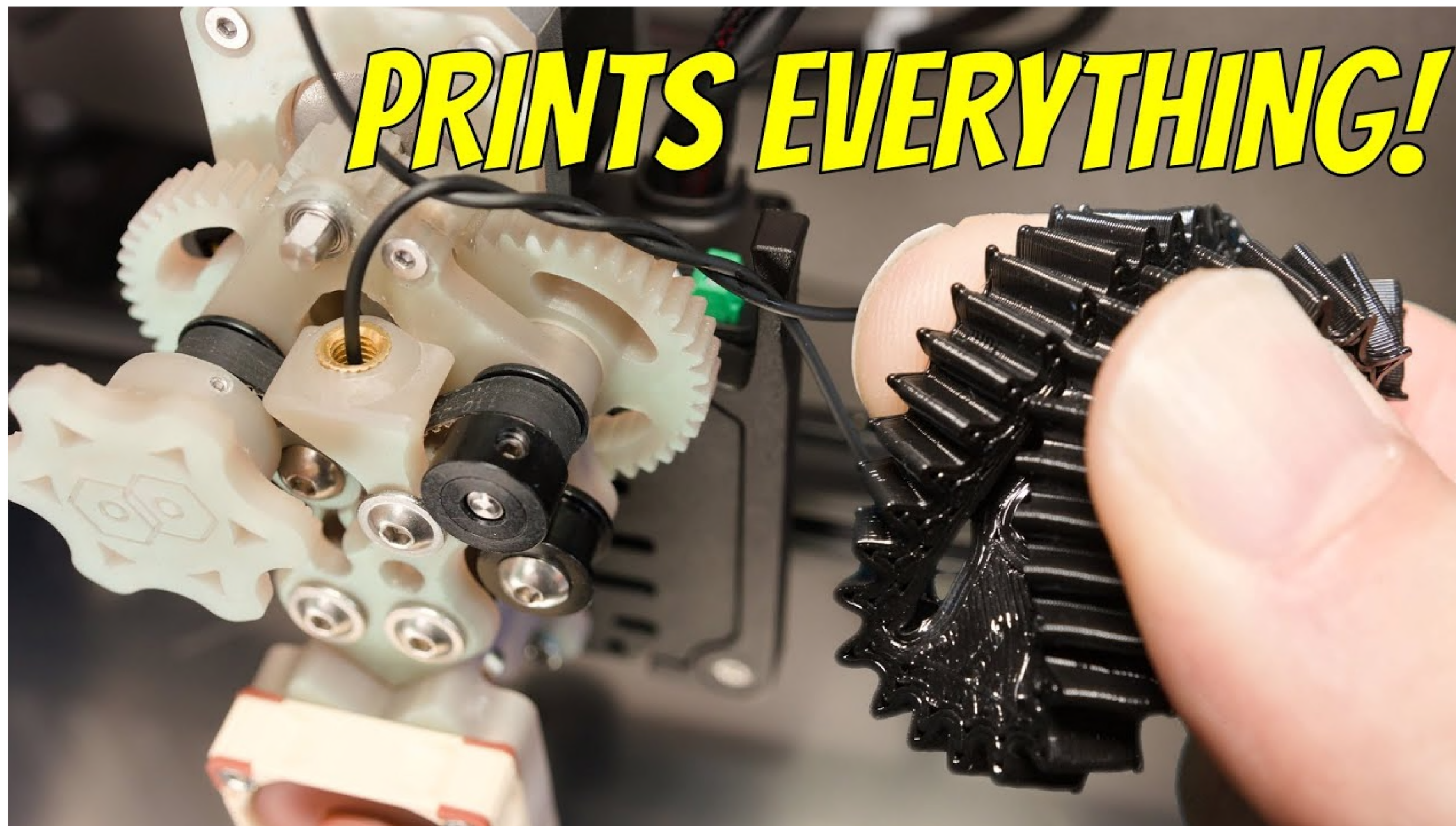
Друкуючі голівки принтера на напрямних



Механізм подачі філаменту



Типи подачі філаменту



					КНУ.КМР.131.24.1-14.НЧ			
					Наукова частина	Лит.	Маса	Масштаб
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Н	—	—
Розрадів	Середя					Лист		Листів 1
Керівник	Рязанцев					Кафедра ТМ		
						гр. ПМ-24м		
Н.контр.	Нечасів							
Затв.	Рязанцев							