

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: Підвищення продуктивності процесу конструкторсько-технологічної підготовки виробництва корпусу мастильних насосів типу Р59 з використанням САПР технологій.

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

Керівник КМР:
к.т.н., доцент
Цивінда Н.І.

Кривий Ріг
2024 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення продуктивності процесу конструкторсько-технологічної підготовки виробництва корпусу мастильних насосів типу Р59 з використанням САПР технологій.

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

Фоменко В.О.

Керівник КМР

Цивінда Н.І.

Нормоконтроль

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

Рязанцев А.О.

м. Кривий Ріг
2024 р.

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

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

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну магістерську роботу

Магістранта гр. ПМ-23м Фоменко Володимир Олексійович

1. Тема: Підвищення продуктивності процесу конструкторсько-технологічної підготовки виробництва корпусу мастильних насосів типу Р59 з використанням САПР технологій

Керівник КМР: доц., к.т.н. Цивінда Н.І.

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

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення вузла. 2. Креслення деталі «Корпус масляного насосу». 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1 Розробка та узгодження технічного завдання. 2 Проектування технологічного процесу складання. 3 Технологічна підготовка виробництва виробу. 4 Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах ЧПК. 5 Конструкторська підготовка виробництва. 6 Організаційно-економічна підготовка виробництва. 7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Складальне креслення. 2. Корпус масляного насосу. 3. Корпус масляного насосу (відливка). 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Спеціальне пристосування. 7. Контрольне пристосування.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Організаційно-економічна підготовка виробництва	Цивінда Н.І. к.т.н., доцент		

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
1 Розробка та узгодження технічного завдання	12.09.2024
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	17.09.2024
1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі	22.09.2024
2 Проектування технологічного процесу складання	28.09.2024
3 Технологічна підготовка виробництва виробу	01.10.2024
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі	05.10.2024
3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі	15.10.2024
4 Розробка верстатно-інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстатах з ЧПК	18.10.2024
5 Конструкторська підготовка виробництва	23.10.2024
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	24.10.2024
6.1 Охорона праці	06.11.2024
6.2 Розрахунок ключових техніко-економічних показників	13.11.2024
7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів	16.11.2024
Висновки	17.11.2024
Додатки	18.11.2024
Попередній захист	21.11.2024

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2024 р.

Завдання видав керівник
кваліфікаційної магістерської роботи _____ / Цивінда Н.І./

Завдання отримав
магістрант _____ / Фоменко В.О./

РЕФЕРАТ

На тему: “Підвищення продуктивності процесу конструкторсько-технологічної підготовки виробництва корпусу мастильних насосів типу Р59 з використанням САПР технологій”.

Пояснювальна записка до дипломного проектування складається з: 160 сторінок, 97 рисунків, 18 таблиць, комплект карт на технологічні процеси механічної обробки деталі, а також 10 листів графічної частини.

Актуальність цього дослідження обумовлена зростаючими вимогами до якості, точності та швидкості виробництва корпусів мастильних насосів, які є важливими компонентами технічних систем. У сучасних умовах конкурентного ринку необхідно скорочувати терміни проектування, знижувати витрати на виробництво та забезпечувати високу надійність продукції. Впровадження систем автоматизованого проектування (САПР) дозволяє оптимізувати процеси конструкторсько-технологічної підготовки, підвищувати продуктивність, мінімізувати помилки та забезпечувати відповідність сучасним стандартам. Це підкреслює важливість дослідження інтеграції САПР-технологій у виробництво корпусів мастильних насосів для підвищення конкурентоспроможності підприємств.

Метою цього дослідження є підвищення ефективності процесів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва корпусів мастильних насосів шляхом впровадження та раціонального використання технологій автоматизованого проектування (САПР). Це передбачає оптимізацію конструкторських і технологічних процесів, скорочення часу розробки, мінімізацію помилок, підвищення точності конструкторських рішень і забезпечення відповідності продукції сучасним стандартам якості та вимогам ринку.

Об'єктом дослідження є процес підготовки виробництва корпусів мастильних насосів, що охоплює розробку конструкторської документації, створення технологічних маршрутів та підготовку виробництва до виготовлення продукції. Предметом дослідження є методи, інструменти та технології автоматизованого проектування (САПР), які сприяють оптимізації цього процесу, скороченню часу виконання, підвищенню точності конструкторських рішень та забезпеченню відповідності продукції сучасним вимогам якості та стандартам ринку.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.Р</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Фоменко</i>			<i>РЕФЕРАТ</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		<i>Цивінда</i>					1	2
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>				<i>Кафедра ТМ</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Рязанцев</i>				<i>гр. ПМ-23М</i>		

ABSTRACT

Topic: “Improving the Productivity of Design and Technological Preparation of Production for R59 Lubricating Pump Housings Using CAD Technologies.”

The explanatory note for the diploma project consists of 160 pages, including 97 figures, 18 tables, a set of process maps for machining operations, and 10 sheets of graphical materials.

The relevance of this study arises from increasing demands for quality, precision, and production speed for lubricating pump housings, which are critical components in technical systems. In today's competitive market, it is essential to shorten design timelines, reduce production costs, and ensure high product reliability. Implementing Computer-Aided Design (CAD) systems optimizes design and technological processes, enhances productivity, minimizes errors, and ensures compliance with modern standards. This underscores the importance of investigating the integration of CAD technologies into the production of lubricating pump housings to improve enterprise competitiveness.

The aim of this research is to enhance the efficiency of design and technological preparation for the production of lubricating pump housings through the implementation and rational use of CAD technologies. The objectives include optimizing design and technological processes, reducing development time, minimizing errors, improving the precision of design solutions, and ensuring compliance with modern quality standards and market requirements.

The object of the study is the production preparation process for lubricating pump housings, encompassing the development of design documentation, the creation of technological routes, and production readiness for manufacturing. The subject of the study involves methods, tools, and CAD technologies that optimize this process, reduce execution time, improve the accuracy of design solutions, and ensure that products meet modern quality requirements and market standart.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.Р</i>					

ЗМІСТ

Реферат

Вступ

1. РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних проекту

1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі

1.3 Вимоги до методів проектування, моделювання, дослідження технологій

2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

2.1 Службове призначення виробу

2.2 Розрахунок лінійних та кутових розмірних ланцюгів

2.3 Проектування технологічного процесу складання

3. ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПІДГОТОВЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі

3.1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

3.1.4 Аналіз технологічності деталі

3.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

3.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

3.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

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

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

3.2.2 Вибір і обґрунтування баз

3.2.3 Розробка маршруту обробки деталі

3.2.4 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

3.2.5 Розробка технологічної операції

3.2.5.1 Вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

4. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Проектування технологічного оснащення

5.1.1 Проектування верстатного оснащення

5.1.2 Проектування контрольного оснащення

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.3</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Фоменко</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>	<i>Цивінда</i>					1	2
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечасів</i>				<i>ЗМІСТ</i>		
<i>Утв.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23м</i>		

6. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Охорона праці та екологія виробництва

6.2 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

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

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.3</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ВСТУП

Процес конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (КТПВ) є одним із основних етапів у розробці сучасних виробів, оскільки він визначає якість, ефективність і витрати виробничого процесу. Це особливо важливо в умовах швидко змінюваних ринків і високої конкуренції в промисловості, де кожна деталь повинна відповідати вимогам точності, надійності та довговічності. Враховуючи високі вимоги до механічних властивостей виробів, таких як корпуси мастильних насосів типу Р59, оптимізація технологічних і конструкторських етапів розробки має вирішальне значення.

Корпуси мастильних насосів типу Р59 є важливими складовими в різних галузях, таких як автомобільна, енергетична та машинобудівна. Для забезпечення їх ефективної роботи необхідно впроваджувати передові технології на всіх етапах виробництва — від проектування до безпосереднього виготовлення. Використання сучасних технологій САПР (систем автоматизованого проектування) в процесах конструкторсько-технологічної підготовки виробництва дозволяє значно підвищити продуктивність, скоротити час розробки документації, зменшити ймовірність помилок і забезпечити високий рівень точності в виробництві складних компонентів.

Метою цієї роботи є вивчення та розробка методів підвищення продуктивності процесу конструкторсько-технологічної підготовки виробництва корпусу мастильних насосів типу Р59 шляхом інтеграції сучасних технологій САПР. Зокрема, акцент буде зроблено на використанні автоматизованих систем для моделювання, оптимізації технологічних процесів і покращення якості продукції.

Це дослідження має на меті не лише вдосконалення існуючих підходів до КТПВ, але й пропозицію нових рішень, які дозволять підприємствам зменшити витрати, скоротити час на розробку та випуск продукції і покращити їх конкурентоспроможність на ринку.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.В</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Фоменко</i>			<i>ВСТУП</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		<i>Цивінда</i>					1	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечасєв</i>				<i>Кафедра ТМ</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Рязанцев</i>				<i>гр. ПМ-23м</i>		

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних проекту

Метою кваліфікаційної роботи є розглядання способів покращення процесу конструкторсько-технологічної підготовки виробництва корпусу мастильних насосів типу Р59.

Корпуси мастильних насосів є важливими, оскільки забезпечують механічну міцність і цілісність системи, запобігаючи витоку масла та підтримуючи необхідний тиск. Вони також формують робочі камери, які впливають на ефективність перекачування, і відводять тепло, щоб уникнути перегріву насоса. Крім того, добре спроектовані корпуси забезпечують легкий доступ для обслуговування, що підвищує надійність і довговічність обладнання.

Об'єкт дослідження дипломної роботи – розробка конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі “Корпус” для мастильних насосів.

Предмет дослідження дипломної роботи – використання САПР для підвищення продуктивності процесів конструкторсько-технологічної підготовки з виробництва деталі “Корпус” мастильних насосів.

1.2 Службове призначення об'єкту проектної задачі

Масляний насос є невід'ємною частиною газоперекачувального агрегату ГПА-10, призначений для подачі масла для змащування та охолодження елементів стиснення, що труться, а також вузлів системи регулювання, сопел інжекторів і вхідних отворів гвинтових насосів. Цей агрегат розрахований на роботу в умовах високої швидкості.

Технічні параметри роботи масляного насоса:

- Максимальна частота обертання насоса: 5820 об/хв
- Тиск нагнітання: 20 кг/см²
- Тиск на вході: 0,5 кг/см²

Робоче середовище цього агрегату характеризується:

- Вібрацією
- Підвищеною температурою (до 100°С), яка виникає внаслідок перекачування масла.

Основними виробничими задачами є:

- а) Забезпечення зазору між буртом валу і торцем підшипника
- б) Достатній боковий зазор між зубами зубчатих коліс.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.01.РЧТЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Фоменко</i>			<i>РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		<i>Цивінда</i>					1	2
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечасєв</i>				<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23М</i>		
<i>Уте.</i>		<i>Рязанцев</i>						

1.3 Вимоги до методів проектування, моделювання, дослідження технологій

Корпус мастильного насоса відіграє важливу роль, забезпечуючи механічну цілісність, герметичність та ефективність роботи. Зазвичай виготовлені з металевих сплавів, ці корпуси забезпечують високу міцність і стійкість до корозії. Їхня конструкція дозволяє створювати необхідні робочі камери для циркуляції масла і часто має фланці для зручного монтажу з іншими компонентами системи. Оснащені ущільненнями, корпуси запобігають витокам масла та підтримують оптимальний тиск. Крім того, дизайн корпусу сприяє відведенню тепла, що виникає під час роботи насоса, запобігаючи його перегріву. Легкий доступ до внутрішніх компонентів полегшує обслуговування та ремонт, що підвищує надійність обладнання.

Вимоги до проектування корпусів мастильних насосів включають кілька ключових аспектів. По-перше, механічна міцність і жорсткість є критично важливими, оскільки корпус має витримувати значні механічні навантаження без деформацій, забезпечуючи надійність роботи під високими тисками та вібраціями. По-друге, корпус повинен запобігати витоку масла для підтримки стабільності тиску в системі, використовуючи різні типи ущільнень, які відповідають сучасним стандартам. Крім того, конструкція повинна оптимізувати форму та об'єм робочих камер для досягнення максимальної ефективності перекачування, зменшуючи опір потоку. Ефективне відведення тепла є важливим для запобігання перегріву під час роботи, що може бути досягнуто завдяки спеціальним конструкціям, які покращують циркуляцію повітря або охолодження рідини. Нарешті, конструкція повинна забезпечувати зручний доступ до внутрішніх компонентів для обслуговування та ремонту, що підвищує надійність і загальну продуктивність насоса. [1]

					КНУ.КМР.131.24.1-15.01.РУТЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ

2.1 Службове призначення виробу

Масляний насос типу Р59 виконує важливу роль у забезпеченні безперервної подачі мастила до тертьових частин механізмів внутрішнього згоряння. Його основні функції полягають у зменшенні тертя між рухомими частинами, що підвищує їхню ефективність та тривалість служби, підтримці оптимального тиску масла в системі для запобігання пошкодженням компонентів, а також в охолодженні, оскільки насос допомагає відводити тепло від критичних елементів двигуна, запобігаючи перегріву. Всі ці функції разом забезпечують надійну та ефективну роботу двигуна, покращуючи його продуктивність і зменшуючи ризик поломок.

Конструкція масляного насоса Р59 складається з кількох важливих елементів. Корпус, виготовлений із металевих сплавів, забезпечує насос необхідною міцністю та захищає його від корозії. В середині насоса розміщений робочий механізм, що відповідають за перекачування масла. Для забезпечення герметичності використовуються ущільнення, які запобігають витоку мастила. Крім того, конструкція насоса передбачає очищення масла від забруднень, що підвищує його ефективність, а також передбачає зручний доступ до внутрішніх компонентів для обслуговування. [1]

2.2 Розрахунок лінійних та кутових розмірних ланцюгів

Щоб вирішити перше виробниче завдання, ми формуємо ланцюг лінійних розмірів, а для другого завдання – ланцюг кутових розмірів (див. рисунок 2.1). Далі розпочинаємо обчислення параметрів лінійних розмірних ланцюгів. Щоб забезпечити коректну роботу масляного насоса необхідно витримувати зазор для теплового розширення між підшипником і буртом валу, який дорівнює $A_{\Sigma} = 0^{+0,6}_{+0,1}$ мм, тобто $T_{\Sigma} = 0,5$ мм, $\Delta C_{\Sigma} = 0,35$ мм.

Задачу вирішують імовірнісним методом.

Розраховуємо число допускових одиниць [3, с.32]

$$a = \frac{\sqrt{T_{\Sigma}^2 - k_i^2 \cdot \sum T_{cm}^2}}{k_i \cdot \sqrt{\sum_1^{m+n} i^2}}, \quad (2.1)$$

де T_{Σ} – допуск замикальної ланки;

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.02.ПТПС</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	<i>Фоменко</i>				Лит.	Лист	Листов
Пров.	<i>Цивінда</i>					1	12
Н. Контр.	<i>Нечасєв</i>				<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23М</i>		
Утв.	<i>Рязанцев</i>						
<i>ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ</i>							

$T_{ст}$ – допускowa величина елемента (в даному випадку - підшипники, допускowa величина на ширину яких [3, табл. 4.82, с.273] дорівнює: для підшипника 112 – 120 мкм, для підшипника 2208 – 150 мкм);

i – одиниця допуску [2, табл. 3.3, с.20].

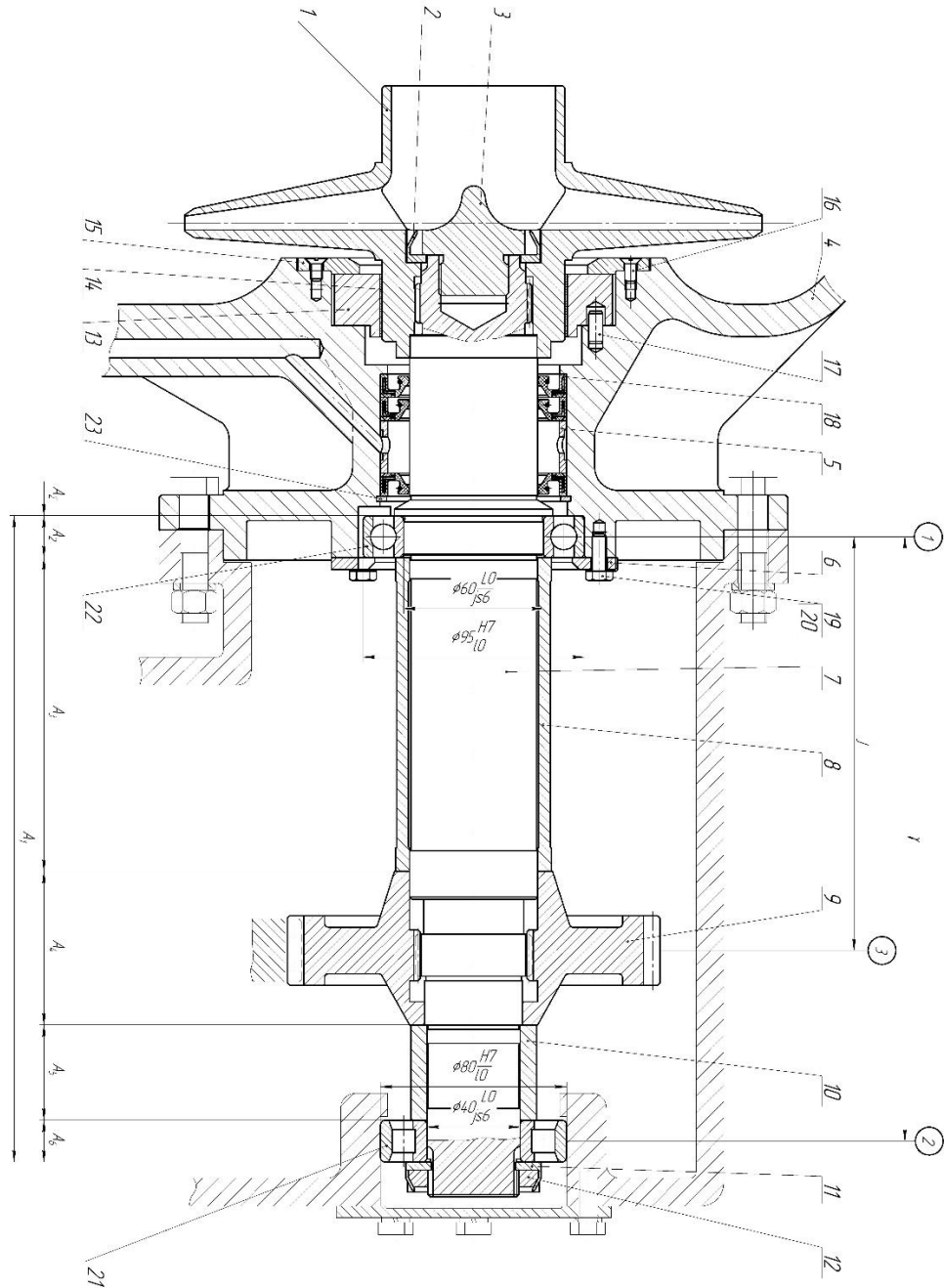


Рисунок 2.1 - Схема розмірних ланцюгів

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.02.ПТПС

Лист

Обираємо значення коефіцієнта $k_i = 1,2$.

$$a = \frac{\sqrt{500^2 - 1,2^2 \cdot (150^2 + 120^2)}}{1,2 \cdot \sqrt{2,52^2 + 1,86^2 + 1,56^2 + 3,22^2}} = 65$$

Знайдене значення еквівалентне квалітетам IT10-IT11 і задовольняє інтервал $a = 64 - 100$ [2, табл. 1.8, с.45]. Заносимо квалітети в таблицю 2.1.

Перевіряємо коректність вибраних допускових величин:

$$T_{\Sigma} = k_i \cdot \sqrt{\sum_1^{m+n} T_i^2} \quad (2.2)$$

$$T_{\Sigma} = 1,2 \cdot \sqrt{150^2 + 120^2 + 210^2 + 160^2 + 120^2 + 100^2} = 434 \neq 500$$

Таким чином, невідповідність має величину $r_T = 500 - 434 = 66$ мкм.

При $r_T \neq 0$ допускові величини не погоджуються. У такому разі визначається зменшена допускова ланка за формулою A_5 за формулою [4, с.54]:

$$TA_{i,y} = \frac{\sqrt{TA_{\Sigma}^2 - k_i^2 \cdot \sum T_i^2}}{k_i} \quad (2.3)$$

$$TA_5 = \frac{\sqrt{500^2 - 1,2^2 \cdot (150^2 + 120^2 + 210^2 + 160^2 + 120^2)}}{1,2} = 230 \text{ мкм}$$

Серединна координата поля зменшеної допускової ланки знаходиться відповідно до формули:

$$\overline{\Delta C_x} = \sum_{i=1}^n \overline{\Delta C_i} - \sum_{j=1}^m \overline{\Delta C_j} - \Delta C_{\Sigma} \quad (2.4)$$

$$\overline{\Delta C_{A_5}} = 0 - (-0,075 - 0,06 - 0,08 - 0,06 + 0,35) = -0,075 \text{ мм.}$$

Граничні відхилення ланки залежності відповідно:

$$es_{A_5} = \Delta C_{A_5} + \frac{TA_5}{2} = -0,075 + \frac{0,23}{2} = 0,04 \text{ мм.}$$

$$ei_{A_5} = \Delta C_{A_5} - \frac{TA_5}{2} = -0,075 - \frac{0,23}{2} = -0,19 \text{ мм.}$$

Перевіряємо розрахункову частину:

$$es_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \overline{es_i} - \sum_{j=1}^m \overline{ei_j} \quad (2.5)$$

$$es_{\Sigma} = 0,105 - (-0,15 - 0,12 - 0,16 + 0,04 - 0,12) = 0,615 \text{ мм.}$$

$$ei_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \overline{ei_i} - \sum_{j=1}^m \overline{es_j} \quad (2.6)$$

$$ei_{\Sigma} = -0,105 - (-0,19) = 0,085 \text{ мм.}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

КНУ.КМР.131.24.1-15.02.ПТПС

Таблиця 2.1- Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Позначення ланки	Номинал. розмір	i	Квалітет	Допуск	Розміри з відхиленням	ΔC_i
A_1	278	3,22	10	0,21	$278 \pm 0,105$	0
A_2	18	ст.	ст.	0,15	$18_{-0,15}$	-0,075
A_3	135	2,52	10	0,16	$135_{-0,16}$	-0,08
A_4	66	1,86	10	0,12	$66_{-0,12}$	-0,06
A_5	41	1,56	-	0,23	$41_{-0,19}^{+0,04}$	-0,075
A_6	18	ст.	ст.	0,12	$18_{-0,12}$	-0,06

Визначимо компенсаційні відхилення щодо механізму гвинта в межах 0,1–0,6 мм (максимальне компенсаційне значення - $\delta_k = 0,5$ мм), припускаючи крок різі $P_p = 0,75$ мм. Точність компенсації відносно фіксаційних положень деталей з різню $T_{рег} = 0,15$ мм. Відхилення передаточне компенсатору $c_k = 0,8$.

Оскільки конструкція механізму передбачає фіксацію положення гайки, компенсація здійснюється поетапно. Тоді кут γ_k^o між сусідньо-фіксаційними положення визначається з рівності [4, с. 90]

$$\gamma_k^o = \frac{360^\circ T_{рег.к}}{P_p} \quad (2.7)$$

Точність змінювальної ланки компенсатору $T_{рег.к}$ і регульована точність $T_{рег}$ мають залежність:

$$T_{рег.к} = (1/c_k) P_{рег}, \quad (2.8)$$

Умова необхідної складової точності:

$$\gamma_k^o \leq \frac{360^\circ T_{рег}}{c_k P_p} \quad (2.9)$$

Тоді отримаємо

$$\gamma_k^o = \frac{360^\circ \cdot 0,15}{0,8 \cdot 0,75} = 90^\circ$$

Розраховуємо ланцюги кутових розмірів:

Знаходимо перетини, проводимо вертикали з номерами. Перетини 1-2

проходять відносно опор валу і формують основний ланцюг кутового розміру γ , що відповідає за фіксацію валу при складанні. Створено 2 ланцюги розмірних значень:

Ланцюг γ для відносного зміщення й перекосу валу.

Ланцюг j для перекосу шестерні щодо опори 1.

Ланцюг γ складається з таких компонентів:

S_1 – фіксація кільця внутрішньо підшипника 22 на вал;

S_2 – фіксація кільця зовнішньо підшипника 22 в корпус;

S_3 – фіксація кільця внутрішньо підшипника 21 на вал;

S_4 – фіксація кільця зовнішньо підшипника 21 в корпус;

e_1 – 1/2 радіального коливання підшипника 22;

e_2 – 1/2 радіального коливання підшипника 21;

e_3, e_4 – розбіжність посадочних шийок валу;

e_5 – невідповідність отворів в корпусі.

Підбір значень стандарту:

а) Розмір ланки виходу e_Σ формується за основою зчеплення шестерень: вона відповідає 7-му ступеню кінематичної точності, 6-му ступеню плавності та 6-му ступеню контакту зубів, використовуючи сполучення типу В. Для відстані 175 мм лімітне відхилення $f_a = \pm 80$ мкм [4, ст. 336]. Значення виходу обирається як 1/2 допускового значення, тобто $e_\Sigma = \pm 40$ мкм.

б) Підшипники класу точності 0. Обираємо лімітне відхилення на фіксаційні розміри підшипників і їх радіальне коливання [4, табл. 4.82, с. 273]:

$$S_1 = 60 \frac{L0}{js6} = 60 \frac{-0,015}{\pm 0,0095}; \quad S_2 = 95 \frac{H7}{I0} = 95 \frac{+0,035}{-0,015}; \quad S_3 = 40 \frac{L0}{js6} = 40 \frac{-0,012}{\pm 0,008};$$

$$S_4 = 80 \frac{H7}{I0} = 80 \frac{+0,03}{-0,013}; \quad e_1 = 10 \text{ мкм}; \quad e_2 = 7,5 \text{ мкм}.$$

Невідповідність отворів повинно відповідати 1/2 гарантовано-бокового зазору $j_n \min$, тобто $P_z = 80$ мкм [3, ст. 336].

Допускові значення зазорів визначаються за формулою:

$$TS_i = S_{max} - S_{min}, \quad (2.10)$$

де S_{max} – зазор максимуму;

S_{min} – зазор мінімуму.

Зазор максимуму визначається за формулою

$$S_{max} = ES - ei, \quad (2.11)$$

де ES – верхнє граничне відхилення отвору;

ei – нижнє граничне відхилення валу.

Зазор мінімуму визначається за формулою

$$S_{min} = EI - es, \quad (2.12)$$

де EI – нижнє граничне відхилення отвору;

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.02.ПТПС				

es – верхнє граничне відхилення валу.

Проводимо розрахунки:

$$S_{1max} = 0,0095_{\text{мм}}; S_{1min} = -0,0245_{\text{мм}}; TS_1 = 0,0095_{\text{мм}}.$$

$$S_{2max} = 0,05_{\text{мм}}; S_{2min} = 0_{\text{мм}}; TS_2 = 0,05_{\text{мм}}.$$

$$S_{3max} = 0,008_{\text{мм}}; S_{3min} = -0,02_{\text{мм}}; TS_3 = 0,008_{\text{мм}}.$$

$$S_{4max} = 0,043_{\text{мм}}; S_{4min} = 0_{\text{мм}}; TS_4 = 0,043_{\text{мм}}.$$

Серединна координата поля допускової величини зазору визначається за виразом:

$$em_s = \frac{em_D + em_d}{2}, \quad (2.13)$$

де em_D – координата середини поля допуску отвору;

em_d – координата середини поля допуску валу.

$$em_{S1} = -0,0075_{\text{мм}}; em_{S2} = 0,01_{\text{мм}}; em_{S3} = -0,006_{\text{мм}}; em_{S4} = 0,0085_{\text{мм}}.$$

Допускове значення на ланку виходу визначається імовірністним способом для проектів по виразу:

$$Te_\Sigma = \sqrt{0,36 \cdot \sum_{i=1}^n T_{Si}^2 + 0,56 \cdot \sum_{j=1}^m T_{ej}^2} \quad (2.14)$$

$$Te_\Sigma = \sqrt{0,36 \cdot (0,095^2 + 0,05^2 + 0,008^2 + 0,043^2) + 0,56 \cdot (0,01^2 + 0,0075^2 + 2 \cdot 0,005^2 + 0,025^2)} = 0,073 \text{ мм}$$

Визначаємо серединну координату поля допускового розміру

$$em_{e\Sigma} = \sum_{i=1}^n [em_{Si} + 0,5 \cdot T_{ei} + 0,05 \cdot (T_{Si} + T_{ei})] - \sum_{j=1}^m [em_{Sj} + 0,5 \cdot T_{ej} + 0,05 \cdot (T_{Sj} + T_{ej})] =$$

$$= [(-0,0075 + 0,01) + 0,5 \cdot (0,01 + 0,005 + 0,025) + 0,05 \cdot (0,095 + 0,05 + 0,01 + 0,005 + 0,025)] - [(-0,006 + 0,0085) + 0,5 \cdot (0,01 + 0,005 + 0,025) + 0,05 \cdot (0,008 + 0,043 + 0,0075 + 0,005 + 0,025)] = 0,0036 \text{ мм}.$$

Визначаємо лімітне відхилення ланки замикання невідповідності вісі валу в опорах за виразом:

$$es_{e\Sigma} = em_{e\Sigma} + \frac{T_{e\Sigma}}{2} = 0,036 + \frac{0,073}{2} = 0,0401 \text{ мм};$$

$$ei_{e\Sigma} = em_{e\Sigma} - \frac{T_{e\Sigma}}{2} = 0,036 - \frac{0,073}{2} = -0,0329 \text{ мм}.$$

Знаходимо перекосне значення в перетинах 2, 3. Перетин 1 - головний. Перекосна величина в перетині 2 буде дорівнювати значенню невідповідності $Te_\Sigma = 0,073$ мм. Перекосне значення в перетині 3 відповідає схемі зображених на рисунку 1.2.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.02.ПТПС				

Простий розрахунок відносної перекосної величини визначається за виразом:

$$\frac{e_{\Sigma}}{L} = \frac{P_{i\Sigma}}{l} \quad (2.15)$$

$$\frac{e_{\Sigma}}{L} = \frac{P_{3\Sigma}}{l} \quad \text{знаходимо:}$$

$$P_{3\Sigma} = \frac{e_{\Sigma} \cdot l}{L} = \frac{0,073 \cdot 178}{260} = 0,05 \quad \text{мм.}$$

Отримане перекосне значення не перевищує мінімуму гарантовано-бокового зазору, тобто $j_{\text{min}} > P_{3\Sigma}$ ($0,16 > 0,05$).

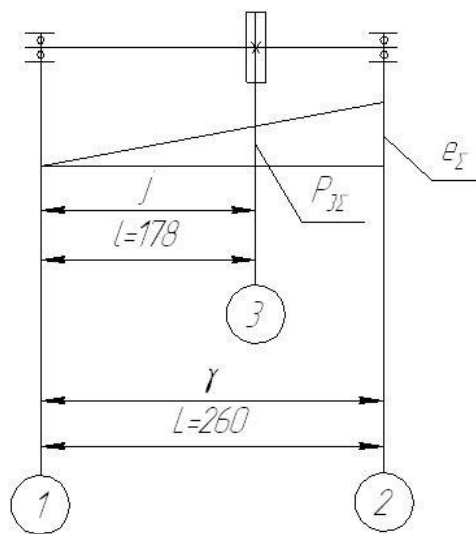


Рисунок 2.2 - Схема відносного перекосу в зубчатому зачепленні

З розрахунків ланцюгів конструктивних розмірів можна сказати, що форма організації складального процесу - непоточна стаціонарна з регулюванням гайки.

2.3. Проектування технологічного процесу складання

Послідовність розбирання вузла масляного насосу представляємо в вигляді таблиці 2.2.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.02.ПТПС					

Таблиця 2.2 - Виявлення вузлів та їх базових деталей

№ п/п переходу розбирання вузла	Ключове слово переходу розбирання	Деталі, що знімаються чи залишається при розбиранні, та їх кількість	Вузли, що знімаються чи залишаються при розбиранні, та їх кількість
1	2	3	4
А. Загальне розбирання виробу – насоса масляного 0зб.4			
1	Відгвинтити і зняти	обтічник 3 шайбу стопорну 2	
2	Зняти	крильчатку 1	
3	Відгвинтити і зняти	болт 19 (6 шт.) шайбу 20 (6 шт.)	вал 7 в зборі 1зб.7
4	Зняти	манжети 18 (3 шт.) втулку 5 кільце 23	
5	Відгвинтити і зняти	гвинт 16 (4 шт.)	
6	Зняти	кришку 15 кільце ущільнююче 13	
7	Випресувати	штифт 17 (1 шт.)	
	Залишилась	базова деталь – корпус 4	
Б. Розбирання вузлів першого порядку 1) Розбирання вала 1зб.7			
1	Відгвинтити і зняти	гайку 12 шайбу стопорну 11	
2	Зняти	підшипник 21 втулку 10 шестерню 9 кришку 6 втулку 8 підшипник 22	
	Залишилась	базова деталь – вал 7	

Структуру виробу з виявленням базових елементів, вузлів і деталей заносимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 - Структура виробу

№ п/п	Найменування і позначення вузла	Структурні елементи виробу (найменування, позначення і кількість)		
		Базовий елемент	Вузли і їх порядок	Деталі
1	2	3	4	5
1	Насос масляний 0зб4	Корпус 4	Вузли 1-го порядку: а) вал 7 в зборі – 1зб7	Обтічник 3; шайба стопорна 2; крильчатка 1; болт 19 (6 шт.); шайба 20 (6 шт.); манжета 18 (3 шт.); втулка 5; кільце 23;
				гвинт 16 (4 шт.); кришка 15; кільце ущільнююче 13; штифт 17 (1 шт.)
2	Вал 7 в зборі – 1зб7	Вал 7	–	Гайка 12; шайба стопорна 11; підшипник 21; втулка 10; шестерня 9; кришка 6; втулка 8; підшипник 22
Загальна кількість різнотипних вузлів – 2; 0-го порядку – 1; 1-го порядку – 1.				

Згідно з розробленою структурою виробу, ми формуємо схему складання вузла (див. рисунок 2.3). На основі цієї схеми ми розробляємо технологічний процес складання насоса, визначаючи оперативний час для кожної з операцій відповідно до нормативів часу на виконання слюсарно-

складальних робіт. Результати технологічного процесу фіксуємо в таблиці 2.4.

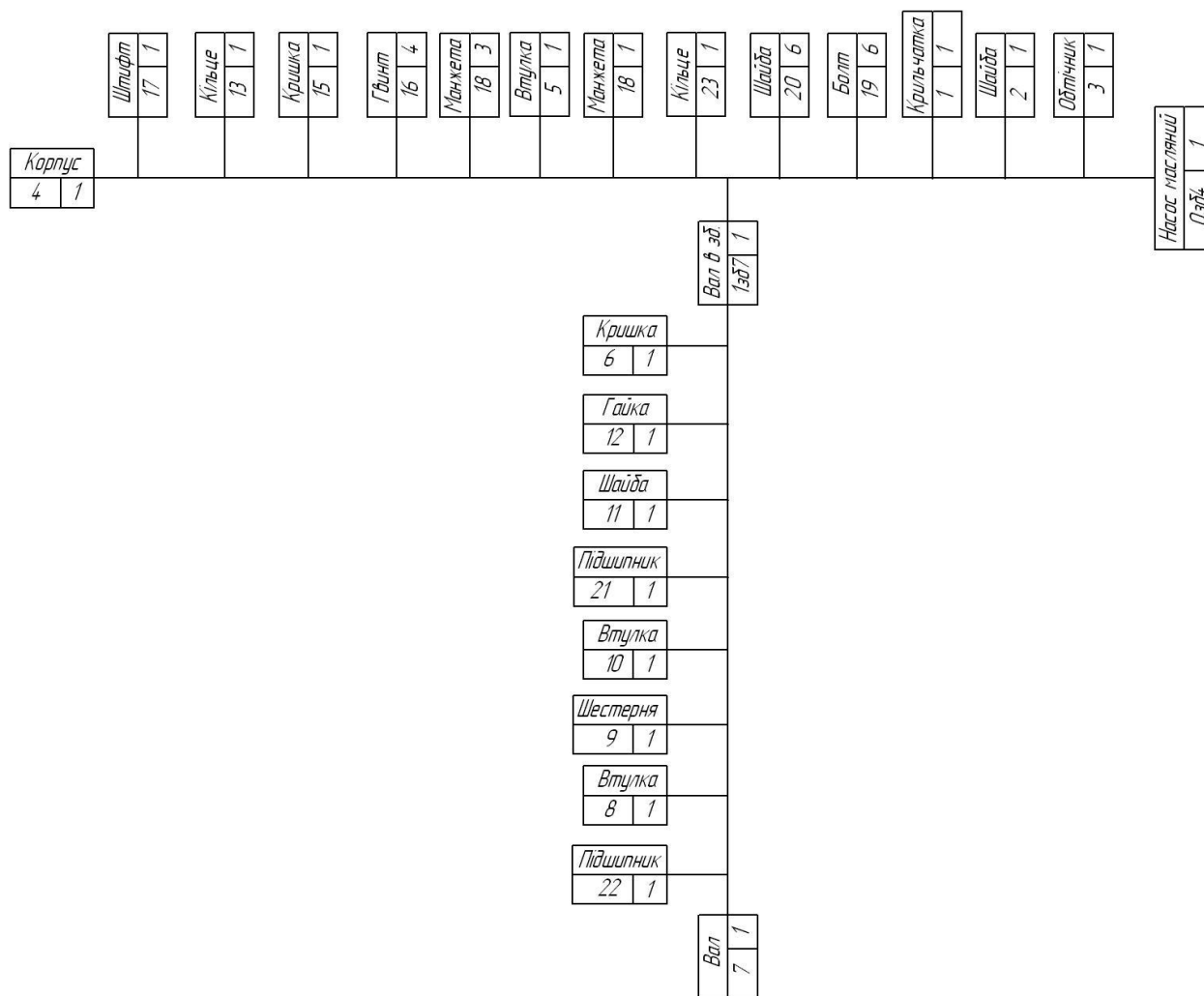


Рисунок 2.3 - Схема складання масляного насосу

Таблиця 2.4 - Технологічний процес складання масляного насосу

№ операції	1. Найменування операції 2. Найменування переходу	Пристосування	$T_{оп}$, хв
1	2	3	4
005	1. Підготовка деталей до окрашування		
	2.1. Очистити деталі від стружки, іржі, бруду і зняти напливи і виступи в необроблених місцях	Стіл	2

Продовження таблиці 2.4.

					КНУ.КМР.131.24.1-15.02.ПТПС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1	2	3	4
	2.2. Промити в керосині весь комплект деталей (підшипники в бензині) і продути повітрям	Ванна	1,64
010	1. Окрашування деталей		
	2.1. Грунтувати і окрасити зовнішню поверхню сірою емаллю	Стіл	1,5
	2.2. Висушити окрашені поверхні в спеціальних камерах за допомогою електроламп інфрачервоних променів	Спеціальні камери	40
015	1. Складання валу		
	2.1. Зняти у деталей заусенці й притупити гострі кромки	Стіл	0,54
	2.2. Розігріти в електричній масляній ванні шарикопідшипник 22 до 90°	Ванна	20
	2.3. Насадити на шийку вала шарикопідшипник 22 до упору в бурт	Стіл	0,12
	2.4. Надіти на вал втулку 8 та кришку 6	- - -	0,25
	2.5. Насадити шестерню 9 на шліци вала	- - -	0,2
	2.6. Надіти на вал втулку 10	- - -	0,1
	2.7. Розігріти в електричній масляній ванні роликпідшипник 21 до 90°	Ванна	20
	2.8. Надіти роликпідшипник 21 на шийку вала до упора в втулку	Стіл	0,12
	2.9. Надіти на вал стопорну шайбу 11, нагвинтити гайку 12. Гайку застопорити	- - -	0,79
020	1. Складання насоса		
	2.1. Очистити внутрішню поверхню корпусу від сторонніх предметів, протерти сухою ганчіркою	- - -	0,23
	2.2. Запресувати в корпус штифт 17	- - -	0,12
	2.3. Встановити в отвір корпусу три манжети 18 і втулку 5, вставити стопорне кільце 23	- - -	0,69

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

КНУ.КМР.131.24.1-15.02.ПТПС

Лист

Продовження таблиці 2.4.

1	2	3	4
	2.4. Вставити вал в зборі в корпус	– – –	0,1
	2.5. Вставити в болти 19 шайби 20 і пригвинтити ними кришку 6 до корпусу. Болти пригвинчувати нахрест з попередньою затяжкою	– – –	1,38
	2.6. Вставити в корпус кільце 13	– – –	0,1
	2.7. Вставити кришку 15 і пригвинтити її до корпусу гвинтами 16. Гвинти пригвинчувати нахрест з попередньою затяжкою	– – –	0,72
	2.8. Насадити крильчатку 1 на шліци вала	– – –	0,2
	2.9. Вставити на вал стопорну шайбу 2. Пригвинтити крильчатку 1 до вала обтікачем 3. Обтікач застопорити	– – –	0,79
	2.10. Відрегулювати зазор між підшипником 22 та буртом вала	– – –	2,8
025	1. Обкатка масляного насосу		
	2.1. Встановити масляний насос на стенд	Стенд	5
	2.2. Обкатати насос в холосту регулюючи частоту оберту від мінімальної до максимальної на протязі 30 хв. Після цього почати подачу масла на протязі 30 хв. Під час обкатки не повинно бути нерівномірного шуму, витікання масла і надмірного нагрівання підшипників	– – –	60
Загальний час на складальні операції			159,39

3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПІДГОТОВЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних для обробки деталі

3.1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Корпус масляного насоса розроблений для розміщення деталей і забезпечення їх кріплення в загальному складі машини. Він також виконує функцію направлення потоку масла до гідравлічної системи. Під час роботи масляного насоса на функціонування корпусу впливають різні фактори, серед яких:

- вібрація;
- температура навколишнього середовища, що може досягати 100°C.

Отже, для корпусу насоса було обрано сталь 20ГСЛ відповідно до ДСТУ 8781:2018, однак її можна замінити на сталь 30ГСЛ згідно з тим самим стандартом. Хімічні та механічні властивості сталі 30ГСЛ наведено у табл. 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 - Хімічний склад сталі 30ГСЛ ДСТУ 8781:2018

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	S, %	P, %
0,16 – 0,25	0,6 – 0,8	1,1 – 1,4	0,3	0,3	0,3	0,04	0,04

Таблиця 3.2 - Фізико-механічні властивості сталі 30ГСЛ ДСТУ 8781:2018

C, %	Si, %	Mn, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	S, %	P, %
0,16 – 0,25	0,6 – 0,8	1,1 – 1,4	0,3	0,3	0,3	0,04	0,04

Термічна обробка сталі 30ГСЛ включає загартування при температурі 920-950°C з подальшим високим відпуском при нагріванні до 570-650°C. Цей процес забезпечує потрібну твердість матеріалу та знімає залишкові напруження.

3.1.2 Аналіз якості поверхонь деталей

На кресленні деталі поверхні пронумеровані (рисунок 3.1), і ці номери використовуються для посилань у тексті. Основні та допоміжні поверхні частини позначені наступним чином:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ</i>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Фоменко				Лит.	Лист	Листов
Пров.	Цивінда					1	78
Н. Контр.	Нечасєв				<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23М</i>		
Уте.	Рязанцев						
<i>ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПІДГОТОВЛЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ</i>							

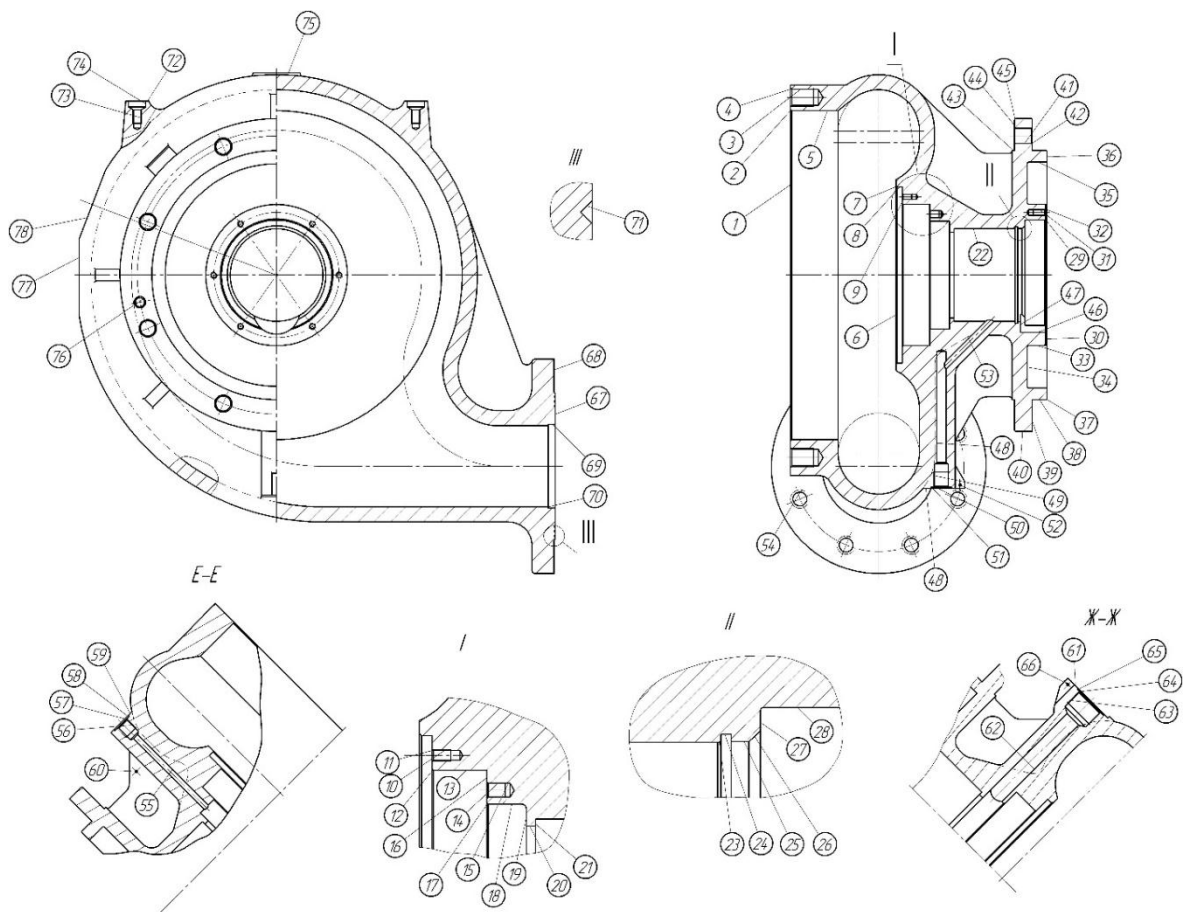


Рисунок 3.1 - Деталь з нумерацією поверхонь

3.1.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь на кресленні представлена у вісьмох проекціях, п'яти розрізах та трьох допоміжних елементах, що забезпечує повне уявлення про її форму. Розміри основних і допоміжних поверхонь наведені з номінальними значеннями та допустимими відхиленнями або якісними категоріями. Розміри без зазначених допусків повинні виготовлятися за 14 якістю. Ці розміри надають повну інформацію щодо загальних розмірів і точності деталі.

Шорсткість поверхонь вказана згідно зі стандартами країни-агресора, тому креслення потребує корекції, щоб відповідати сучасним нормам; шорсткість поверхонь встановлена на другому класі. На кресленні також зазначені конструкторські бази, позначені затемненими трикутниками, що вказують на відносне розташування поверхонь на основі цих баз. Технічні вимоги містять усю необхідну інформацію для виготовлення деталі.

Загалом, креслення деталі містить усю важливу інформацію для виробництва та контролю якості, повністю відповідаючи чинним стандартам.

3.1.4 Аналіз технологічності деталі

3.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Вибрана деталь для проектування технологічного процесу належить до класу корпусів. Корпус масляного насоса умовно можна розділити на дві частини: одна має циліндричну форму, а інша нагадує спіраль. Він містить

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ				

значну кількість ребер жорсткості та багато отворів різного діаметра на різних площинах, що потребує широкого спектру інструментів і частих налаштувань. Один з отворів, розташований під кутом 45° відносно осі деталі, вимагає використання кондуктора для обробки, що ускладнює процес. Матеріал корпусу — сталь 20ГСЛ, що містить марганець і кремній, ускладнюючи механічну обробку.

Заготовкою для цієї деталі буде відливка в піщано-глиняні форми. У зв'язку зі складною формою деталі формувально-стержнева система буде досить ускладненою. Корпус має добре розвинену торцеву поверхню, що може слугувати установочною базою, а отвори можуть використовуватися як направляючі бази. Деталь є жорсткою, оскільки співвідношення довжини до діаметра менше одиниці. Однак через спіральну форму виникають дисбаланси під час обробки на токарному верстаті, що вимагає використання противаги.

В цілому всі поверхні підходять для подачі та виведення інструментів. Необхідну точність і шорсткість для корпусу можна досягти на верстатах звичайної точності, за винятком отворів Ø260H7 і Ø95H7 та зовнішньої поверхні Ø215h6, для яких необхідно використовувати верстат з підвищеною точністю. На основі всього цього можна зробити висновок, що корпус масляного насоса є досить нетехнологічним через свою зовнішню форму, що створює труднощі під час виготовлення заготовки та подальшої механічної обробки.

3.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Розраховуємо коефіцієнт матеріального застосування [5]:

$$K_{в.м.} = \frac{Q_d}{Q_3} \quad (3.1)$$

де $Q_d = 58$ кг – вагове значення деталі;

$Q_3 = 75$ кг – вагове значення заготовки.

$$K_{в.м.} = \frac{58}{75} = 0,77.$$

Розраховуємо коефіцієнт точності обробки. Для цього розрахуємо середню точність, яка визначається [5]:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} = \frac{6 + 7 \cdot 3 + 9 + 12 + 20 \cdot 14}{26} = 12.$$

$$k_{mч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (3.2)$$

$$k_{mч} = 1 - \frac{1}{12} = 0,92$$

Це констатує про те, що деталь не має достатньої точності.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розраховуємо шорсткості для цього знаходимо середнє її значення [5]:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i n_i}{n_i} = \frac{2,5 \cdot 8 + 5 \cdot 2 + 10 \cdot 8 + 20 \cdot 10}{30} = 10 \text{ мкм.}$$

$$k_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}} \quad (3.3)$$

$$k_{ш} = \frac{1}{10} = 0,1$$

Згідно з визначеним коефіцієнтом шорсткості, деталь має середній рівень шорсткості. Кількісний аналіз технологічності показує, що деталь є досить зручною для обробки, оскільки її якісні показники можуть бути досягнуті за допомогою стандартних верстатів з нормальною точністю.

Отже, за результатами якісного аналізу технологічності, деталь вважається не дуже зручною для обробки через свою форму, яка ускладнює виробництво заготовок і створює труднощі під час механічної обробки. Проте, згідно з кількісним аналізом, деталь визнається технологічною. У результаті аналізу на технологічність ніякі зміни в конструкції деталі не були внесені.

3.1.5 Вибір типу виробництва. Задачі проектування. Пропозиції щодо удосконалення

3.1.5.1 Вибір типу виробництва та методу роботи

Для визначення типу виробництва потрібно встановити коефіцієнт закріплення операцій $K_{з.о.}$. Обробна ділянка для корпусу складатиметься з п'яти верстатів. Річна програма випуску запланована на 1000 одиниць, що свідчить про малосерійний характер виробництва. Штучно-калькуляційний час, необхідний для виконання операцій, становить 80 хвилин, а місячна програма випуску становить 42 одиниці. Регламентований індекс навантаження обладнання $\eta_n = 0,8$.

Індекс фіксації операцій визначається за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum P_{oi}}{\sum P_i}, \quad (3.4)$$

де $\sum P_{oi}$ – сумарна кількість різних операцій, виконаних протягом місяця в дільниці, розрахована на одного змінного майстра.

$\sum P_i$ – число працівників на ділянці, які роблять неоднакові операції протягом однозмінної роботи.

Припускове число операцій на кожному обладнанні, ґрунтуючись на їх умовному індексі навантаження $\eta_n = 0,8$ знаходиться за формулою:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$P_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_n}{T_{ш.к.} \cdot N_M} \quad (3.5)$$

$$P_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{19,38 \cdot 42} = 13;$$

$$P_{o2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{10,92 \cdot 42} = 23;$$

$$P_{o3} = \frac{13182 \cdot 0,8}{21 \cdot 42} = 12;$$

$$P_{o4} = \frac{13182 \cdot 0,8}{20,56 \cdot 42} = 13;$$

$$P_{o5} = \frac{13182 \cdot 0,8}{8,49 \cdot 42} = 30.$$

Всього операцій виконувальних на дільниці протягом за місяць складає:

$$\sum P_{oi} = 13 + 23 + 12 + 13 + 30 = 91.$$

Кількість робітників, що обслуговують кожен верстат окремо визначається за формулою:

$$P_i = 0,96 \cdot \eta_n \quad (3.6)$$

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

Явочний індекс робітників на дільниці складає:

$$\sum P_i = 5 \cdot 0,77 = 3,85$$

Таким чином індекс фіксації операцій складає:

$$K_{з.о.} = \frac{91}{3,85} = 23,6.$$

З індекса фіксації операцій маємо, що підприємство малосерійне [6].

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

Типовий технологічний процес розроблено для умов малосерійного виробництва та включає в себе операційні карти, в яких зазначені режими різання та ескізи операцій, проте в них відсутні норми часу для виконання цих операцій. Зазначені режими різання відповідають нормативним стандартам.

Обробка корпусу виконується на токарному верстаті моделі 1А64, горизонтально-розточному верстаті моделі W-100 та радіально-свердлильному верстаті моделі 2Л53.

Метою вдосконалення заводського технологічного процесу виготовлення цієї деталі є зменшення собівартості виробництва. Це можна досягти за рахунок впровадження прогресивних режимів різання, що

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ	

скоротить час обробки, а також заміни устаткування на більш ефективне. Зокрема, заміна універсального токарного верстата та вертикально-свердлильного верстата на токарний багатоцільовий верстат дозволить зосередити операції, що призведе до зменшення підготовчого, заключного часу та часу транспортування.

На завершення, згідно з розрахунками, тип виробництва відноситься до малосерійного, оскільки коефіцієнт закріплення операцій становить 23,6. Аналіз заводського технологічного процесу показує, що використовуване обладнання є універсальним, яке при модернізації буде замінено на верстати з ЧПК.

3.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

3.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

Єдиний спосіб отримання заготовки – це лиття в піщано-глиняні форми. Вага деталі становить 58 кг, а матеріал, що використовується, – сталь 20ГСЛ за ДСТУ 8781:2018. Виробництво класифікується як малосерійне.

Деталь має складну конструкцію, і не всі поверхні підлягають механічній обробці. Відливка виготовляється за допомогою роз'ємної моделі. Ми приймаємо клас точності розмірів і маси 11т і вибираємо 5-й ряд припусків.

Всі дані, що стосуються проектування заготовки, заносяться до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Проектування відливки

№ п/п	Ном. р-р деталі	Х-ка поверхні		Поле допуску	Гранич. відхил.	Припуск основ.	Припуск додат.	Розмір заготовки
		Квал	Шорст					
1	Ø325	h14	20	5	±2,5	–	–	Ø325±2,5
2	Ø260	H7	2,5	5	±2,5	5,4×2	–	Ø249,2±2,5
3	Ø270	h14	10	5	±2,5	5,3×2	–	Ø280,6±2,5
4	Ø122	H14	10	4,4	±2,2	4,8×2	–	Ø112,4±2,2
5	Ø74	H14	20	3,6	±1,8	3,8×2	–	Ø66,4±1,8
6	240	h14	10	4,4	±2,2	3,8	–	243,8±2,2
7	221	h14	2,5/10	4,4	±2,2	6/+5,5	–	232,5±2,2
8	192	h14	20	4,4	±2,2	3,8	–	195,8±2,2
9	162	h14	20	4,4	±2,2	3,8	–	165,8±2,2
10	150	h14	20	4	±2	3,8	–	153,8±2
11	150	h14	10	4	±2	5,3	–	155,3±2
12	91	h14	2,5/10	3,6	±1,8	6/–5,5	–	91,5±1,8
13	76	h14	2,5	3,6	±1,8	6	–	82±1,8

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ</i>			Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				

14	30	h14	10	2,8	±1,4	5,3	–	35,3±1,4
15	29	h14	10/2,5	2,8	±1,4	5,5/-7,1	–	27,4±1,4
16	20	h14	10	2,4	±1,2	3,8	–	23,8±1,2
17	1,5	h14	20	1,6	±0,8	3,8	–	5,3±0,8

Ступінь деформації заготовки становить 5. Відповідно, граничні відхилення для елементів відливки дорівнюють $\pm 0,4$, що менше половини допустимого значення для кожного розміру, тому додаткові припуски не потрібні. Граничні відхилення для зміщення елементів відливки в площині розділу складають ± 1 , що також менше половини допуску для кожного розміру (за винятком розміру 1,5, але ця поверхня використовується для маркування і не є критичною), тому додаткові припуски не призначаються. Допуск маси відливки не перевищує 8%.

Невизначені ливарні радіуси становлять 5 мм, а невизначені формувальні ухили — $0^{\circ}44'$ [7,8]. Оскільки єдиний метод отримання заготовки — це лиття в піщано-глиняні форми, ми не проводимо техніко-економічне обґрунтування.

Після аналізу методів отримання заготовок, було обрано один можливий спосіб для заготовки корпусу — лиття в піщано-глиняні форми.

3.2.2 Вибір і обґрунтування баз

Головними конструктивними базами корпусу, що визначають його положення в вузлі, є поверхні 38 та 39, як показано на рисунку 3.1. Допоміжними конструктивними базами, які встановлюють позицію приєднаних до нього елементів, є поверхні 1, 5, 9, 14, 16, 28 та 30.

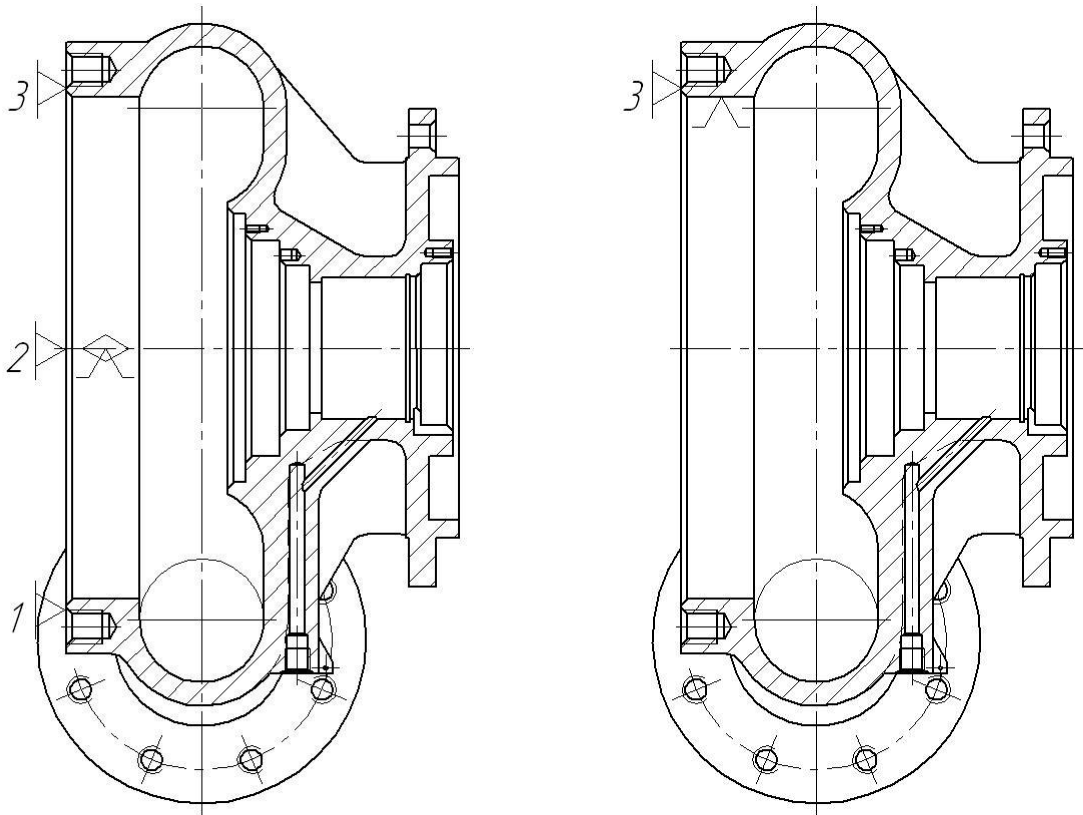
Технологічними базами, що визначають положення деталі під час механічної обробки, є поверхні 1 та 5. Крім того, під час токарної обробки також використовуватимуться поверхні 36 та 40 як технологічні бази. Схема базування, яка застосовується на токарній операції, зображена на рисунку 3.2.

Загальна схема базування корпусу масляного насоса під час обробки представлена на рисунку 3.2а. У цьому випадку установчою базою є торець 1, який надає деталі три ступені свободи, а направляючою базою є отвір 5, який надає два ступені свободи. Один із варіантів реалізації цієї теоретичної схеми базування під час токарної обробки передбачає установку корпусу на оправку (див. рисунок 3.2б).

Основною метою 1-шої операції є підготування баз технологічності. Тому на цій операції корпус буде базуватися відповідно до рисунка 3.3, де установчою базою слугує торець 36, а направляючою — поверхня 40.

Вимірювальними базами для цієї деталі є поверхні 5, 28 і 38 (які позначаються як бази М, Л і Н), відносно яких встановлюється точність інших поверхонь.

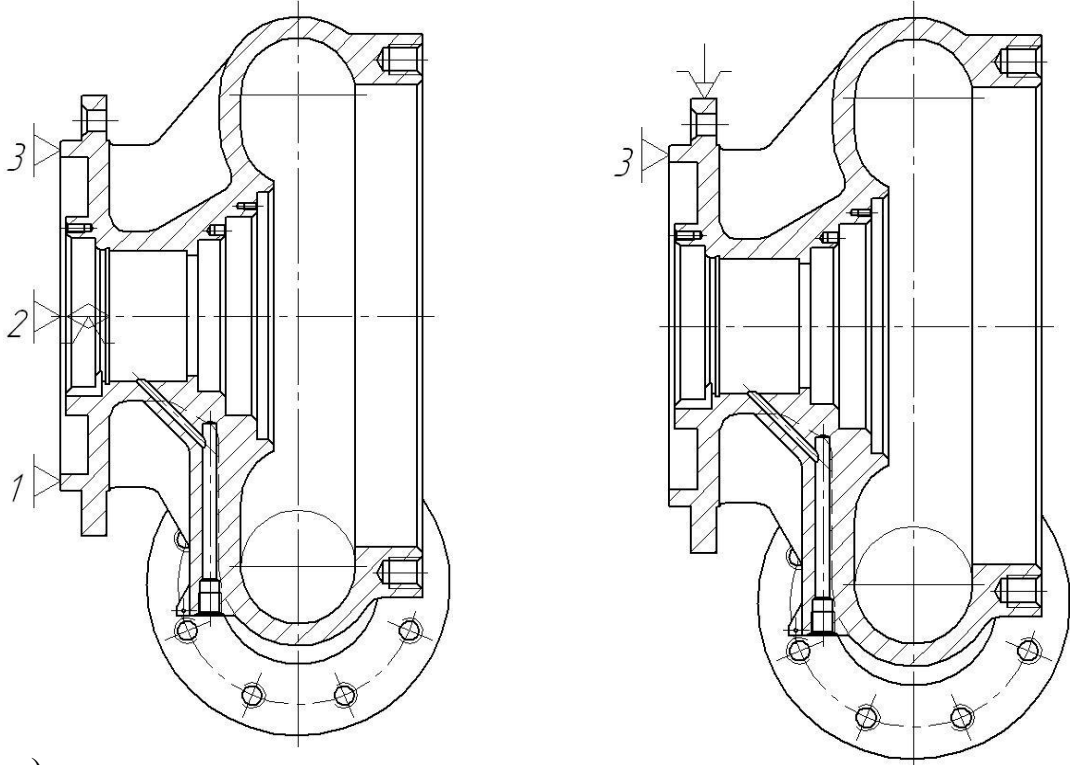
Аналізуючи схему базування, можна зазначити, що принцип єдності баз витримується; проте принцип сталості баз не дотримується через необхідність переустановки корпусу для обробки з усіх сторін.



а)

б)

Рисунок 3.2 - Схема базування корпусу: а) теоретична; б) умовна



а)

б)

Рисунок 3.3 - Схема базування корпусу на першій операції: а) теоретична; б)

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ				

умовна

3.2.3 Розробка маршруту обробки деталі

Згідно пронумерованих поверхонь на рисунку 3.1 розроблюємо послідовність обробки найбільш точних поверхонь. Всі дані зводимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 - Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

№ пов., розмір	Найменування переходів	Шорсткість, <i>Ra</i>	Точність <i>IT</i>	Допуск <i>T</i>	Припуск <i>t</i>	Міжопераційний розмір з допуском
5, Ø260H7	1. Заготовка	Rz320	17	5	10,8	Ø249,2±2,5
	2. Розточування чорнове	20	11	0,32	7,8	Ø257 ^{+0,32}
	3. Розточування напівчистове	5	9	0,13	2	Ø259 ^{+0,13}
	4. Розточування чистове	2,5	7	0,052	1	Ø260 ^{+0,052}
14, Ø6H7	1. Свердлення	20	11	75	4,5	Ø5,5 ^{+0,075}
	2. Розгортання чорнове	10	9	30	0,3	Ø5,8 ^{+0,03}
	3. Розгортання чистове	5	7	12	0,2	Ø6 ^{+0,012}
22, Ø80H9	1. Заготовка	Rz320	17	3,6	13,6	Ø66,4±1,8
	2. Розточування чорнове	20	14	0,74	7,6	Ø74 ^{+0,74}
	3. Розточування напівчистове	5	11	0,19	3,5	Ø77,5 ^{+1,19}
	4. Розточування чистове	2,5	9	0,074	2,5	Ø80 ^{+0,074}
28, Ø95H7	1. Заготовка	Rz320	17	3,6	28,6	Ø66,4±1,8
	2. Розточування чорнове	20	11	0,22	24,6	Ø91 ^{+0,22}
	3. Розточування напівчистове	5	9	0,087	3	Ø94 ^{+0,087}
	4. Розточування чистове	2,5	7	0,035	1	Ø95 ^{+0,035}
38, Ø215h6	1. Заготовка	Rz320	17	5	65,6	280,6±2,5
	2. Точіння чорнове	20	10	0,185	60,6	220 ^{+0,185}
	3. Точіння напівчистове	5	8	0,072	4	216 ^{+0,072}
	4. Точіння чистове	2,5	6	0,029	1	215 ^{+0,029}

На основі основного технологічного процесу та вказаних шляхів удосконалення ми розробляємо маршрут обробки корпусу та фіксуємо його в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базуючої поверхні	Тип, модель верстата
005	Токарно-гвинторізна Установ А	20, 22, 28, 36, 38, 40	1, 5	Токарно-фрезерний оброблюваний центр з ЧПК Doosan PUMA 2100
	Установ Б	1, 5, 6, 13, 16, 18, 19	36, 40	
010	Термообробка			
015	Піскоструйна обробка			
020	Токарна багатоцільова з ЧПК	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20	36, 38	Токарний 5-осьовий обробний верстат Mazak INTEGREX i-200 ST
025	Токарна багатоцільова з ЧПК	21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 76	1, 5	Токарний 5-осьовий обробний верстат Mazak INTEGREX i-200 ST
030	Свердлильно-фрезерна багатоцільова з ЧПК	46, 47, 52, 48, 49, 50, 51, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 77, 78	1, 3, 5	Свердлильно-фрезерно-розточний верстат DOOSAN DNM 5700
035	Радіально-свердлильна	53	1, 3, 5	Вертикальний багатоцільовий верстат Mazak VTC-200C
040	Слюсарна			
045	Контрольна			



Моделі	PUMA 2100
Параметри обробки	
Максимальна довжина точення	545 мм
Максимальний діаметр точення	481 мм
Діаметр патрону	210 мм
Напрявні	
Кількість вісей	2
Швидкість переміщення по вісі X	30 м/хв
Швидкість переміщення по вісі Z	30 м/хв
Головний шпіндель	
Швидкість шпінделю	14500 об/хв
Потужність двигуна	18.5 кВт
Крутний момент	183 Н*м
Револьвер	
Позицій інструменту	12
Інші параметри	
Система ЧПУ	Fanuc
Габарити	
Довжина	3415 мм
Висота	1900 мм
Глибина	1863 мм
Вага	4850 кг
Додаткові функції	
Функція фрезерування	-
Вісь Y	-
Контршпіндель	-
Подовжена станина	-

Рисунок 3.4 - Токарно-фрезерний оброблюваний центр з ЧПК Doosan PUMA 2100 та його технічні характеристики [9]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист



Відстань між патроном і центром	1500
Розмір патрону	8"/ 8"
Максимальна довжина деталі	1519 мм
Максимальний діаметр деталі	ø658 мм
Максимальний діаметр деталі (з револьверною головкою)	ø420 мм
Переміщення по вісям (X, Y, Z, B) (фрезерна головка) (X2, Z2) (револьверна головка)	615 мм, 260 мм, 1585 мм, 240° 230 мм, 1388 мм
Кількість інструментів	36
Габарити верстату	4910 мм x 2800 мм

Рисунок 3.5 - Токарний 5-осьовий обробний верстат Mazak INTEGREX i-200 ST та його технічні характеристики [10]



Кількість координат верстата (число осей)	3
Кількість одночасно керованих координат верстата (осей)	3
Напрямі верстату	Кочення роликів
Привід виконавчої ділянки верстату (тип)	Кулько-гвинтова пара
Переміщення по осі X (хід), мм	1 050
Переміщення по осі Y (хід), мм	570
Переміщення по осі Z (хід), мм	510
Максимальна висота заготовки (ДО), мм	590
Робочі подачі по осі X, мм/хв	15 000
Робочі подачі по осі Y, мм/хв	15 000
Робочі подачі по осі Z, мм/хв	15 000
Холоста (прискорена) подача по осі X, м/хв	36
Холоста (прискорена) подача по осі Y, м/хв	36
Холоста (прискорена) подача по осі Z, м/хв	30

Рисунок 3.6 - Свердлильно-фрезерно-розточний верстат DOOSAN DNM 5700 та його технічні характеристики [9]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист



Вісь X	1660
Вісь Y	510
Вісь Z	510
Швидкість шпінделя	10000
Кількість осей	3
Система управління	Mazatrol
Рік випуску	2000
Вісь X діапазон	1000-більше
Вісь Y діапазон	500-699

Рисунок 3.7 - Вертикальний багатопільовий верстат Mazak VTC-200C та його технічні характеристики [10]

3.2.4 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Розраховуємо припуски для технологічних переходів при обробці отвору Ø260H7 за допомогою автоматизованого методу. Вхідні дані для розрахунку припусків включають:

- Якість поверхні, вибрана для заготовок та для механічної обробки;
- Просторове відхилення отвору визначається відповідно до значень, наданих у програмі;
- Помилку установки корпусу визначають на основі способу його монтажу на верстаті.

Після введення в програму вхідних даних отримуємо результати розрахунку, представлені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору корпусу Ø260H7

Маршрут обробки поверхні	Елементи припуску				Розрахункові величини		Допуск на виконання розміру T , мкм	Прийняті (округлені) розміри заготовки на переходах, мкм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	h	Δz	ε	припуски Z_0 , мкм	максимальний діаметр, мм		найбільші	найменші	Z_{0max}	Z_{0min}
Відливка	400		115	-	-	256,388	5	256,3	251,3	-	-
Розточування чорнове	50	50	69	700	1509,384	259,407	0,32	259,4	259,08	7780	3100
Розточування напівчистове	20	20	34	80	195,646	259,798	0,13	259,798	259,668	588	398
Розточування чистове	10	10	13	80	126,925	260,052	0,052	260,052	260	332	254
Разом										8700	3752

Робимо перевірку коригування за формулою:

$$z_{0max} - z_{0min} = T_z - T_d \quad (3.7)$$

$$z_{0max} - z_{0min} = 8,7 - 3,752 = 4,948 \text{ мм,}$$

$$T_3 - T_\partial = 5 - 0,052 = 4,948 \text{ мм.}$$

Вірно.

Виконуємо почергову обробку торців і презентуємо її в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 - Послідовність обробки торцевих поверхонь

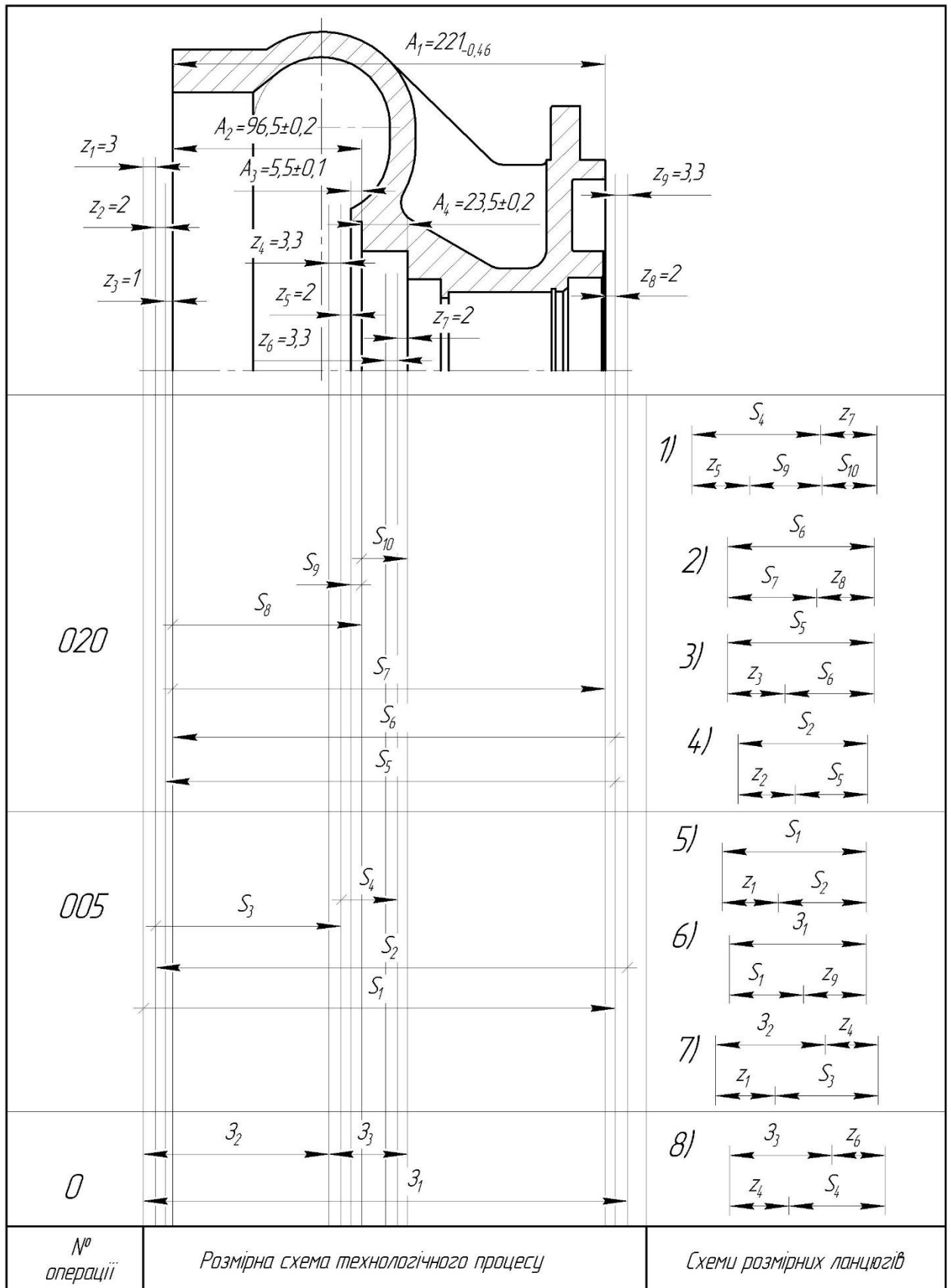
Позначення поверхні	Послідовність обробки поверхонь	Номинальний розмір	Шорсткість Ra	Точність IT	Допуск T	Припуск t	Позначення припуску, Z_i
1,	1. Заготовка	232,5	320	17	4,4	6	
	2. Підрізання чорнове	S_2	20	14	1,15	3	Z_1
	3. Підрізання напівчистове	S_5	5	13	0,72	2	Z_2
	4. Підрізання чистове	S_6	2,5	12	0,46	1	Z_3
7	1. Заготовка	91,5	320	17	3,6	5,5	
	2. Підрізання чорнове	S_3	20	14	0,87	3,5	Z_4
	3. Підрізання напівчистове	5,5	10	13	0,2	2	Z_5
16	1. Заготовка	29	320	17	2,8	5,5	
	2. Підрізання чорнове	S_4	20	14	0,52	3,5	Z_6
	3. Підрізання напівчистове	23,5	10	13	0,4	2	Z_7
36	1. Заготовка	232,5	320	17	4,4	5,5	
	2. Підрізання чорнове	S_1	20	14	1,15	3,5	Z_8
	3. Підрізання напівчистове	221	10	12	0,46	2	Z_9

В результаті розрахунку ланцюгів технологічних розмірів потрібно коригувати припускові значення на технологічні переходи, спираючись на загальний припуск для заготовки, та визначити раціональне значення точності налашки інструментів на розмір.

Розрахунок ланцюгів технологічних розмірів будемо проводити за методом max-min, починаючи з 1-шого ланцюга розмірів і рухаючись зверху вниз. Також ми побудуємо схему розмірно-технологічного процесу обробки корпусу (див. таблицю 3.9).

Після побудови схеми розмірно-технологічного процесу ми проведемо розрахунок поміжопераційних лінійних розмірів (див. таблицю 3.10).

Таблиця 3.9 - Побудова розмірної схеми технологічного процесу обробки корпусу



Таблиця 3.10 - Розрахунок технологічних розмірних ланцюгів

№	Рівняння розмірного ланцюга	Вихідне значення	Номинальний технологічний розмір	Допуск технологічного розміру	Технологічний розмір настроювання	Граничні значення припусків (уточнені)
1	2	3	4	5	6	7
1	$S_4 = S_9 + S_{10} - Z_7 + Z_5$	$S_9 = 5,5 \pm 0,1$ $S_{10} = 23,5 \pm 0,2$ $Z_7 = 2 \pm 0,2$ $Z_5 = 2$	$S_4 = 5,5 + 23,5 + 2 + 2 = 29$	$IT14 = 0,52$	$S_4 = 29 \pm 0,26$	$Z_5 = S_4 - S_9 - S_{10} + Z_7 = 29 \pm 0,26 - 5,5 \pm 0,1 - 23 \pm 0,2 - 2 \pm 0,2 = 2 \pm 0,76$
2	$S_6 = S_7 + Z_8$	$S_7 = 221_{-0,46}$ $Z_8 = 2$	$S_6 = 221 + 2 = 223$	$IT12 = 0,46$	$S_6 = 223_{-0,46}$	$Z_8 = S_6 - S_7 = 223_{-0,46} - 221_{-0,46} = 2 \pm 0,46$
3	$S_5 = S_6 + Z_3$	$S_6 = 223_{-0,46}$ $Z_3 = 1$	$S_5 = 223 + 1 = 224$	$IT13 = 0,72$	$S_5 = 224_{-0,72}$	$Z_3 = S_5 - S_6 = 224_{-0,72} - 223_{-0,46} = 1_{-0,72}^{+0,46}$
4	$S_2 = S_5 + Z_2$	$S_5 = 224_{-0,46}$ $Z_2 = 2$	$S_2 = 224 + 2 = 226$	$IT14 = 1,15$	$S_2 = 226_{-1,15}$	$Z_2 = S_2 - S_5 = 226_{-1,15} - 224_{-0,46} = 2_{-1,15}^{+0,46}$
5	$S_1 = S_2 + Z_1$	$S_2 = 226_{-1,15}$ $Z_1 = 3$	$S_1 = 226 + 3 = 229$	$IT14 = 1,15$	$S_1 = 229_{-1,15}$	$Z_1 = S_1 - S_2 = 229_{-1,15} - 226_{-1,15} = 3 \pm 1,15$
6	$3_1 = S_1 + Z_9$	$S_1 = 229_{-1,15}$ $Z_9 = 3,5$	$3_1 = 229 + 3,5 = 232,5$	$IT17 = 4,4$	$3_1 = 232,5 \pm 2,2$	$Z_{91} = 3_1 - S_1 = 232,5 \pm 2,2 - 229_{-1,15} = 3,5_{-2,2}^{+3,35}$
7	$3_2 = S_3 + Z_1 - Z_4$	$S_3 = 92 \pm 0,45$ $Z_1 = 3 \pm 1,15$ $Z_4 = 3,5$	$3_2 = 92 + 3 - 3,5 = 91,5$	$IT17 = 3,6$	$S_1 = 91,5 \pm 1,8$	$Z_4 = S_3 + Z_1 - 3_2 = 92 \pm 0,45 + 3 \pm 1,15 - 91,5 \pm 1,8 = 3,5 \pm 3,4$
8	$3_3 = S_4 + Z_4 - Z_6$	$S_4 = 29 \pm 0,26$ $Z_4 = 3,5 \pm 3,4$ $Z_6 = 3,5$	$3_3 = 29 + 3,5 - 3,5 = 29$	$IT17 = 2,8$	$3_3 = 29 \pm 1,4$	$Z_6 = S_4 + Z_4 - 3_3 = 29 \pm 0,26 + 3,5 \pm 3,4 - 29 \pm 1,4 = 3,5 \pm 5,06$
Збільшуємо припуск на чорнове підрізання $Z_6 = 5,1$						
8	$3_3 = S_4 + Z_4 - Z_6$	$S_4 = 29 \pm 0,26$ $Z_4 = 3,5 \pm 3,4$ $Z_6 = 5,1$	$3_3 = 29 + 3,5 - 5,1 = 27,4$	$IT17 = 2,8$	$3_3 = 27,4 \pm 1,4$	$Z_6 = S_4 + Z_4 - 3_3 = 29 \pm 0,26 + 3,5 \pm 3,4 - 27,4 \pm 1,4 = 5,1 \pm 5,06$

3.2.5 Розробка технологічної операції

Таблиця 3.11 – Інструментальний комплекс

№ операції та переходів	1. Назва операції 2. Модель верстата 3. Зміст переходів	Верстатне пристосування	Інструмент (різальний, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
005	1. Токарно-гвинторізна 2. Токарно-фрезерний оброблюваний центр з ЧПК Doosan PUMA 2100 3. Установ А 3.1. Встановити, закріпити, зняти	4-кулачковий патрон	

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	3.2. Підрізати торець в розмір 1		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.3. Точити пов. 2		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.4. Точити пов. 3 на довжині 4		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.5. Розточити отв. 5 наскрізь		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.6. Розточити отв. 6 на глибину 7		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.7. Розточити отв. 8 на глибину 9		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	4. Установ Б		
	4.1. Переустановити, закріпити, зняти		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	4.1. Підрізати торець в розмір 10		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	4.2. Підрізати торець в розмір 11		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	4.3. Розточити отв. 12		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	4.4. Розточити отв. 13 на глибину 14		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	4.5. Розточити отв. 15 на глибину 16		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
020	1. Токарна багатощільова	Спеціальне	
	2. Токарний 5-осьовий обробний верстат Mazak INTEGREX i-200 ST		
	3.1. Встановити, закріпити, зняти		

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	3.2. Підрізати торець 1 в розмір 224±0,2		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-MF2 Тримач C5-390.410-63090C
	3.3. Підрізати торець 1 в розмір 223±0,2		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-MF2 Тримач C5-390.410-63090C
	3.4. Розточити отв. 2 в розмір $\varnothing 259^{+0,13}$		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C
	3.5. Розточити фаску 10		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.6. Розточити отв. 3, витримуючи розмір 4		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.7. Розточити отвір 5 на глибині 6		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	3.8. Розточити фаску 12		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.9. Розточити отвір 7 на глибині 8		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.10. Розточити фаску 13		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.11. Підрізати торець витримуючи розмір 9		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.12. Розточити фаску 11		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.13. Розточити отв. 2 в розмір $\varnothing 260^{+0,052}$		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C
	3.14. Свердлити отв. 14 в розмір $\varnothing 14,5^{+0,22}$ на глибину 15		Свердло SD1103-1400-043-14R1 Свердильний патрон E9306508532

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	3.15. Зенкувати фаску 16		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355
	3.16. Нарізати різьбу M16×1,5-6H в отв. 14 на глибину 17		Мітчик MTS-M16X2.00ISO6HX-XC-S010 Цанга 393.14-25D120X090 Метчиковий патрон E9304586725128
025	1. Токарна багатоцільова	Спеціальне	
	2. Токарний 5-осьовий обробний верстат Mazak INTEGREX i-200 ST		
	3.1. Переустановити, закріпити, зняти		
	3.2. Точити пов. 1		
	3.3. Точити пов. 2 в розмір 216.0,072 витримуючи розмір 3		
3.4. Точити фаску 19		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CСMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C	
3.5. Підрізати торець, витримуючи розмір 4		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CСMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C	

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	3.6. Точити фаску 18		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.7. Точити проточку глибиною 7, витримуючи розміри 5 і 6		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-MF2 Тримач C5-390.410-63090C
	3.8. Точити поверхню 8, витримуючи розмір 9		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.9. Розточити отв. 10 наскрізь		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.10. Розточити отв. 11 в розмір $\varnothing 92^{+0,22}$, витримуючи розмір 12		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C
	3.11. Розточити отв. 11 в розмір $\varnothing 94^{+0,087}$, витримуючи розмір 12		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	3.12. Розточити фаску 20		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.13. Розточити отв. 13 в розмір $\varnothing 77,5^{+,19}$ на глибину 14		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C
	3.14. Розточити отв. 13 в розмір $\varnothing 80^{+,0,074}$ на глибину 14		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C
	3.15. Розточити отв. 15, витримуючи розмір 16.		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.16. Розточити фаску під кутом 30° , витримуючи розмір 21		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.17. Підрізати торець, витримуючи розмір 17		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	3.18. Розточити канавку шириною 22 на діаметр 23, витримуючи розмір 16		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.19. Підрізати фаску під кутом 15°		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C
	3.20. Розточити отв. 11 в розмір $\varnothing 95^{+0,035}$, витримуючи розмір 12		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C
	3.21. Свердлити отв. 24 наскрізь		Свердло SD1103-1300-043-14R1 Свердлильний патрон E9306508532
	3.22. Зенкувати фаску 25		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355
	3.23. Свердлити отв. 26 в розмір $\varnothing 5^{+0,2}$ на глибину 27		Свердло SD1103-0500-020-06R1 Свердлильний патрон E9306508532
	3.24. Зенкувати фаску 28		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355
	3.25. Нарізати різьбу М6-6Н в отв. 26 на глибині 29		Мітчик MTS- M6X1.00ISO6HX-XC- S005 Цанга 393.14-25D060X049 Метчиковий патрон E9304586725128

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	3.26. Свердлити отв. 30 в розмір $\varnothing 8,5^{+0,22}$ наскрізь		Свердло SD1103-0850-035-10R1 Свердильний патрон E9306508532
	3.27. Зенкувати фаску $1 \times 45^\circ$ в отв. 30		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355
	3.28. Нарізати різьбу M10-6H в отв. 30 наскрізь		Мітчик M10X1.50ISO6HX-XC-S005 Цанга 393.14-25D100X080 Метчиковий патрон E9304586725128
030	1. Свердильно-фрезерна багатопільова	Спеціальне	
	2. Свердильно-фрезерно-розточний верстат DOOSAN DNM 5700		
	3.1. Фрезерувати торець 1 в розмір $20 \pm 0,5$		Фреза R220.53-8250-09-16C Пластина SEEX09T3AFTN-M08 Державка HСКА100-SMF60-075
	3.2. Фрезерувати торець 2, витримуючи розмір $1 \pm 0,1$ та $\varnothing 126_{-0,5}$		Фреза 522450R050Z6.0-MEGA-64 Патрон E9306508532
	3.3. Розфрезерувати отв. 4 в розмір $\varnothing 72^{+0,2}$ на глибину $6 \pm 0,2$		Фреза 522450R050Z6.0-MEGA-64 Патрон E9306508532
	3.4. Зацентрувати 8 отв. 6		Центрове свердло $\varnothing 1$ HSS DIN 333A
	3.5. Свердлити наскрізь 8 отв. 6 в розмір $\varnothing 14,5^{+0,22}$		Свердло SD1103-1400-043-14R1 Свердильний патрон E9306508532
	3.6. Зенкувати фаску $1,6 \times 45^\circ$ в отв. 6		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	3.7. Нарізати різьбу М16×1,5-6Н в отв. 6		Мітчик MTS- M16X2.00ISO6HX-XC-S010 Цанга 393.14-25D120X090 Метчиковий патрон E9304586725128
	3.8. Точити елемент III на глибину $1^{+0,25}$ згідно ескізу		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-MF2 Тримач C5-390.410-63090C
	3.9. Фрезерувати пов. 8, витримуючи розмір $192_{-0,72}$		Фреза 522450R050Z6.0-MEGA-64
	3.10. Зацентрувати отв. 9		Центрове свердло ф1 HSS DIN 333A
	3.11. Свердлити отв. 9 в розмір $\varnothing 8,5^{+0,2}$ на глибину $118_{-0,5}^{+1,0}$		Свердло SD1103-0850-035-10R1 Свердлильний патрон E9306508532
	3.12. Розсвердлити отв. 14 в розмір $\varnothing 12,5^{+0,22}$ на глибину $20_{-0,5}^{+1,0}$		Свердло SD1103-1200-040-12R1 Свердлильний патрон E9306508532
	3.13. Цекувати отв. 12 в розмір $\varnothing 18^{+0,24}$ на глибину $1\pm 0,2$		Цеківка ф18 HSS-XE DIN 373
	3.14. Зенкувати фаску 41 в розмір $1,6\times 45^\circ$		Зенківка $\varnothing 31,5\times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355
	3.15. Нарізати різьбу М14×1,5-6Н в отв. 14 на глибину $14_{-0,5}^{+1,0}$		Мітчик MTS- M14X2.00ISO6HX-XC-S010 Цанга 393.14-25D110X090 Метчиковий патрон E9304586725128
	3.16. Фрезерувати пов. 16 в розмір $170\pm 0,5$		Фреза 522450R050Z6.0-MEGA-64
	3.17. Фрезерувати пов. 17 в розмір $170\pm 0,5$		Фреза 522450R050Z6.0-MEGA-64

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	3.18. Фрезерувати пов. 18, витримуючи розмір 150 _{-0,63}		Фреза 522450R050Z6.0-MEGA-64 Патрон E9306508532
	3.19. Зацентрувати отв. 19		Центрове свердло ф1 HSS DIN 333A
	3.20. Свердлити наскрізь отв. 19 в розмір Ø5 ^{+0,16}		Свердло SD1103-0500-020-06R1 Свердлильний патрон E9306508532
	3.21. Розсвердлити отв. 22 в розмір Ø10,5 ^{+0,22} на глибину 16 _{+1,0} _{-0,5}		Свердло SD1103-1050-040-12R1 Свердлильний патрон E9306508532
	3.22. Цекувати отв. 20 в розмір Ø18 ^{+0,24} на глибину 1±0,2		Цеківка ф18 HSS-XE DIN 373
	3.23. Зенкувати фаску 42 в розмір 1,6×45°		Зенківка Ø31,5x90° z = 5 HSS з конічним хвостовиком DIN 355
	3.24. Нарізати різьбу M12×1,5-6H в отв. 22 на глибину 12 _{+1,0} _{-0,5}		Мітчик MTS- M12X1.75ISO6HX-XC-S010 Цанга 393.14-25D090X071 Метчиковий патрон E9304586725128
	3.25. Фрезерувати пов. 25, витримуючи розмір 162 _{-0,63}		Фреза 522450R050Z6.0-MEGA-64 Патрон E9306508532
	3.26. Зацентрувати отв. 26		Центрове свердло ф1 HSS DIN 333A
	3.27. Свердлити наскрізь отв. 26 в розмір Ø14 ^{+0,24}		Свердло SD1103-1400-043-14R1 Свердлильний патрон E9306508532
	3.28. Розсвердлити отв. 29 в розмір Ø25,5 ^{+0,22} на глибину 19 _{+1,0} _{-0,5}		Свердло SD503-25.5-77-32R7-SP09 Свердлильний патрон E9306508532
	3.29. Цекувати отв. 27 в розмір Ø32 ^{+0,34} на глибину 1±0,2		Цеківка ф32 HSS-XE DIN 373

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	3.30. Зенкувати фаску 43 в розмір 1,6×45°		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355
	3.31. Нарізати різьбу M27×1,5-6H в отв. 29 на глибину 15 ^{+1,0} _{-0,5}		Мітчик МТН- M27X3.00ISO6H-BC-V033 Цанга 393.14-25D200X160 Метчиковий патрон E9304586725128
	3.32. Фрезерувати пов. 32, витримуючи розмір 150±0,5		Фреза 522450R050Z6.0-MEGA-64 Патрон E9306508532
	3.33. Зацентрувати 2 отв. 33		Центрове свердло $\varnothing 1$ HSS DIN 333A
	3.34. Свердлийти 2 отв. 33 в розмір $\varnothing 6,8^{+0,2}$ на глибину 23 ^{+1,0} _{-0,5}		Свердло SD1103-0680-024-08R1 Свердлильний патрон E9306508532
	3.35. Розсвердлийти 2 отв. 35 в розмір $\varnothing 13^{+0,24}$ на глибину 5±0,2		Свердло SD1103-1300-043-14R1 Свердлильний патрон E9306508532
	3.36. Нарізати різьбу M8-6H в 2 отв. 33 на глибину 19 ^{+1,0} _{-0,5}		Мітчик МТS- M8X1.25ISO6HX-XC-S010 Цанга 393.14-25D060X049 Метчиковий патрон E9304586725128
	3.37. Фрезерувати пов. 38, витримуючи розмір 1,5 _{-0,25}		Фреза 522450R050Z6.0-MEGA-64 Патрон E9306508532
	3.38. Фрезерувати пов. 39 в розмір $\varnothing 40^{+0,62}$ на глибину 22±0,2, витримуючи розмір 51 ^{+0,74}		Фреза 522450R050Z6.0-MEGA-64 Патрон E9306508532

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
035	1. Радіально-свердлильна	Спеціальне	
	2. Вертикальний багатощільовий верстат Mazak VTC-200C		
	3. Установ А		
	3.1. Установити деталь на стіл. Закріпити. Установити на деталь кондуктор. Повернути стіл на 45°		
	3.2. Свердлити отв. 1 в розмір $\varnothing 5^{+0,12}$, витримуючи розмір $28 \pm 0,3$		Свердло SD1103-0500-020-06R1 Свердлильний патрон E9306508532
	4. Установ Б		
	4.1. Установити деталь на стіл. Закріпити. Установити на деталь кондуктор		
	4.2. Свердлити отв. 2 в розмір $\varnothing 5,5^{+0,075}$ на глибину $10^{+1,0}_{-0,5}$		Свердло SD1103-0550-020-06R1 Свердлильний патрон E9306508532
	4.3. Свердлити 4 отв. 4 в розмір $\varnothing 4,2^{+0,13}$ на глибину $12^{+1,0}_{-0,5}$		Свердло SD1103-0420-017-06R1 Свердлильний патрон E9306508532
	4.4. Зняти кондуктор		-
	4.5. Розгорнути отв. 2 в розмір $\varnothing 5,8^{+0,03}$ на глибину $8 \pm 0,5$		Розгортка NF06-5.8 H7-EB45-RH2000 Свердлильний патрон E9306508532
	4.6. Розгорнути отв. 2 в розмір $\varnothing 6^{+0,012}$ на глибину $8 \pm 0,5$		Розгортка NF06-6 H7-EB45-RH2000 Свердлильний патрон E9306508532
	4.7. Зенкувати фаски 7 і 9 в розмір $0,6 \times 45^\circ$		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист

Продовження таблиці 3.11

1	2	3	4
	4.8. Нарізати різьбу М5-6Н в 4 отв. 4 на глибину 8±0,5		Мітчик MTS- M5X0.80ISO6HX-XC-S005 Цанга 393.14-25D060X049 Метчиковий патрон E9304586725128
	4.9. Нарізати різьбу М16×1,5-6Н в отв. 10 на глибину 20 ^{+1,0} _{-0,5}		Мітчик MTS- M16X2.00ISO6HX-XC-S010 Цанга 393.14-25D120X090 Метчиковий патрон E9304586725128

Зовнішня чорнова токарна обробка:

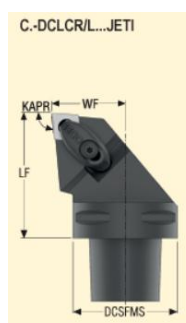


Рисунок 3.8 – Державка C5-DCLCR-35060-12JETI [11, с.138]
Геометричні параметри: DCSFMS = 50 мм, WF = 35 мм, LF = 60 мм,
Хвостовик Seco-Capto C5.

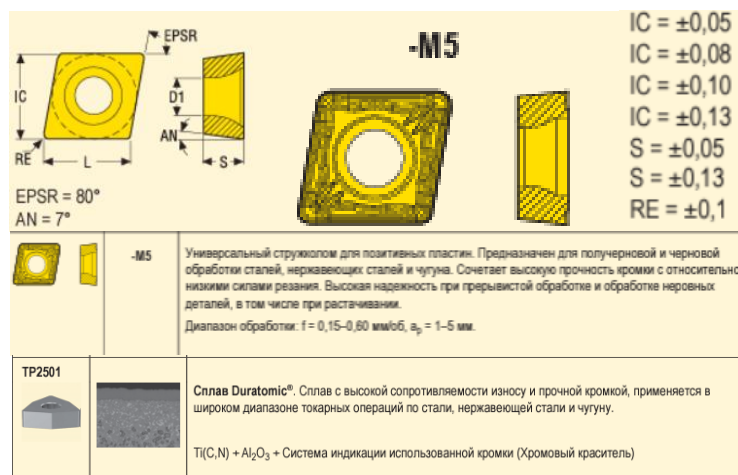


Рисунок 3.9 – Пластина CCMT120408-M5 [11, с.423], CVD – покриття TP2501 [11, с.50]

Геометричні параметри: IC = 12,7 мм, L = 12,9 мм; S = 4,76 мм; D1 = 5,6 мм, RE = 0,8 мм.

Зовнішня напівчистова токарна обробка:

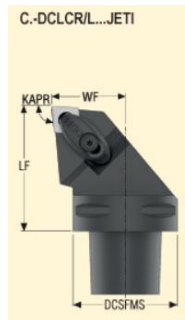


Рисунок 3.10 – Державка C5-DCLCR-35060-12JETI [11, с.138]
Геометричні параметри: DCSFMS = 50 мм, WF = 35 мм, LF = 60 мм,
Хвостовик Seco-Capto C5.

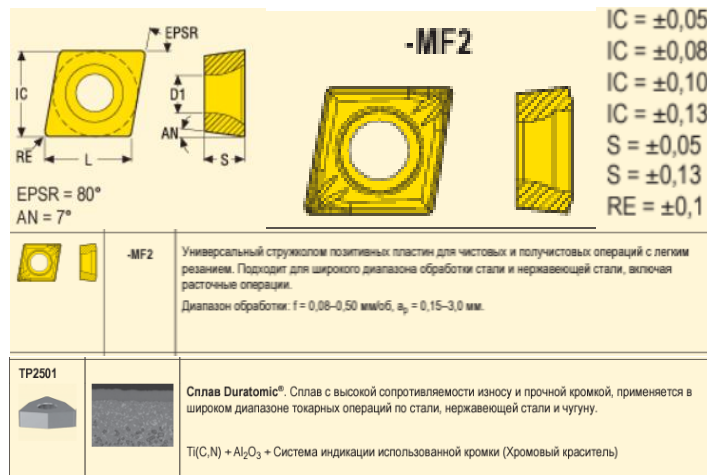


Рисунок 3.11 – Пластина CCMT120408-MF2 [11, с.423], CVD – покриття TP2501 [11, с.50]

Геометричні параметри: IC = 12,7 мм, L = 12,9 мм; S = 4,76 мм; D1 = 5,6 мм, RE = 0,8 мм.

Зовнішня чистова токарна обробка:

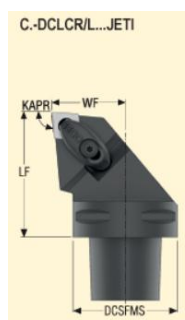


Рисунок 3.12 – Державка C5-DCLCR-35060-12JETI [11, с.138]

Геометричні параметри: DCSFMS = 50 мм, WF = 35 мм, LF = 60 мм,
Хвостовик Seco-Capto C5.

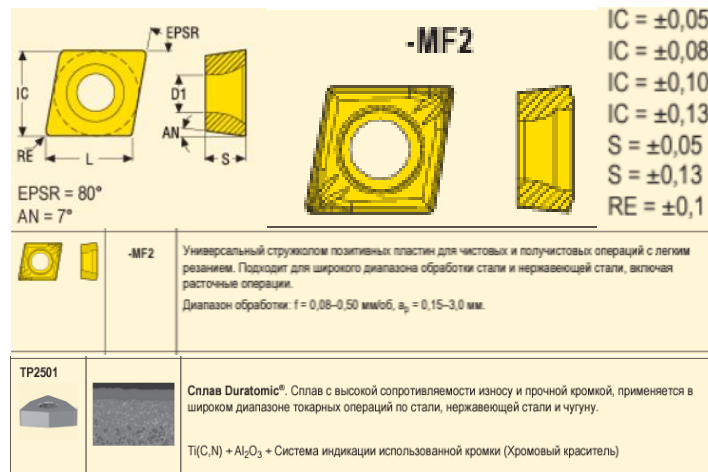


Рисунок 3.13 – Пластина CCMT120408-MF2 [11, с.423], CVD – покрытие TP2501 [11, с.50]

Геометричні параметри: IC = 12,7 мм, L = 12,9 мм; S = 4,76 мм; D1 = 5,6 мм, RE = 0,8 мм.

Внутрішня чорнова токарна обробка:

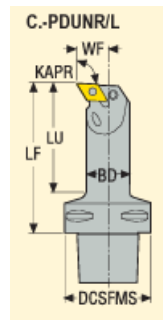


Рисунок 3.14 - Державка C5-PDUNR-35150-15 [11, с.332]

Геометричні параметри: BD = 50 мм, DCSFMS = 50 мм, WF = 35 мм, LF = 150 мм, LU = 131 мм, Хвостовик Seco-Capto C5.



Рисунок 3.15 – Пластина DNMG150608-M5 [11, с.438], CVD – покрытие TP2501 [11, с.50]

Геометричні параметри: IC = 12,7 мм, L = 15,5 мм; S = 6,35 мм; D1 = 5,15 мм, RE = 0,8 мм.

Внутрішня напівчистова токарна обробка:

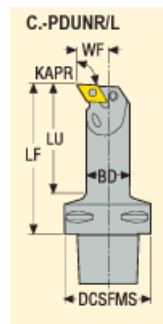


Рисунок 3.16 - Державка C5-PDUNR-35150-15 [11, с.332]

Геометричні параметри: BD = 50 мм, DCSFMS = 50 мм, WF = 35 мм, LF = 150 мм, LU = 131 мм, Хвостовик Seco-Capto C5.

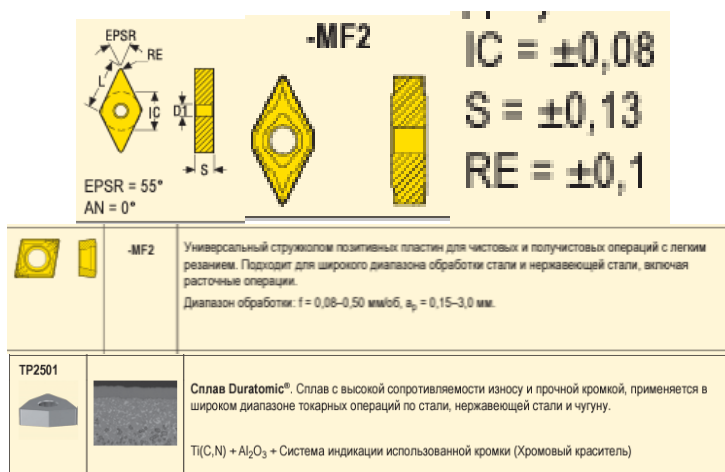


Рисунок 3.17 – Пластина DNMG150608-MF2 [11, с.436], CVD – покрытие TP2501 [11, с.50]

Геометричні параметри: IC = 12,7 мм, L = 15,5 мм; S = 6,35 мм; D1 = 5,15 мм, RE = 0,8 мм.

Внутрішня чистова токарна обробка:

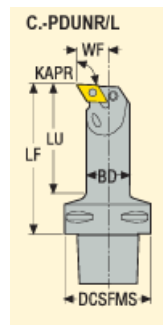


Рисунок 3.18 - Державка C5-PDUNR-35150-15 [11, с.332]

Геометричні параметри: BD = 50 мм, DCSFMS = 50 мм, WF = 35 мм, LF = 150 мм, LU = 131 мм, Хвостовик Seco-Capto C5.



Рисунок 3.19 – Пластина DNMG150608-MF2 [11, с.436], CVD – покриття TP2501 [11, с.50]

Геометричні параметри: IC = 12,7 мм, L = 15,5 мм; S = 6,35 мм; D1 = 5,15 мм, RE = 0,8 мм.

Фрезерування торцевою фрезою:

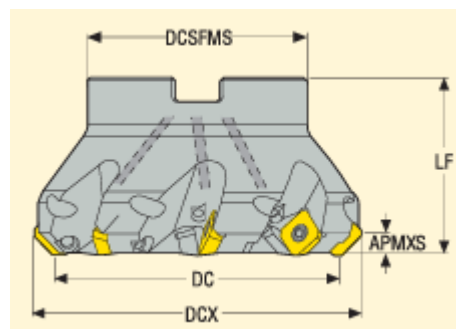


Рисунок 3.20 – Фреза R220.53-8250-09-16C [12, с.137]

Геометричні параметри: APMXS = 4,5 мм, DCX = 260 мм, DC = 250 мм, DCSFMS = 130 мм, DCB = 60 мм; LF = 55 мм, оправка.

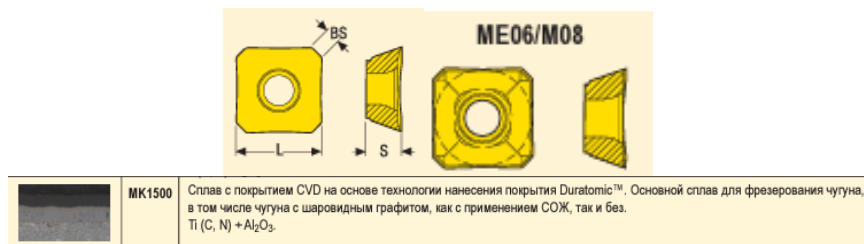


Рисунок 3.21 – Пластина SEEX09T3AFTN-M08 [12, с.641], CVD-покрыття – МК1500 [12, с.13]
Геометричні параметри: L = 9,52 мм, S = 3,97 мм, BS = 1,5 мм.

Фрезерування кінцевою фрезою:

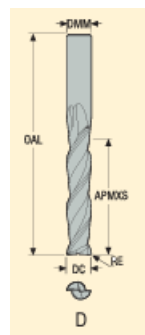


Рисунок 3.22 - Фреза 522450R050Z6.0-MEGA-64 [13, с.85]
Геометричні параметри: DC = 45 мм, DMM = 45 мм, APMXS = 160 мм;
OAL = 245 мм, циліндричний хвостовик.

Обробка отворів M16:

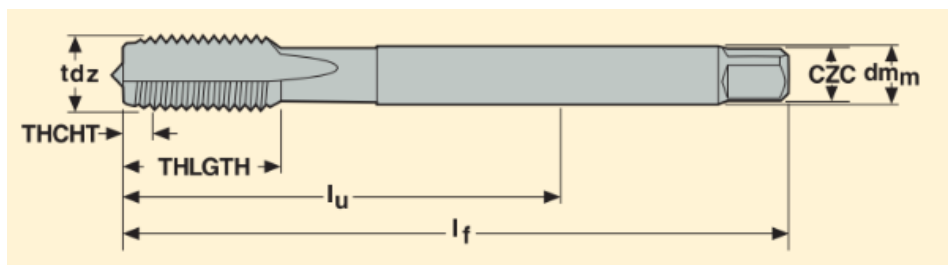


Рисунок 3.23 - Мітчик MTS- M16X2.00ISO6HX-XC-S010 [14, с.284]
Геометричні параметри: d = 12 мм, lu = 68 мм, THLGTH = 25 мм, lf = 110 мм, CZC = 12x9 мм, хвостовик циліндричний.

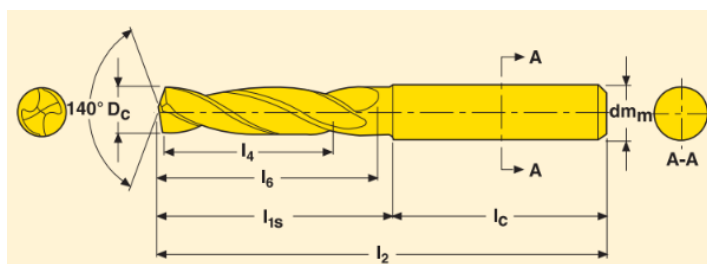


Рисунок 3.24 – Свердло SD1103-1400-043-14R1 [14, с.28]
Геометричні параметри: l2 = 107 мм, l4 = 43 мм, l1s = 62 мм, lc = 45 мм,
l6 = 60 мм, d = Dc = 14 мм, хвостовик циліндричний.

Обробка отворів M10:

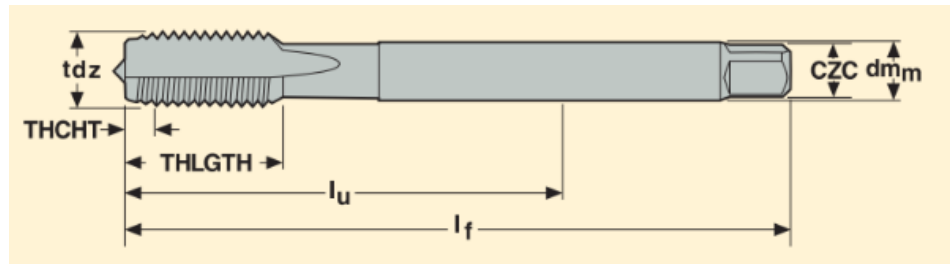


Рисунок 3.25 - Мітчик M10X1.50ISO6HX-XC-S005 [14, с.283]

Геометричні параметри: $d = 10$ мм, $l_u = 39$ мм, $THLGTH = 20,1$ мм, $l_f = 100$ мм, $CZC = 10 \times 8$ мм, хвостовик циліндричний.

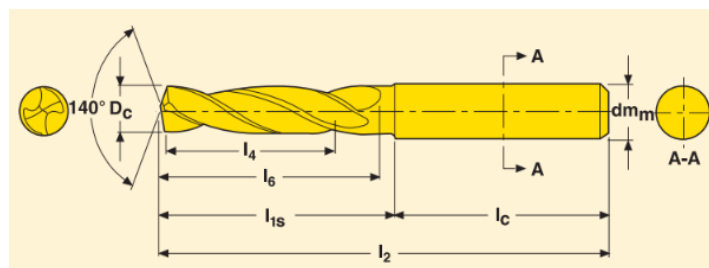


Рисунок 3.26 – Свердло SD1103-0850-035-10R1 [14, с.26]

Геометричні параметри: $l_2 = 89$ мм, $l_4 = 35$ мм, $l_{1s} = 49$ мм, $l_c = 40$ мм, $l_6 = 47$ мм, $d = 10$ мм, $D_c = 8,5$ мм, хвостовик циліндричний.

Обробка отворів M6:

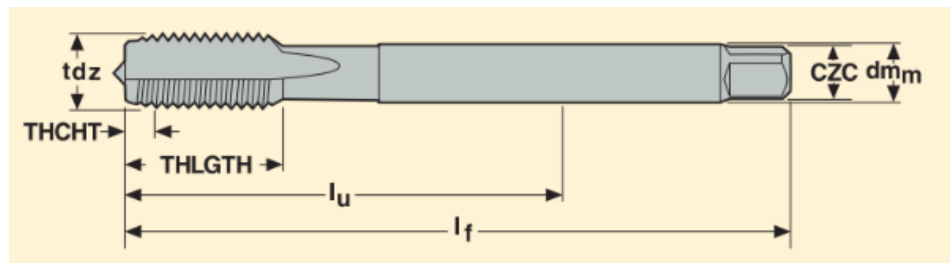


Рисунок 3.27 - Мітчик MTS- M6X1.00ISO6HX-XC-S005 [14, с.283]

Геометричні параметри: $d = 6$ мм, $l_u = 30$ мм, $THLGTH = 14,5$ мм, $l_f = 80$ мм, $CZC = 6 \times 4,9$ мм, хвостовик циліндричний.

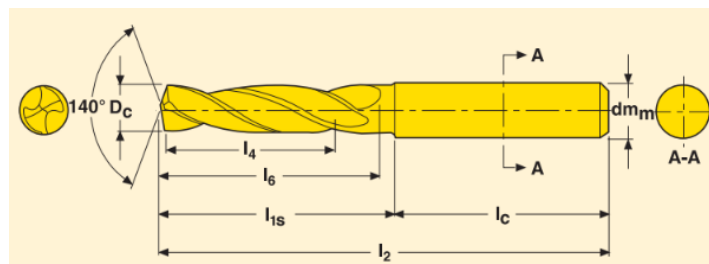


Рисунок 3.28 – Свердло SD1103-0500-020-06R1 [14, с.25]

Геометричні параметри: $l_2 = 66$ мм, $l_4 = 20$ мм, $l_{1s} = 30$ мм, $l_c = 36$ мм, $l_6 = 28$ мм, $d = 6$ мм, $D_c = 5$ мм, хвостовик циліндричний.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ</i>				

Свердління отвору:

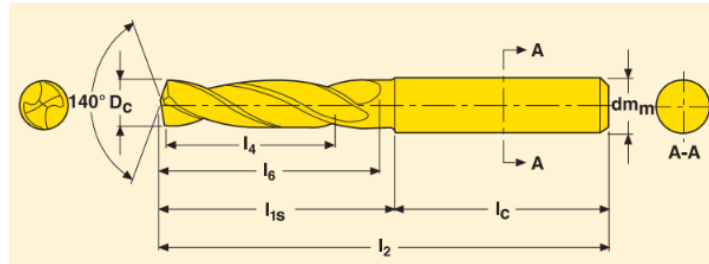


Рисунок 3.29 – Свердло SD1103-1300-043-14R1 [14, с.28]

Геометричні параметри: $l_2 = 107$ мм, $l_4 = 43$ мм, $l_{1s} = 62$ мм, $l_c = 45$ мм, $l_6 = 60$ мм, $d = 14$ мм, $D_c = 13$ мм, хвостовик циліндричний.

Обробка отворів M14:

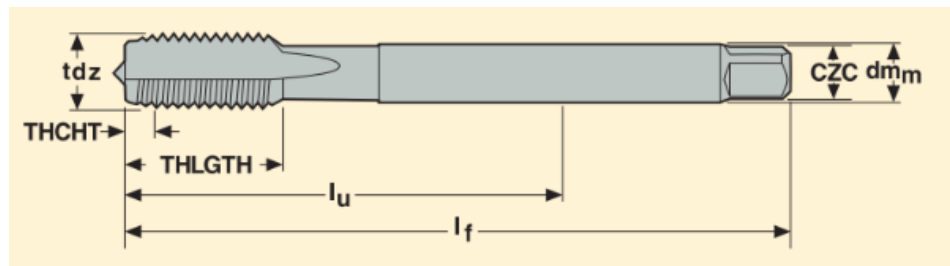


Рисунок 3.30 - Мітчик MTS- M14X2.00ISO6HX-XC-S010 [14, с.284]

Геометричні параметри: $d = 11$ мм, $l_u = 81$ мм, $THLGTH = 25$ мм, $l_f = 110$ мм, $CZC = 11 \times 9$ мм, хвостовик циліндричний.

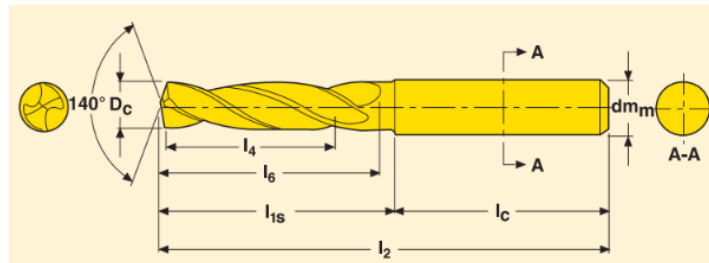


Рисунок 3.31 – Свердло SD1103-1200-040-12R1 [14, с.27]

Геометричні параметри: $l_2 = 102$ мм, $l_4 = 40$ мм, $l_{1s} = 57$ мм, $l_c = 45$ мм, $l_6 = 55$ мм, $d = D_c = 12$ мм, хвостовик циліндричний.

Обробка отворів M12:

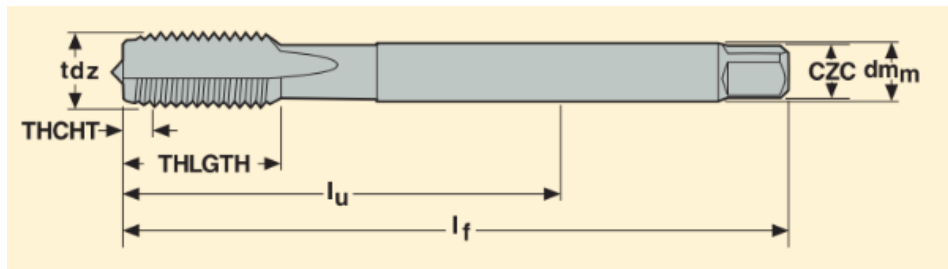


Рисунок 3.32 - Мітчик MTS- M12X1.75ISO6HX-XC-S010 [14, с.284]
 Геометричні параметри: $d = 9$ мм, $l_u = 83$ мм, $THLGTH = 23$ мм, $l_f = 110$ мм, $CZC = 9 \times 7$ мм, хвостовик циліндричний.

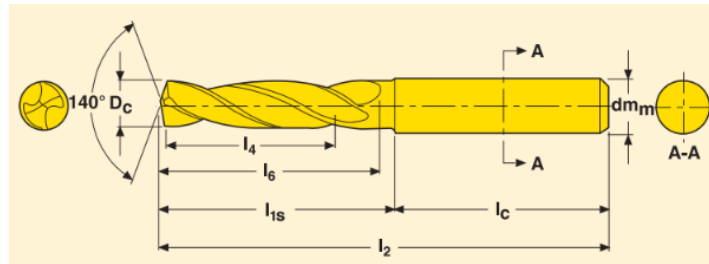


Рисунок 3.33 – Свердло SD1103-1050-040-12R1 [14, с.27]
 Геометричні параметри: $l_2 = 102$ мм, $l_4 = 40$ мм, $l_{1s} = 57$ мм, $l_c = 45$ мм, $l_6 = 55$ мм, $d = 10$ мм, $D_c = 12$ мм, хвостовик циліндричний.

Обробка отворів M27:

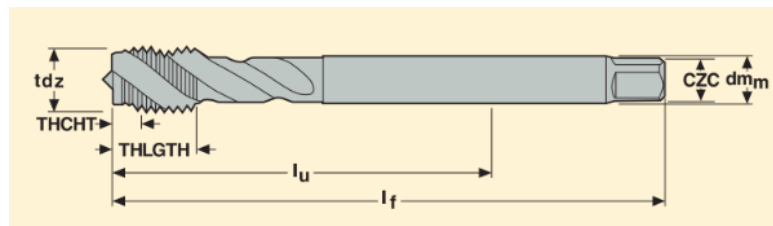


Рисунок 3.34 - Мітчик MTH- M27X3.00ISO6H-BC-V033 [14, с.302]
 Геометричні параметри: $d = 20$ мм, $l_u = 97$ мм, $THLGTH = 30$ мм, $l_f = 160$ мм, $CZC = 20 \times 16$ мм, хвостовик циліндричний.

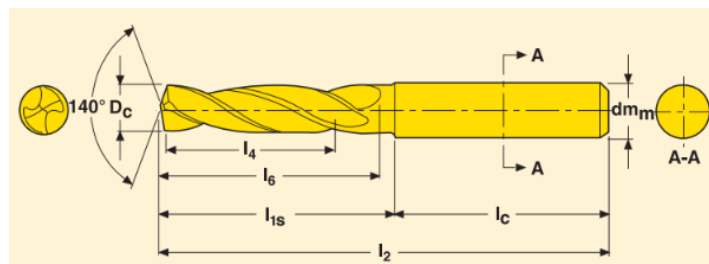


Рисунок 3.35 – Свердло SD503-25.5-77-32R7-SP09 [14, с.186]
 Геометричні параметри: $l_2 = 167$ мм, $l_4 = 77$ мм, $l_{1s} = 107$ мм, $l_c = 60$ мм, $l_{3s} = 82$ мм, $d = 32$ мм, $D_c = 25,5$ мм, хвостовик циліндричний.

Обробка отворів M8:

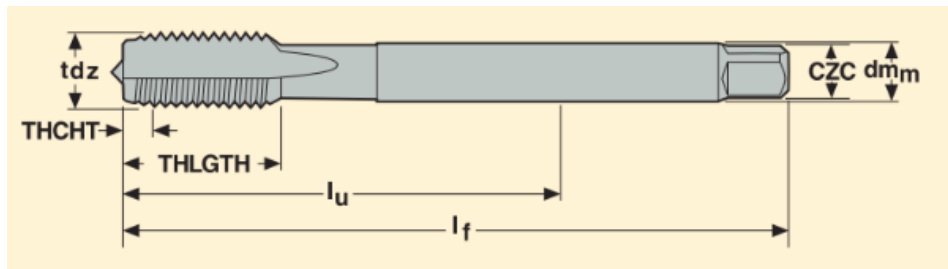


Рисунок 3.36 - Мітчик MTS- M8X1.25ISO6HX-XC-S010 [14, с.284]
 Геометричні параметри: $d = 6$ мм, $l_u = 67$ мм, $THLGTH = 18$ мм, $l_f = 90$ мм, $CZC = 6 \times 4,9$ мм, хвостовик циліндричний.

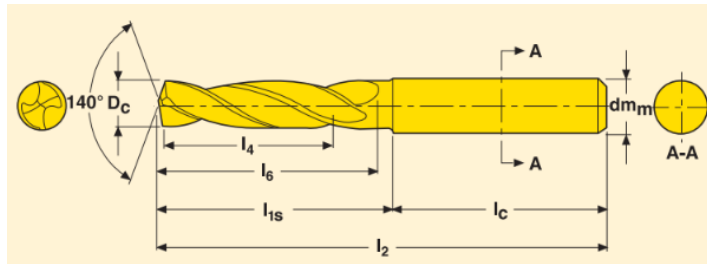


Рисунок 3.37 – Свердло SD1103-0680-024-08R1 [14, с.26]
 Геометричні параметри: $l_2 = 79$ мм, $l_4 = 24$ мм, $l_{1s} = 43$ мм, $l_c = 36$ мм, $l_6 = 34$ мм, $d = 8$ мм, $D_c = 6,8$ мм, хвостовик циліндричний.

Обробка отворів M5:

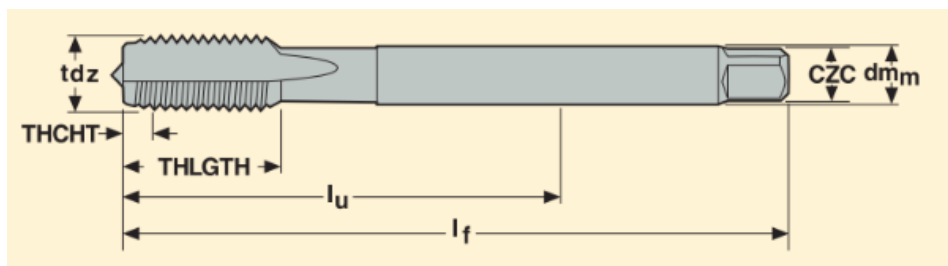


Рисунок 3.38 - Мітчик MTS- M5X0.80ISO6HX-XC-S005 [14, с.283]
 Геометричні параметри: $d = 6$ мм, $l_u = 25$ мм, $THLGTH = 12,6$ мм, $l_f = 70$ мм, $CZC = 6 \times 4,9$ мм, хвостовик циліндричний.

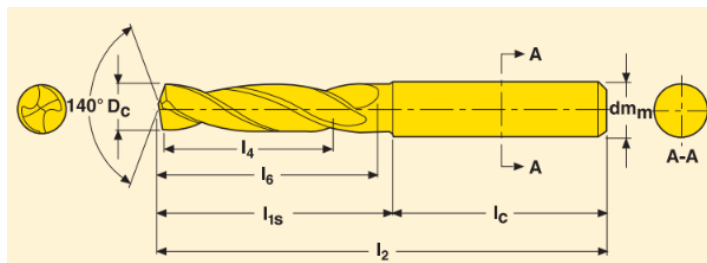


Рисунок 3.39 – Свердло SD1103-0420-017-06R1 [14, с.25]
 Геометричні параметри: $l_2 = 66$ мм, $l_4 = 17$ мм, $l_{1s} = 30$ мм, $l_c = 36$ мм, $l_6 = 24$ мм, $d = 6$ мм, $D_c = 4,2$ мм, хвостовик циліндричний.

Свердління отвору:

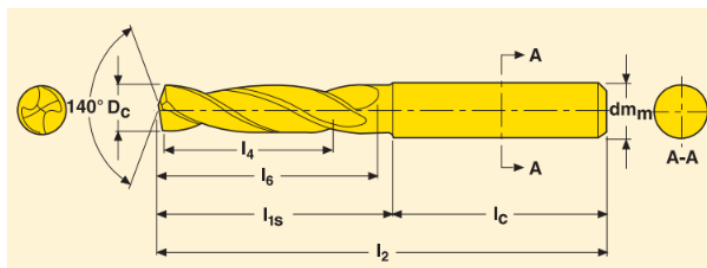
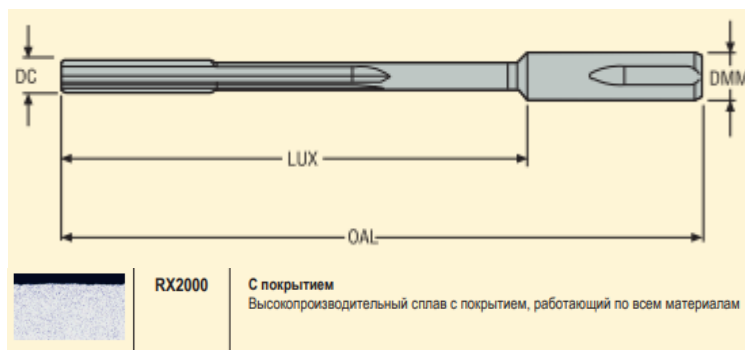


Рисунок 3.40 – Свердло SD1103-0550-020-06R1 [14, с.25]
 Геометричні параметри: $l_2 = 66$ мм, $l_4 = 20$ мм, $l_{1s} = 30$ мм, $l_c = 36$ мм, $l_6 = 28$ мм, $d = 6$ мм, $D_c = 5,5$ мм, хвостовик циліндричний.

Підбір розгортки:



Заходня геометрия - EB45
 Стружкообразование +++
 Шероховатость + (R_a 0,8 - 1,2 мкм)
 Универсальность

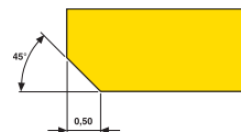
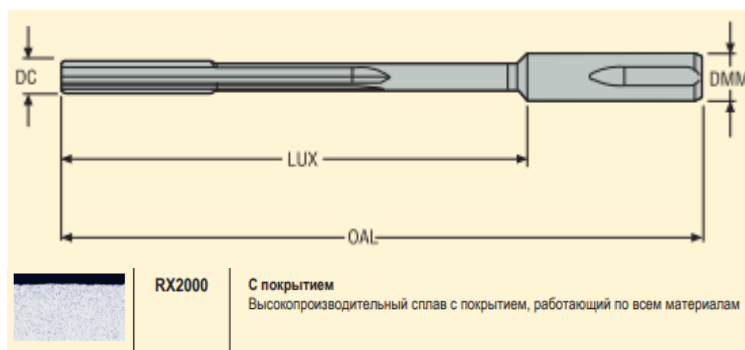


Рисунок 3.41 – Розгортка NF06-5.8 H7-EB45-RH2000 [15, с.274]
 Геометричні параметри: $DC = 5,8$ мм, $LUX = 60$ мм, $DMM = 6$ мм, $OAL = 80$ мм



Заходня геометрия - EB45
 Стружкообразование +++
 Шероховатость + (R_a 0,8 - 1,2 мкм)
 Универсальность

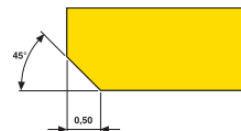


Рисунок 3.42 – Розгортка NF06-6 H7-EB45-RH2000 [15, с.274]
 Геометричні параметри: $DC = 6$ мм, $LUX = 60$ мм, $DMM = 6$ мм, $OAL = 80$ мм

Вибір допоміжного інструменту:
 Токарні операції:

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ</i>					

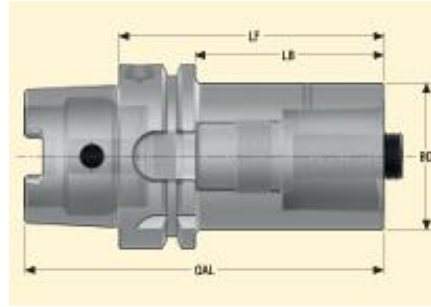


Рисунок 3.43 – Тримач С5-390.410-63090С [16, с.116]
 Геометричні параметри: LF = 90 мм; LB = 64 мм; BD = 50 мм; OAL = 122 мм

Обробка отворів:

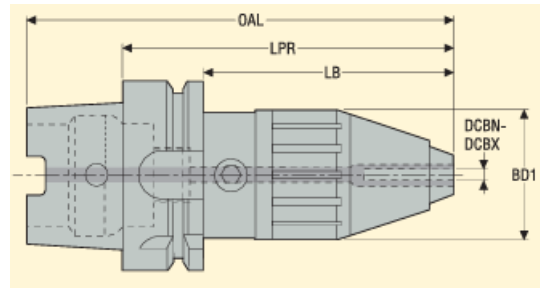


Рисунок 3.44 – Свердлильний патрон E9306508532 [16, с.107]
 Геометричні параметри: OAL = 368 мм; LPR = 268 мм; LB = 210 мм;
 BD1 = 112 мм; DCBN-DCBX = 5-32 мм.

Нарізання різьби:

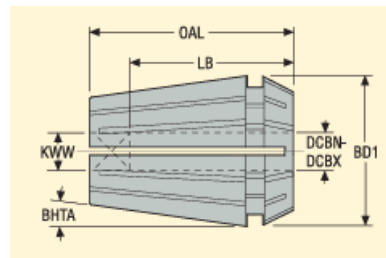


Рисунок 3.45 – Цанга 393.14-25D060X049 [16, с.329]
 Геометричні параметри: LB = 18 мм; BD1 = 25,8 мм; KWW = 4,9 мм;
 OAL = 34 мм; DCBN-DCBX = 6 мм

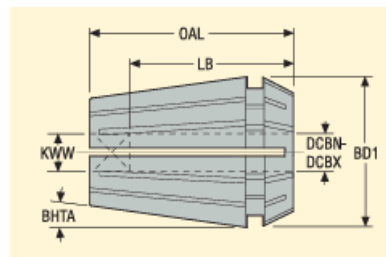


Рисунок 3.45 – Цанга 393.14-25D090X071 [16, с.329]

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист

Геометричні параметри: LB = 22 мм; BD1 = 25,8 мм; KWW = 7,1 мм;
OAL = 34 мм; DCBN-DCBX = 9 мм

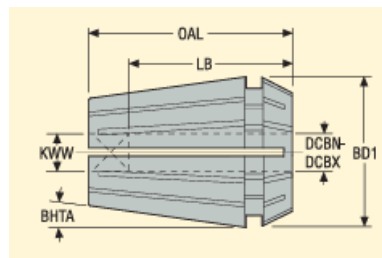


Рисунок 3.45 – Цанга 393.14-25D100X080 [16, с.329]

Геометричні параметри: LB = 25 мм; BD1 = 25,8 мм; KWW = 8 мм; OAL = 34 мм; DCBN-DCBX = 10 мм

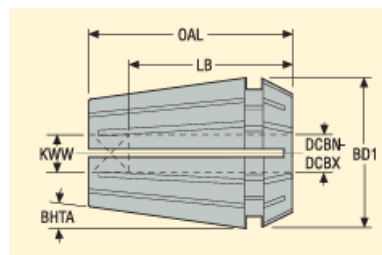


Рисунок 3.45 – Цанга 393.14-25D110X090 [16, с.329]

Геометричні параметри: LB = 25 мм; BD1 = 25,8 мм; KWW = 9 мм; OAL = 34 мм; DCBN-DCBX = 11 мм

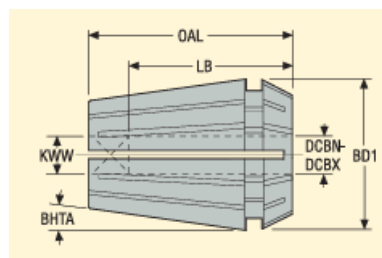


Рисунок 3.45 – Цанга 393.14-25D120X090 [16, с.329]

Геометричні параметри: LB = 25 мм; BD1 = 25,8 мм; KWW = 9 мм; OAL = 34 мм; DCBN-DCBX = 12 мм

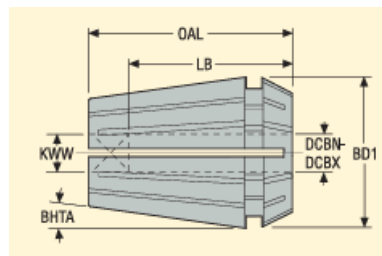


Рисунок 3.45 – Цанга 393.14-25D200X160 [16, с.329]

Геометричні параметри: LB = 28 мм; BD1 = 25,8 мм; KWW = 16 мм;
OAL = 34 мм; DCBN-DCBX = 16 мм

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ

Лист

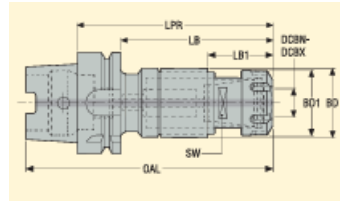


Рисунок 3.46 – Метчиковий патрон E9304586725128 [16, с.108]
 Геометричні параметри: LPR = 122,5 мм; LB = 96,5 мм; LB1 = 37,1 мм;
 BD = 44 мм; BD1 = 42 мм; OAL = 154,4 мм; SW = 28 мм

Обробка торцевою фрезою:

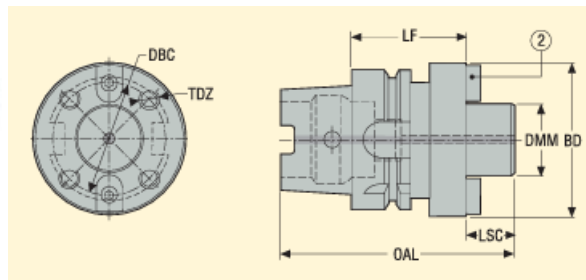


Рисунок 3.47 – Державка HSKA100-SMF60-075 [16, с.76]
 Геометричні параметри: DMM = 60 мм; LF = 75 мм; BD = 129 мм; OAL = 165 мм; LSC = 40 мм; DBC = 101,6 мм; TDZ = M16

3.2.5.1 Вибір режимів різання, нормування технологічних операцій
 Визначаємо параметри різання для токарної операції з розточування поверхні 5.

Вихідні дані:

Деталь:

Найменування деталі – корпус масляного насоса.

Матеріал – сталь 20ГСЛ (НВ 1490...1970 МПа).

Одержуваний розмір – 260 мм.

Точність поверхні оброблювання – IT7.

Шорсткість поверхні – Ra2,5.

Заготовка:

Метод отримання – відливка II класу точності (IT17).

Маса – 75 кг.

Стан поверхонь – без кірки.

Припускове значення на обробку - 6 мм.

Особливі умови: задана поверхня та стандартизовані поверхні попередньо оброблені.

Верстат:

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ</i>					

Модель: Mazak INTEGREX i-200 ST

Технічні характеристики:

Швидкість обертання шпинделя n , об/хв: 10 – 2000

Межі подачі S_m , мм/хв:

- по осі X: 1...2000

- по осі Z: 1...2000

Безступінчасте регулювання подачі.

Максимальне зусилля подачі N:

- по осі X: 6000

- по осі Z: 10000

- Потужність приводу (кВт): 22

Вибір етапів обробки:

Етапи обробки цієї поверхні наведені в таблиці 3.5.

Вибір глибини різання:

Для початкової обробки глибина різання $t_1 = 3$ мм

Для проміжної обробки глибина різання $t_2 = 2$ мм

Для остаточної обробки глибина різання $t_3 = 1$ мм

Вибір подачі:

На початковій стадії обробки подачу вибираємо по [17]. При глибині різання $t_1 = 3$ мм і діаметрі різця 20 мм подача дорівнює $S_o = 0,25$ мм/об. На проміжній стадії обробки подачу вибираємо по [17]. При глибині різання $t_2 = 2$ мм – подача $S_o = 0,2$ мм/об. На остаточній стадії обробки значення подачі визначаємо по [17]. Для глибини різання $t_3 = 1$ подача становить $S_o = 0,09$ мм/об. Значення подач, вибрані для чорнової та напівчистої стадій, коригуються з урахуванням поправочних коефіцієнтів, що обираються по [17] відповідно до змінених умов і таких факторів, як:

матеріалу інструмента $K_{Su} = 1$;

поверхневий стан заготовки $K_{Sn} = 1$;

методу фіксації пластини $K_{Sp} = 1,05$;

діаметрального розміру деталі $K_{Sd} = 1$;

геометричних параметрів різця $K_{S\phi} = 1$;

механічних характеристик матеріалу оброблення $K_{Sm} = 1$;

вильоту різця $K_{Sl} = 0,68$.

Кінцеве значення подач знаходимо по формулі [17, с.30]

$$S_o = S_{oT} K_{Su} K_{Sn} K_{Sp} K_{Sd} K_{S\phi} K_{Sm} K_{Sl} \quad (3.8)$$

Подача на чорнову операцію:

$$S_o = 0,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,68 = 0,19 \text{ мм/об.}$$

Подача на напівчистову операцію:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ				

$$S_o = 0,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,68 = 0,14 \text{ мм/об.}$$

Вибраний показник подачі для етапу обробки грубих поверхонь перевіряється з урахуванням допустимих осьових P_x та радіальних P_y компонент різального зусилля, в межах міцнісних характеристик подаючого механізму.

Для заданої поверхні з глибиною різання $t_l = 3$ мм і подачею $S_o = 0,19$ мм/об, компоненти різального зусилля визначаються за допомогою [17]: $P_{Xm} = 800$ Н, $P_{Ym} = 190$ Н. Використовуючи [17], визначаються коригувальні коефіцієнти для різальних зусиль, які враховують змінені умови, залежно від таких факторів, як:

механічних характеристик матеріалу оброблення $K_{P_{Xm}} = K_{P_{Ym}} = 1$;

основного кута $K_{P_{x\phi}} = K_{P_{y\phi}} = 1$;

попереднього кута $K_{P_{x\gamma}} = K_{P_{y\gamma}} = 0,9$;

нахильного значення кута кромки $K_{P_{x\lambda}} = K_{P_{y\lambda}} = 1$.

Індекси компонентних зусиль різання P_x, P_y визначаємо по формулах:

$$P_x = P_{Xm} K_{P_{Xm}} K_{P_{x\phi}} K_{P_{x\gamma}} K_{P_{x\lambda}}, \quad (3.9)$$

$$P_y = P_{Ym} K_{P_{Ym}} K_{P_{y\phi}} K_{P_{y\gamma}} K_{P_{y\lambda}}. \quad (3.10)$$

З урахуванням коефіцієнтів на поправку зусиль різання займаємо наступні значення:

$$P_x = 800 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 720 \text{ Н,}$$

$$P_y = 190 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 171 \text{ Н.}$$

Розраховані значення компонент різального зусилля знаходяться нижче допустимих меж, встановлених подаючим механізмом верстата в відповідному напрямку $[P_x]_{ст} = 10000$ Н, $[P_y]_{ст} = 6000$ Н.

За допомогою [17] визначаємо коригувальні коефіцієнти для подачі на чистовому етапі обробки в залежності від змінених умов:

механічних характеристик матеріалу оброблення $K_{S_M} = 1$;

вильоту різця $K_{S_l} = 0,68$;

радіально-вершинне значення різця $K_{S_r} = 0,85$;

фактор оброблюваної деталі на остаточній стадії $K_{S_k} = 0,85$;

діаметральної величини деталі $K_{S_D} = 1$.

Фактор подач для остаточної стадії обробки визначаємо по формулі

$$S_o = S_{oT} K_{S_M} K_{S_l} K_{S_r} K_{S_k} K_{S_D}. \quad (3.11)$$

$$S_o = 0,09 \cdot 1 \cdot 0,68 \cdot 0,85 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,04 \text{ мм/об.}$$

Вибір швидкості різання:

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ					

Швидкість різання для чорнової та напівчистої стадій обробки вибирається за допомогою [17]. Швидкість різання для цих стадій має значення $V_T = 241$ м/хв. Крім того, поправочні коефіцієнти визначаються за [17] залежно від матеріалу інструмента $K_{V_u} = 1$.

По [17] вибираємо коефіцієнти поправки на швидкість різання чорнової й напівчистої операцій для змінювальних умов залежно від:

Команди матеріальної оброблюваності $K_{V_c} = 0,9$;

виду обробки $K_{V_o} = 1$;

жорсткісного індексу верстата $K_{V_j} = 1$;

механічних характеристик матеріалу оброблення $K_{V_M} = 1$;

геометричних параметрів різця $K_{V_\phi} = 1$;

фаза резистентності (T=30 хв) частини нарізання $K_{V_T} = 1$;

присутність СОР $K_{V_{жс}} = 1$.

Значення швидкості для початкової й проміжної операціях знаходимо по формулі:

$$V = V_T K_{V_u} K_{V_c} K_{V_o} K_{V_j} K_{V_M} K_{V_\phi} K_{V_T} K_{V_{жс}}. \quad (3.12)$$

З урахуванням поправкових індексів швидкостей на початковій і проміжній операціях:

$$V = 241 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 216,9 \text{ м/хв}$$

Швидкість різання для чистої стадії обробки вибирається за допомогою [17], і вона вказана $V_T = 370$ м/хв. У цій карті швидкість різання також коригується залежно від матеріалу інструмента $K_{V_u} = 0,6$.

Коефіцієнти коригування швидкості різання для чистої стадії, з урахуванням змінених умов, вибираються аналогічно чорновій та напівчистої операціях за допомогою [17].

Після цього визначається скоригована швидкість різання.

$$V = 370 \cdot 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 199,8 \text{ м/хв}$$

Інтенсивність провертання шпинделя визначаємо по формулі:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} \quad (3.13)$$

На чорнові операції:

$$n = \frac{1000 \cdot 216,9}{3,14 \cdot 257} = 269 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання $n_\phi = 280$ об/хв.

На напівчистові операції:

$$n = \frac{1000 \cdot 216,9}{3,14 \cdot 259} = 268 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання $n_\phi = 280$ об/хв.

На чистові операції:

$$n = \frac{1000 \cdot 199,8}{3,14 \cdot 260} = 245 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо частоту обертання $n_\phi = 250$ об/хв.

Розраховуємо дійсний фактор швидкості:

для чорнових операцій:

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 257 \cdot 280}{1000} = 225,95 \text{ м/хв;}$$

для напівчистових операцій:

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 259 \cdot 280}{1000} = 227,7 \text{ м/хв;}$$

для остаточних операцій:

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 260 \cdot 250}{1000} = 204,1 \text{ м/хв.}$$

Для чистової стадії обробки перевіряємо подачу з метою забезпечення необхідної шорсткості поверхні. При обробці сталі на швидкостях понад 100 м/хв за допомогою різця з радіусом вершини $r_\phi = 0,8$ мм, [17] рекомендує подачу $S_o = 0,27$ мм/об. Потім подача коригується для досягнення необхідної шорсткості за рахунок застосування поправочних коефіцієнтів [17] залежно від трансформованих умов, в залежності від:

механічних характеристик матеріалу оброблення $K_{S_m} = 1$;

інструментального матеріалу $K_{S_u} = 1$;

виду обробки $K_{S_o} = 1$;

присутність СОР $K_{S_{жс}} = 1$;

одержимо

$$S_o = 0,27 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,27 \text{ мм/об.}$$

Розраховані подачі для остаточної операції не більше цього значення.

Перевіркове коригування обраних режимів різання за потужністю головного приводу.

Для чорнкової та напівчистової стадій обробки потужність різання визначається за допомогою [17], аналогічно вибору швидкості різання, після чого коригується залежно від твердісного індексу матеріалу оброблення $K_N = 1$ [17].

Необхідну потужність для різання розраховуємо за формулою:

$$N = N_T \cdot \frac{V_\phi}{V_T} \cdot K_N. \quad (3.14)$$

На чорнових операцій $N_T = 5,1$ кВт;

									Лист	
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ					

$$N = 5,1 \cdot 1 \cdot \frac{225,95}{241} = 4,8 \text{ кВт.}$$

На напівчистових операцій $N_T = 5,1$ кВт;

$$N = 5,1 \cdot 1 \cdot \frac{227,7}{241} = 4,8 \text{ кВт.}$$

Визначення хвилинної подачі.

Хвилинну подачу розраховуємо по формулі:

$$S_M = S_o \cdot n_\phi \quad (3.15)$$

Для чорнових операцій:

$$S_M = 0,19 \cdot 280 = 53,2 \text{ мм/хв.}$$

Для напівчистових операцій:

$$S_M = 0,14 \cdot 280 = 39,2 \text{ мм/хв.}$$

Для чистових операцій:

$$S_M = 0,04 \cdot 250 = 10 \text{ мм/хв.}$$

Визначення часу циклу автоматичної роботи верстата за програмою.

Для верстата Mazak INTEGREX i-200 ST, на якому обробляється деталь, час фіксації револьверної головки становить $t_{u\phi} = 2$ с, а час повороту револьверної головки на одну позицію $t_{un} = 1$ с.

Безперебійна робота обладнання знаходимо по формулі:

$$T_{ц.а.} = \sum T_o + \sum T_{м\delta} \quad (3.16)$$

де T_o – головний час, що визначається по формулі:

$$T_{oi} = \frac{L_i}{S_M} \quad (3.17)$$

$T_{м\delta}$ – машинопромідний час, що визначається по формулі:

$$T_{м\delta} = \frac{L}{S_{M_{x-x}}}, \quad (3.18)$$

де $S_{M_{x-x}}$ – хвилинний час холостого ходу ($S_{M_{x-x}} = 2000$ мм/хв)

$$T_o = \frac{45}{53,2} + \frac{45}{39,2} + \frac{45}{10} = 6,5 \text{ хв.}$$

$$T_{м\delta} = \frac{3 \cdot 45 + 2 \cdot 70}{2000} = 0,14 \text{ хв.}$$

Тоді

$$T_{ц.а.} = 6,5 + 0,14 = 6,64 \text{ хв.}$$

Визначення норми штучного часу.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТПВВ	

Норми штучного часу знаходимо по формулі:

$$T_{ш} = (T_{ц.а.} + T_{\epsilon}) \cdot \left(1 + \frac{a_{mex} + a_{орг} + a_{отл}}{100} \right). \quad (3.19)$$

Допоміжний час T_{ϵ} знаходимо по формулі:

$$T_{\epsilon} = T_{узм} + T_{\epsilon.он} + T_{уз}. \quad (3.20)$$

Допоміжний час на встановлення й знімання деталі $T_{узм} = 0,47$ хв [13].

Допоміжний час, пов'язаний з операцією $T_{\epsilon.он}$, включає час на включення та вимикання верстата, перевірку повернення інструмента в задане місце після обробки, а також установку та зняття щитка, що захищає від забризкування емульсією [17]:

$$T_{\epsilon.он} = 0,15 + 0,03 = 0,18 \text{ хв.}$$

Проміжний час на остаточні вимірювання ($T_{уз}$) вбирає час на вимір нутроміром: $T_{уз} = 0,22$ хв.

Загальний допоміжний час:

$$T_{\epsilon} = 0,47 + 0,18 + 0,22 = 0,87 \text{ хв.}$$

Час на організаційне та технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби наводиться у відсотках від оперативного часу [17]: $a_{mex} + a_{орг} + a_{отл} = 8\%$

Остаточна норма штучного часу дорівнює

$$T_{шт} = (6,64 + 0,87) \cdot (1 + 0,08) = 8,11 \text{ хв.}$$

Для всіх інших поверхонь умови різання розраховуються табличним методом [17]. Усі розрахунки заносяться в таблицю 3.12. Також розробляються технологічні операції, включаючи вибір інструментів (ріжучих, допоміжних і вимірювальних) [11-16]. Розроблені технологічні операції заносяться в таблицю 3.12.

У таблиці 3.12 вказано сумарний допоміжний час для операції, що включає час на налаштування, зміну інструментів і вимірювання.

Було розроблено технологічні операції, обрано інструменти (ріжучі, допоміжні та вимірювальні), визначено припуски, режими різання та розраховано норми часу. Завдяки концентрації операцій та впровадженню продуктивного технологічного обладнання знижено трудомісткість виготовлення деталі.

Таблиця 3.12 - Зведена таблиця режимів різання та з нормами часу

№ операції	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів технологічної операції	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)	Режими різання							Норми часу							
				D	l	t	S	V	n	i	T_o	$\sum T_e$	T_{on}	$\frac{T_{om\partial}}{T_{обс}}$	$T_{ум}$	$T_{ум-к}$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
005	1. Токарно-гвинторізна	4-х кл. патрон																
	2. Токарно-фрезерний оброблюваний центр з ЧПК Doosan PUMA 2100																	
	3. Установ А																	
	3.1. Встановити, закріпити, зняти																	
	3.2. Підрізати торець в розмір 1																	
			Державка С5-DCLCR-35060-12JETI Пластина ССМТ120408-М5 Тримач С5-390.410-63090С	280	107	3,5	0,13	351,9	400	1	2,2	6,69	19,83	1,98	21,8	21,9		

КНЧ/КМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.3. Точити пов. 2		Державка C5-DCLCR-35060- 12JETI Пластина ССМТ120408-М5 Тримач C5-390.410-63090С	274	33	6	0,12	215,2	250	1	1,4					
	3.4. Точити пов. 3 на довжині 4		Державка C5-DCLCR-35060- 12JETI Пластина ССМТ120408-М5 Тримач C5-390.410-63090С	221	13	5	0,17	173,6	250	10	3,9					
	3.5. Розточити отв. 5 наскрізь		Державка C5-PDUNR-35150- 15 Пластина DNMG150608-М5 Тримач C5-390.410-63090С	68	130	2	0,34	85,5	400	1	1					

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.6. Розточити отв. 6 на глибину 7		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	74	80	6	0,34	93	400	1	0,61					
	3.7. Розточити отв. 8 на глибину 9		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	89	19	5	0,34	111,8	400	3	0,49					
	4. Установ Б															
	4.1. Переустановити, закріпити, зняти															
	4.1. Підрізати торець в розмір 10		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C	325	38	3	0,13	321,6	315	1	1,1					

КНУКМР.13.124.1-15.03.ТТВВ

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	4.2. Підрізати торець в розмір 11		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C	160	25	3,7	0,13	201	400	1	0,61					
	4.3. Розточити отв. 12		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	254	45	5	0,2	199,5	250	1	1,03					
	4.4. Розточити отв. 13 на глибину 14		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	116	29	4	0,34	145,8	400	1	0,23					

КНУ.КМР.13.124.1-15.03.ТТВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	4.5. Розточити отв. 15 на глибину 16		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	87	17	5	0,34	109,3	400	4	0,59					
020	1. Токарна багатоцільова 2. Токарний 5-осьовий обробний верстат Mazak INTEGREX i-200 ST	Спеціаль-не														
	3.1. Встановити, закріпити, зняти 3.2. Підрізати торець 1 в розмір 224±0,2			Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-MF2 Тримач C5-390.410-63090C	325	35,5	2	0,17	255,2	250	1	0,96	1,36	10,92	1,09	12

КНЧ/КМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.3. Підрізати торець 1 в розмір 223±0,2		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-MF2 Тримач C5-390.410-63090C	325	35,5	2	0,17	255,2	250	1	0,96					
	3.4. Розточити отв. 2 в розмір Ø259 ^{+0,13}		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C	259	41	2,5	0,17	256,3	315	2	1,72					
	3.5. Розточити фаску 10		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	259	1	1	0,17	256,3	315	1	0,06					

КНЧ.КМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.6. Розточити отв. 3, витримуючи розмір 4		Державка C5-PDUNR-35150- 15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	152	8,5	5	0,29	150,4	315	8	1					
	3.7. Розточити отвір 5 на глибині 6		Державка C5-PDUNR-35150- 15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	93	17	6	0,29	92	315	1	0,22					
	3.8. Розточити фаску 12		Державка C5-PDUNR-35150- 15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	93	0,6	0,6	0,16	92	315	1	0,05					

КНЧ.КМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.9. Розточити отвір 7 на глибині 8		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	122	23,5	6	0,29	120,7	315	1	0,29					
	3.10. Розточити фаску 13		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	122	0,6	0,6	0,16	120,7	315	1	0,05					
	3.11. Підрізати торець витримуючи розмір 9		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C	165	6,5	2	0,13	163,3	315	1	0,29					
	3.12. Розточити фаску 11		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	152	1	1	0,17	150,4	315	1	0,06					

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.13. Розточити отв. 2 в розмір $\varnothing 260^{+0,052}$		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C	260	41	1	0,19	326,7	400	1	0,61					
	3.14. Свердлити отв. 14 в розмір $\varnothing 14,5^{+0,22}$ на глибину 15		Свердло SD1103-1400-043-14R1 Свердлильний патрон E9306508532	14,5	24	7,25	0,33	28,7	630	16	2,08					
	3.15. Зенкувати фаску 16		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355	16,5	1	1	0,34	64,8	1250	16	0,11					
	3.16. Нарізати різьбу M16×1,5-6H в отв. 14 на глибину 17		Мітчик MTS-M16X2.00ISO6HX-XC-S010 Цанга 393.14-25D120X090 Метчиковий патрон E9304586725128	16	20	1,5	1,5	10	200	16	1,1					

КНЧ/КМР.13.124.1-15.03.ТТБВ

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
025	1. Токарна багатопільова	Спеціальне														
	2. Токарний 5-осьовий обробний верстат Mazak INTEGREX i-200 ST															
	3.1. Переустановити, закріпити, зняти															
	3.2. Точити пов. 1		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C	270	31	4	0,19	212	250	1	0,77	3,34	21	2,1	23,1	23,9
3.3. Точити пов. 2 в розмір 216 _{-0,072} витримуючи розмір 3		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-MF2 Тримач C5-390.410-63090C	216	15	2,5	0,19	213,8	315	2	0,56						

КНЧ/КМР.131.24.1-15.03.ТТБВ

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.4. Точити фаску 19		Державка С5-DCLCR-35060- 12JETI Пластина ССМТ120408-М5 Тримач С5-390.410-63090С	270	0,6	0,6	0,23	212	250	1	0,05					
	3.5. Підрізати торець, витримуючи розмір 4		Державка С5-DCLCR-35060- 12JETI Пластина ССМТ120408-М5 Тримач С5-390.410-63090С	216	63,5	2	0,15	271,4	400	1	1,1					
	3.6. Точити фаску 18		Державка С5-DCLCR-35060- 12JETI Пластина ССМТ120408-М5 Тримач С5-390.410-63090С	216	0,5	0,5	0,23	169,6	250	1	0,04					

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.7. Точити проточку глибиною 7, витримуючи розміри 5 і 6		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-MF2 Тримач C5-390.410-63090C	195	17	36,5	0,12	153,2	250	7	9					
	3.8. Точити поверхню 8, витримуючи розмір 9		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C	270	27,5	2	0,17	212	250	1	0,7					
	3.9. Розточити отв. 10 наскрізь		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	74	20	6	0,29	73	315	1	0,29					

КНЧ.КМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.10. Розточити отв. 11 в розмір $\varnothing 92^{+0,22}$, витримуючи розмір 12		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C	92	19	3	0,29	91	315	1	0,23					
	3.11. Розточити отв. 11 в розмір $\varnothing 94^{+0,087}$, витримуючи розмір 12		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C	92	19	2	0,29	93	315	1	0,23					
	3.12. Розточити фаску 20		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	94	1	1	0,29	93	315	1	0,03					

КНЧ/КМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.13. Розточити отв. 13 в розмір $\varnothing 77,5^{+0,19}$ на глибину 14		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C	77,5	61	3,5	0,29	76,7	315	1	0,69					
	3.14. Розточити отв. 13 в розмір $\varnothing 80^{+0,074}$ на глибину 14		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C	80	61	2,5	0,29	79,2	315	1	0,69					
	3.15. Розточити отв. 15, витримуючи розмір 16.		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	80,4	5,3	0,4	0,34	101	400	1	0,05					

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.16. Розточити фаску під кутом 30°, витримуючи розмір 21		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	83,5	4	3,5	0,29	82,6	315	1	0,07					
	3.17. Підрізати торець, витримуючи розмір 17		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C	122	13,5	1	0,13	120,7	315	1	0,46					
	3.18. Розточити канавку шириною 22 на діаметр 23, витримуючи розмір 16		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-M5 Тримач C5-390.410-63090C	83,5	1,55	3,1	0,12	104,9	400	1	0,1					

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.19. Підрізати фаску під кутом 15°		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5 Тримач C5-390.410-63090C	80	3	1	0,87	79,2	315	1	0,02					
	3.20. Розточити отв. 11 в розмір $\varnothing 95^{+0,035}$, витримуючи розмір 12		Державка C5-PDUNR-35150-15 Пластина DNMG150608-MF2 Тримач C5-390.410-63090C	95	19	1	0,29	119,4	400	1	0,18					
	3.21. Свердлими отв. 24 наскрізь		Свердло SD1103-1300-043-14R1 Свердильний патрон E9306508532	13	15	6,5	0,3	32,7	800	8	0,76					
	3.22. Зенкувати фаску 25		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355	15	1	1	0,25	58,9	1250	8	0,08					

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

КНЧ/КМР.131.24.1-15.03.ТТБВ

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.23. Свердлими отв. 26 в розмір $\varnothing 5^{+0,2}$ на глибину 27		Свердло SD1103-0500-020-06R1 Свердильний патрон E9306508532	5	15	2,5	0,16	12,6	800	6	0,87					
	3.24. Зенкувати фаску 28		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355	6	0,5	0,5	0,16	23,6	1250	6	0,07					
	3.25. Нарізати різьбу М6-6Н в отв. 26 на глибині 29		Мітчик MTS- M6X1.00ISO6HX- XC-S005 Цанга 393.14-25D060X049 Метчиковий патрон E9304586725128	6	11	1	1	3,76	200	6	0,28					
	3.26. Свердлими отв. 30 в розмір $\varnothing 8,5^{+0,22}$ наскрізь		Свердло SD1103-0850-035-10R1 Свердильний патрон E9306508532	8,5	15	4,25	0,22	21,4	800	2	0,2					

КНУКМР.131.24.1-15.03.ТТБВ

Змін.

Арк.

№ докум.

Після

Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.27. Зенкувати фаску 1×45° в отв. 30		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355	10	1	1	0,19	39,3	1250	2	0,03					
	3.28. Нарізати різьбу M10-6H в отв. 30 наскрізь		Мітчик M10X1.5ISO6HX- XC-S005 Цанга 393.14-25D100X080 Метчиковий патрон E9304586725128	10	15	1,5	1,5	6,3	200	2	0,12					
030	1. Свердлильно- фрезерна багатоцільова 2. Свердлильно- фрезерно-розточний верстат DOOSAN DNM 5700 3.1. Фрезерувати торець 1 в розмір 20±0,5	Спеціаль- не	Фреза R220.53-8250-09- 16C Пластина SEEX09T3AFTN- M08 Державка HСКА100-SMF60- 075	250	185	3,8	400	247,4	315	1	0,9	10,84	25,56	2,1	27,6	28,6

КНЧ/КМР.13.124.1-15.03.ТТВВ

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.2. Фрезерувати торець 2, витримуючи розмір $1 \pm 0,1$ та $\varnothing 126_{-0,5}$		Фреза 522450R050Z6.0- MEGA-64	45	480	1	250	56,5	400	1	2,12					
	3.3. Розфрезерувати отв. 4 в розмір $\varnothing 72^{+0,2}$ на глибину $6 \pm 0,2$		Фреза 522450R050Z6.0- MEGA-64	45	157	1	250	56,5	400	1	0,8					
	3.4. Зацентрувати 8 отв. 6		Центрове свердло $\varnothing 1$ HSS DIN 333A	5	2	2,5	0,16	19,6	1250	8	0,16					
	3.5. Свердлити наскрізь 8 отв. 6 в розмір $\varnothing 14,5^{+0,22}$		Свердло SD1103-1400-043- 14R1 Свердлильний патрон E9306508532	14,5	19	7,25	0,33	28,7	630	8	1,1					
	3.6. Зенкувати фаску $1,6 \times 45^\circ$ в отв. 6		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355	17,7	1,6	1,6	0,36	69,5	1250	8	0,06					
	3.7. Нарізати різьбу M16 \times 1,5-6H в отв. 6		Мітчик MTS- M16X2.00ISO6HX- XC-S010 Цанга 393.14-25D120X090 Метчиковий патрон E9304586725128	16	20	1,5	1,5	10	200	8	0,55					

КНЧ/КМР.131.24.1-15.03.ТТБВ

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.8. Точити елемент III на глибину $1^{+0,25}$ згідно ескізу		Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-MF2 Тримач C5-390.410-63090C	120	1	2	0,21	94,2	250	3	0,16					
	3.9. Фрезерувати пов. 8, витримуючи розмір $192_{-0,72}$		Фреза 522450R050Z6.0-MEGA-64	45	25	3,8	200	56,5	400	1	0,35					
	3.10. Зацентрувати отв. 9		Центрове свердло ф1 HSS DIN 333A	5	2	2,5	0,16	19,6	1250	1	0,02					
	3.11. Свердлити отв. 9 в розмір $\varnothing 8^{+0,2}$ на глибину $118_{-0,5}^{+1,0}$		Свердло SD1103-0850-035-10R1 Свердильний патрон E9306508532	8	118	4	0,11	20,1	800	1	1,4					
	3.12. Розсвердлити отв. 14 в розмір $\varnothing 12,5^{+0,22}$ на глибину $20_{-0,5}^{+1,0}$		Свердло SD1103-1200-040-12R1 Свердильний патрон E9306508532	12,5	20	2,25	0,3	31,4	800	1	0,1					
	3.13. Цекувати отв. 12 в розмір $\varnothing 18^{+0,24}$ на глибину $1 \pm 0,2$		Цеківка ф18 HSS-XE DIN 373	18	1	5,5	0,36	45,2	800	1	0,01					

КНЧ/КМР.131.24.1-15.03.ТТБВ

Змін.

Арк.

№ док.м.

Підпис

Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.14. Зенкувати фаску 41 в розмір 1,6×45°		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355	15,7	1,6	1,6	0,33	61,7	1250	1	0,01					
	3.15. Нарізати різьбу M14×1,5-6H в отв. 14 на глибину 14 ^{+1,0} _{-0,5}		Мітчик MTS- M14X2.00ISO6HX-XC- S010 Цанга 393.14-25D110X090 Метчиковий патрон E9304586725128	14	14	1,5	1,5	8,8	200	1	0,09					
	3.16. Фрезерувати пов. 16 в розмір 170±0,5		Фреза 522450R050Z6.0- MEGA-64	45	70	3	200	56,5	400	1	0,56					
	3.17. Фрезерувати пов. 17 в розмір 170±0,5		Фреза 522450R050Z6.0- MEGA-64	45	70	3	200	56,5	400	1	0,56					
	3.18. Фрезерувати пов. 18, витримуючи розмір 150 _{-0,63}		Фреза 522450R050Z6.0- MEGA-64	45	25	3,8	200	56,5	400	1	0,35					
	3.19. Зацентрувати отв. 19		Центрове свердло ф1 HSS DIN 333A	5	2	2,5	0,16	19,6	1250	1	0,02					

КНУКМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.20. Свердлити наскрізь отв. 19 в розмір $\varnothing 5^{+0,16}$		Свердло SD1103-0500-020-06R1 Свердлильний патрон E9306508532	8	103,5	4	0,13	20,1	800	1	1,02					
	3.21. Розсвердлити отв. 22 в розмір $\varnothing 10,5^{+0,22}$ на глибину $16^{+1,0}_{-0,5}$		Свердло SD1103-1050-040-12R1 Свердлильний патрон E9306508532	10,5	16	2,75	0,27	33	1000	1	0,09					
	3.22. Цекувати отв. 20 в розмір $\varnothing 18^{+0,24}$ на глибину $1 \pm 0,2$		Цеківка $\varnothing 18$ HSS-XE DIN 373	18	1	5,5	0,36	45,2	800	1	0,01					
	3.23. Зенкувати фаску 42 в розмір $1,6 \times 45^\circ$		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355	13,7	1,6	1,6	0,3	53,8	1250	1	0,01					
	3.24. Нарізати різьбу M12 \times 1,5-6H в отв. 22 на глибину $12^{+1,0}_{-0,5}$		Мітчик MTS- M12X1.75ISO6HX-XC- S010 Цанга 393.14-25D090X071 Метчиковий патрон E9304586725128	12	12	1,5	1,5	7,5	200	1	0,09					
	3.25. Фрезерувати пов. 25, витримуючи розмір $162_{-0,63}$		Фреза 522450R050Z6.0- MEGA-64	63	40	3,8	200	79,2	400	1	0,52					

Змін.
Арк.
№ док.м.
Підпис
Дата
КНУКМР.131.24.1-15.03.ТТБВ
Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.26. Зацентрувати отв. 26		Центрове свердло ф1 HSS DIN 333A	5	2	2,5	0,16	19,6	1250	1	0,02					
	3.27. Свердлити наскрізь отв. 26 в розмір $\varnothing 14^{+0,24}$		Свердло SD1103-1400-043-14R1 Свердлильний патрон E9306508532	8	115,5	4	0,14	15,8	630	1	1,38					
	3.28. Розсвердлити отв. 29 в розмір $\varnothing 25,5^{+0,22}$ на глибину $19^{+1,0}_{-0,5}$		Свердло SD503-25.5-77-32R7-SP09 Свердлильний патрон E9306508532	25,5	19	5,75	0,33	40,1	500	1	0,14					
	3.29. Цекувати отв. 27 в розмір $\varnothing 32^{+0,34}$ на глибину $1 \pm 0,2$		Цеківка ф32 HSS-XE DIN 373	32	1	6,5	0,25	63,3	630	1	0,02					
	3.30. Зенкувати фаску 43 в розмір $1,6 \times 45^\circ$		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355	28,7	1,6	1,6	0,31	112,7	1250	1	0,01					
	3.31. Нарізати різьбу M27 \times 1,5-6H в отв. 29 на глибину $15^{+1,0}_{-0,5}$		Мітчик MTH- M27X3.00ISO6H-BC-V033 Цанга 393.14-25D200X160 Метчиковий патрон E9304586725128	27	15	1,5	1,5	13,6	160	1	0,09					

Змін.

Арк.

№ докум.

Після

Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	3.32. Фрезерувати пов. 32, витримуючи розмір 150±0,5		Фреза 522450R050Z6.0- MEGA-64	45	20	5,3	200	44,5	315	1	0,65					
	3.33. Зацентрувати 2 отв. 33		Центрове свердло ф1 HSS DIN 333A	5	2	2,5	0,16	19,6	1250	2	0,04					
	3.34. Свердлити 2 отв. 33 в розмір $\varnothing 6,8^{+0,2}$ на глибину $23^{+1,0}_{-0,5}$		Свердло SD1103-0680-024- 08R1 Свердильний патрон E9306508532	6,8	23	3,4	0,19	17,1	800	2	0,35					
	3.35. Розсвердлити 2 отв. 35 в розмір $\varnothing 13^{+0,24}$ на глибину $5\pm 0,2$		Свердло SD1103-1300-043- 14R1 Свердильний патрон E9306508532	13	5	3,1	0,3	32,7	800	2	0,07					
	3.36. Нарізати різьбу M8-6H в 2 отв. 33 на глибину $19^{+1,0}_{-0,5}$		Мітчик MTS- M8X1.25ISO6HX- XC-S010 Цанга 393.14-25D060X049 Метчиковий патрон E9304586725128	8	19	1,25	1,25	6,3	250	2	0,14					

КНУКМР.131.24.1-15.03.ТТВВ

Змін.

Арк.

№ докум.

Після

Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	3.37. Фрезерувати пов. 38, витримуючи розмір $1,5_{-0,25}$		Фреза 522450R050Z6.0- MEGA-64	45	40	3,8	200	44,5	315	1	0,43						
	3.38. Фрезерувати пов. 39 в розмір $\varnothing 40^{+0,62}$ на глибину $22 \pm 0,2$, витримуючи розмір $51^{+0,74}$		Фреза 522450R050Z6.0- MEGA-64	20	20	3,5	160	19,8	315	1	0,25						
035	1. Радіально-свердлильна	Спеціальне															
	2. Вертикальний багатоцільовий верстат Mazak VTC-200C																
	3. Установ А																
	3.1. Установити деталь на стіл. Закріпити. Установити на деталь кондуктор. Повернути стіл на 45°												6,76	8,49	0,8	9,29	9,53
	3.2. Свердлити отв. 1 в розмір $\varnothing 5^{+0,12}$, витримуючи розмір $28 \pm 0,3$		Свердло SD1103-0500-020- 06R1 Свердлильний патрон E9306508532	5	57	2,5	0,08	14,14	900	1	0,89						
	4. Установ Б																

КНЧ/КМР.131.24.1-15.03.ТТБВ

Змін.

Арк.

№ док.м.

Підпис

Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	4.1. Установити деталь на стіл. Закріпити. Установити на деталь кондуктор															
	4.2. Свердли 2 отв. 2 в розмір $\varnothing 5,5^{+0,075}$ на глибину $10^{+1,0}_{-0,5}$		Свердло SD1103-0550-020-06R1 Свердильний патрон E9306508532	5,5	10	2,75	0,17	15,55	900	1	0,08					
	4.3. Свердли 4 отв. 4 в розмір $\varnothing 4,2^{+0,13}$ на глибину $12^{+1,0}_{-0,5}$		Свердло SD1103-0420-017-06R1 Свердильний патрон E9306508532	4,2	12	2,1	0,14	18,47	1400	4	0,28					
	4.4. Зняти кондуктор		-													
	4.5. Розгорнути отв. 2 в розмір $\varnothing 5,8^{+0,03}$ на глибину $8 \pm 0,5$		Розгортка NF06-5.8 H7-EB45-RH2000 Свердильний патрон E9306508532	5,8	8	0,15	0,25	25,5	1400	1	0,03					

КНЧ/КМР.131.24.1-15.03.ТТБВ

Змін.

Арк.

№ докум.

Після

Дата

Арк.

Продовження таблиці 3.12

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	4.6. Розгорнути отв. 2 в розмір $\varnothing 6^{+0,012}$ на глибину $8 \pm 0,5$		Розгортка NF06-6 H7-EB45- RH2000 Свердлильний патрон E9306508532	6	8	0,1	0,25	26,39	1400	1	0,03					
	4.7. Зенкувати фаски 7 і 9 в розмір $0,6 \times 45^\circ$		Зенківка $\varnothing 31,5 \times 90^\circ z = 5$ HSS з конічним хвостовиком DIN 355	7,2	0,6	0,6	0,19	31,67	1400	5	0,05					
	4.8. Нарізати різьбу M5-6H в 4 отв. 4 на глибину $8 \pm 0,5$		Мітчик MTS- M5X0.80ISO6HX- XC-S005 Цанга 393.14-25D060X049 Метчиковий патрон E9304586725128	5	8	0,8	0,8	6,3	560	4	0,3					
	4.9. Нарізати різьбу M16 \times 1,5-6H в отв. 10 на глибину $20^{+1,0}_{-0,5}$		Мітчик MTS- M16X2.00ISO6HX- XC-S010 Цанга 393.14-25D120X090 Метчиковий патрон E9304586725128	16	20	1,5	1,5	10,05	224	1	0,07					

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

КНУ/КМР.131.24.1-15.03.ТТБВ

Арк.

4 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Верстатно-інструментальне налагодження призначене для виконання свердлильно-фрезерно-розточних операцій. Для цього використовується багатоцільовий верстат моделі Doosan DNM 5700, який обладнаний змішаною системою ЧПК. Ця система поєднує в собі функціонал позиційного та контурного управління. Контролером ЧПК у цьому верстаті є "FANUC-6M".

Уся необхідна інформація про інструменти та режими різання, які потрібні для створення керуючої програми, наведена в таблиці 3.12. Далі розробляється розрахунково-технологічна карта (рисунок 4.1), у якій визначаються нулі верстата, пристосування, деталі та інструментів, що пов'язані між собою за допомогою розмірних прив'язок.

У карті вказуються інструменти в порядку їх використання та їх розташування у шпинделі. Також наноситься траєкторія руху інструмента, на якій опорні точки позначаються числовими індексами.

Згідно розрахунково-технологічної карти визначаємо координати опорних точок відносно нуля деталі та заносимо дані в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 - Координати опорних точок

Інструмент	Номер точки	Координати, мм		
		X	Y	Z
1	2	3	4	5
T01	1	0	-220	0
	2	0	95	0
T02	1	85,5	0	-1
	2	85,5	0	-1
	3	13,5	0	-6
	4	13,5	0	-6

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.04.МПОМО</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	<i>Фоменко</i>				МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	Лит.	Лист	Листов
Пров.	<i>Цивінда</i>						1	7
Н. Контр.	<i>Нечаєв</i>				<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23м</i>			
Утв.	<i>Рязанцев</i>							

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
Т03	1	67,905	28,127	2
	1 ₁	67,905	28,127	-3,5
	2	28,127	67,905	2
	2 ₁	28,127	67,905	-3,5
	3	-28,127	67,905	2
	3 ₁	-28,127	67,905	-3,5
	4	-67,905	28,127	2
	4 ₁	-67,905	28,127	-3,5
	5	-67,905	-28,127	2
	5 ₁	-67,905	-28,127	-3,5
	6	-28,127	-67,905	2
	6 ₁	-28,127	-67,905	-3,5
	7	28,127	-67,905	2
	7 ₁	28,127	-67,905	-3,5
	8	67,905	-28,127	2
	8 ₁	67,905	-28,127	-3,5
Т04	1	67,905	28,127	2
	1 ₁	67,905	28,127	-2,7
	2	28,127	67,905	2
	2 ₁	28,127	67,905	-2,7
	3	-28,127	67,905	2
	3 ₁	-28,127	67,905	-2,7
	4	-67,905	28,127	2
	4 ₁	-67,905	28,127	-2,7
	5	-67,905	-28,127	2
	5 ₁	-67,905	-28,127	-2,7
	6	-28,127	-67,905	2
	6 ₁	-28,127	-67,905	-2,7
	7	28,127	-67,905	2
	7 ₁	28,127	-67,905	-2,7
8	67,905	-28,127	2	

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
	8 ₁	67,905	-28,127	-2,7
Т05	1	67,905	28,127	2
	1 ₁	67,905	28,127	-5,6
	2	28,127	67,905	2
	2 ₁	28,127	67,905	-5,6
	3	-28,127	67,905	2
	3 ₁	-28,127	67,905	-5,6
	4	-67,905	28,127	2
	4 ₁	-67,905	28,127	-5,6
	5	-67,905	-28,127	2
	5 ₁	-67,905	-28,127	-5,6
	6	-28,127	-67,905	2
	6 ₁	-28,127	-67,905	-5,6
	7	28,127	-67,905	2
	7 ₁	28,127	-67,905	-5,6
	8	67,905	-28,127	2
	8 ₁	67,905	-28,127	-5,6
Т06	1	67,905	28,127	2
	1 ₁	67,905	28,127	-31
	2	28,127	67,905	2
	2 ₁	28,127	67,905	-31
	3	-28,127	67,905	2
	3 ₁	-28,127	67,905	-31
	4	-67,905	28,127	2
	4 ₁	-67,905	28,127	-31
	5	-67,905	-28,127	2
	5 ₁	-67,905	-28,127	-31
	6	-28,127	-67,905	2
	6 ₁	-28,127	-67,905	-31
	7	28,127	-67,905	2
	7 ₁	28,127	-67,905	-31
	8	67,905	-28,127	2
	8 ₁	67,905	-28,127	-31

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.04.МПОМО

Лист

Продовження таблиці 4.1

T07	1	-60	0	2
	2	-60	0	-1
	3	-60	0	2
	4	-56	0	-1
	5	-56	0	2
	6	-52	0	-1
	7	-52	0	2

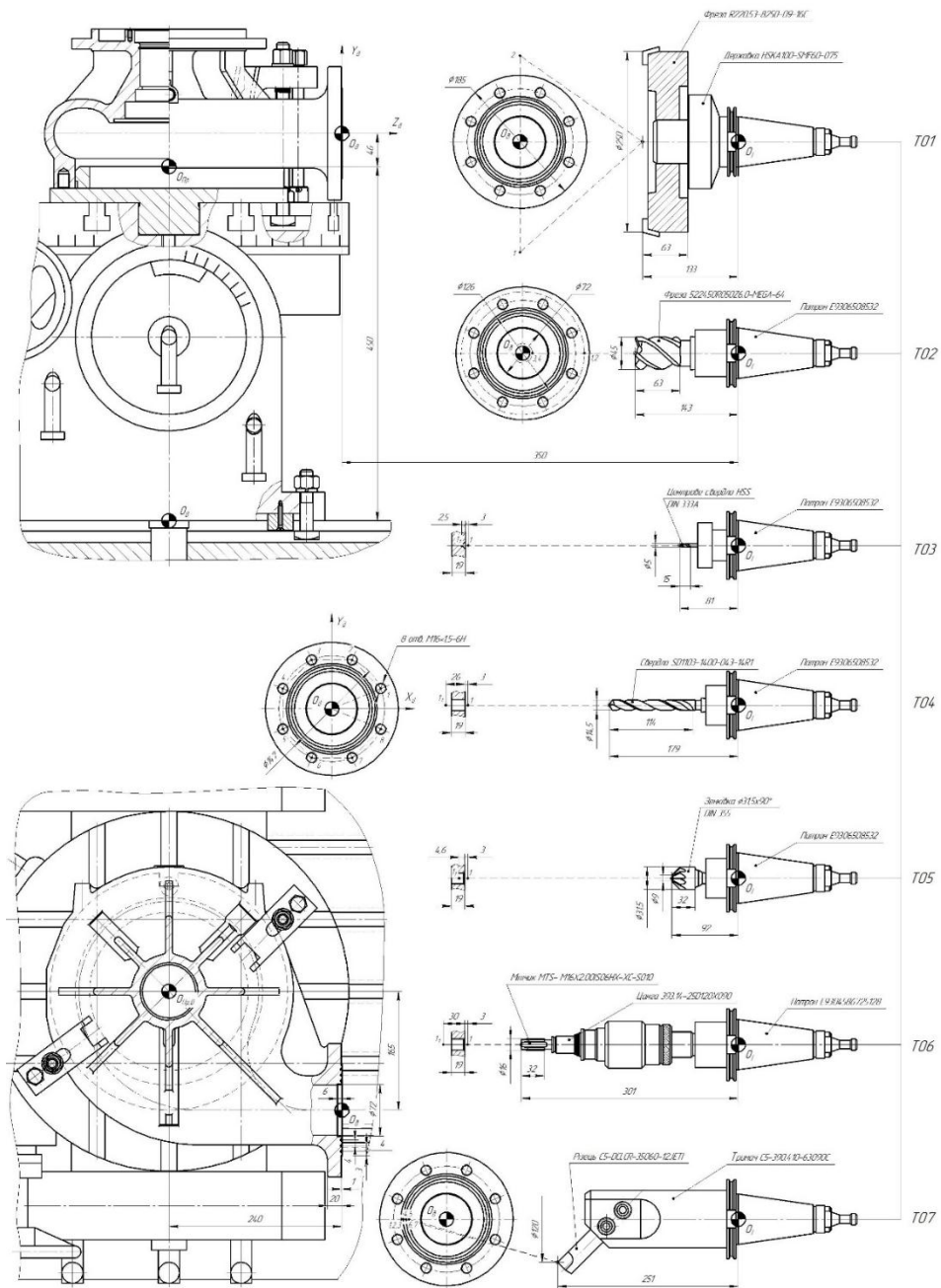


Рисунок 4.1 - Розрахунково-технологічна карта

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

КНУ.КМР.131.24.1-15.04.МПОМО

Лист

Відповідно до цього проводимо симуляцію обробки 8 отворів M16 у FeatureCAM і в кінці отримуємо фрагмент керуючої програми на їх обробку.

Імпортуємо створену модель у FeatureCAM (Файл – Імпорт). Використовуємо Майстер, щоб задати положення вихідного установа (рис. 4.2). Положення осі z не змінюємо, бо воно первісно вірне, положення x - повертаємо на 90° навколо осі z.

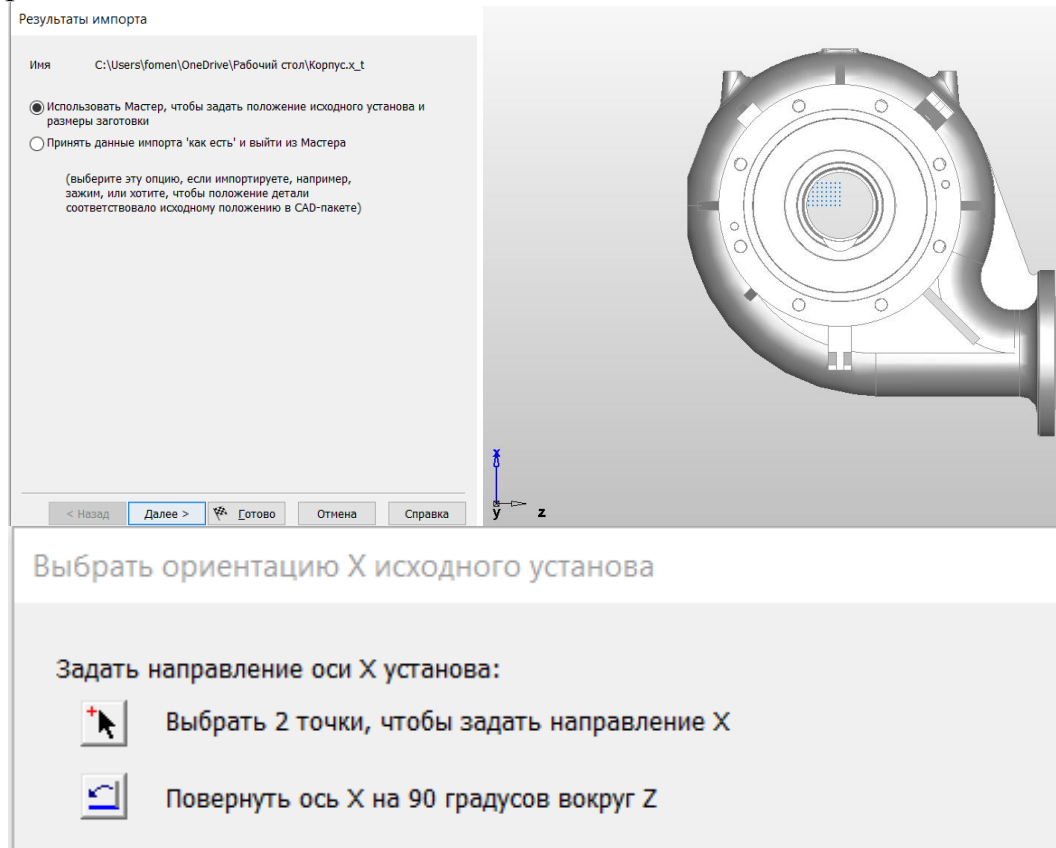


Рисунок 4.2 – Надання положення вихідного установа

Створюємо Елемент – По розмірам – «Отвір». Задаємо тип – різьбовий, вказуємо розміри згідно креслення (рис. 4.3). Змінюємо розташування елемента.

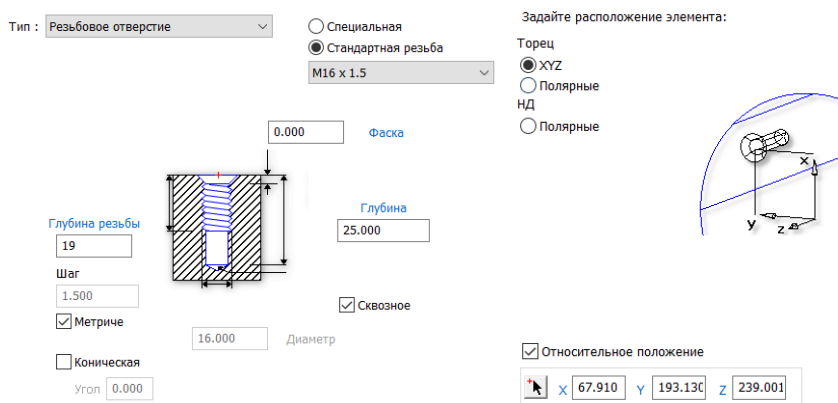


Рисунок 4.3 – Розміри і розташування отвору з метричною різзю

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.04.МПОМО				

Створюємо Елемент – 3 елемента – «Масив». Обираємо створений отвір, вказуємо тип масиву – «Радіальний в площині XY установка». Задаємо положення центру масиву та кількість отворів (рис. 4.4).

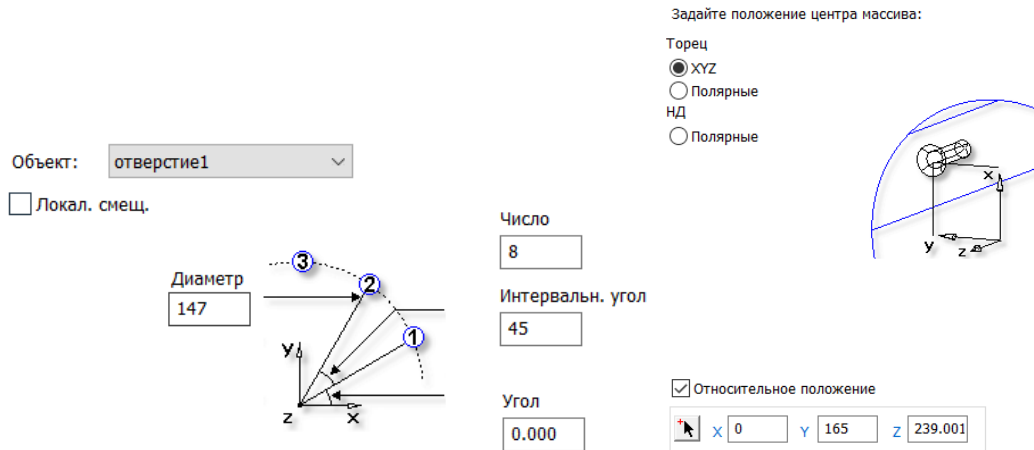


Рисунок 4.4 – Розташування та кількість отворів у масиві

Обираємо та налаштовуємо Постпроцесор (рис. 4.5).

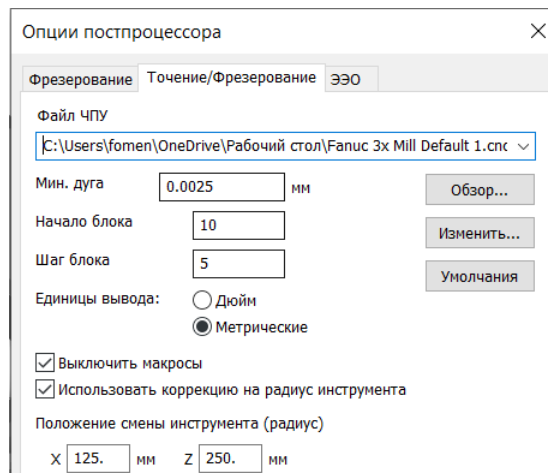
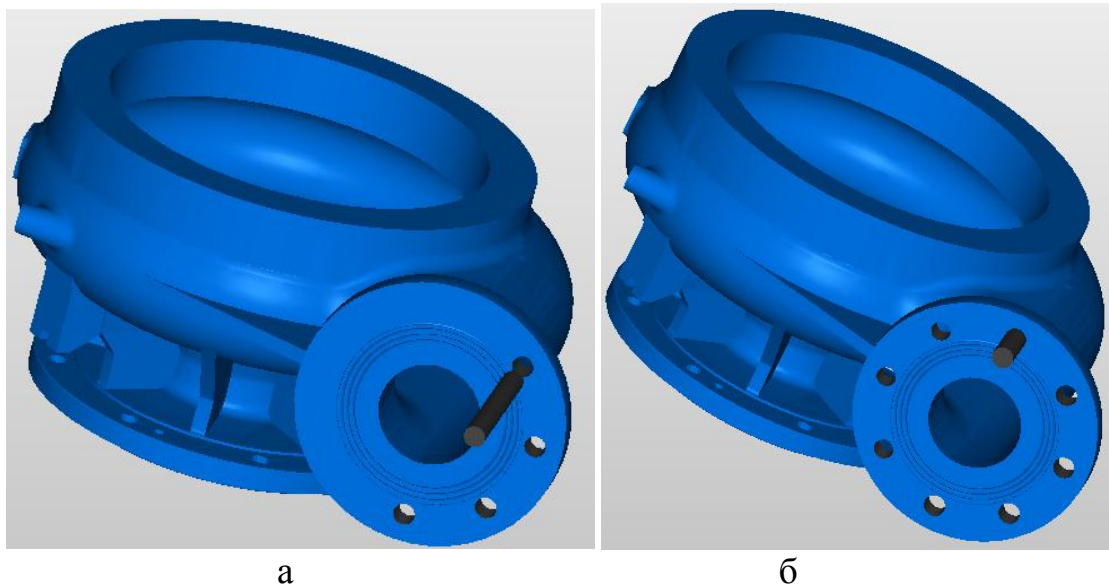


Рисунок 4.5 – Постпроцесор

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.04.МПОМО	

Отримаємо кадри симуляції обробки отворів деталі (рис. 4.6).



а

б

Рисунок 4.6 – Симуляція обробки отворів (а – свердління, б – нарізання різьби на вже просверлених отворах)

В результаті матимемо керуючу програму від FeatureCAM на обробку отворів (рис. 4.7):

```

%
O0001(КОРПУС)
( 11-30-2024 21:08:10 )
N25 G00 G21 G17 G40 G49 G80 G94
N30 G91 G28 Z0

N35 ( DRILL ОТВЕРСТИЕ1 )
N40 T1 M6
N45 G00 G54 G90 X180.63 Y0. S736 M03
N50 G43 H1 Z265.001 M08
N55 G83 G98 Z208.195 R242.001 Q14.5 F160.
N60 G80
N65 X223.11
N70 G83 G98 Z208.195 R242.001 Q14.5 F160.
N75 G80
N80 X238.5
N85 G83 G98 Z208.195 R242.001 Q14.5 F160.
N90 G80
N95 X223.11
N100 G83 G98 Z208.195 R242.001 Q14.5 F160.
N105 G80
N110 X180.63
N115 G83 G98 Z208.195 R242.001 Q14.5 F160.
N120 G80
N125 X124.404
N130 G83 G98 Z208.195 R242.001 Q14.5 F160.
N135 G80
N140 X91.5
N145 G83 G98 Z208.195 R242.001 Q14.5 F160.
N150 G80
N155 X124.404
N160 G83 G98 Z208.195 R242.001 Q14.5 F160.
N165 G80
N170 M5
N175 G91 G28 Z0 M09
N180 G49 G90 X125.0 Y0.

N185 M01
N190 ( TAP ОТВЕРСТИЕ1 )
N195 T2 M06
N200 G94
N205 G00 G54 X180.63 Y0. S200 M03
N210 G43 H2 Z265.001 M08
N215 G84 G98 Z214.176 R242.001 F300.
N220 G80
N225 X223.11
N230 G84 G98 Z214.176 R242.001 F300.
N235 G80
N240 X238.5
N245 G84 G98 Z214.176 R242.001 F300.
N250 G80
N255 X223.11
N260 G84 G98 Z214.176 R242.001 F300.
N265 G80
N270 X180.63
N275 G84 G98 Z214.176 R242.001 F300.
N280 G80
N285 X124.404
N290 G84 G98 Z214.176 R242.001 F300.
N295 G80
N300 X91.5
N305 G84 G98 Z214.176 R242.001 F300.
N310 G80
N315 X124.404
N320 G84 G98 Z214.176 R242.001 F300.
N325 G80
N330 M5
N335 G0 G91 G28 Z0 M09
N340 G49 G90 X125.0 Y0.
N345 M30
%

```

Рисунок 4.7 – Керуюча програма на обробку отворів від FeatureCAM

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.04.МПОМО					

5. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Проектування технологічного оснащення

5.1.1 Проектування верстатного оснащення

На рисунку 5.1 представлено ескіз процесу механічної обробки корпусу масляного насосу під час свердлильно-фрезерно-розточувальної операції. Деталь зображена в положенні, яке вона займатиме на верстаті під час обробки, із схемою її базування згідно з чинними стандартами. Вказані розмірні вимоги, включаючи точність та шорсткість для оброблюваних поверхонь.

Щоб забезпечити повну стабільність позиціонування, деталь має бути обмежена у всіх шести ступенях свободи. Таким чином, поверхня 1 (торець деталі) призначена як установочна база, що обмежує три ступені свободи; поверхня 2 (отвір $\varnothing 260H7$) обрана як направляюча база, що обмежує ще два ступені свободи; поверхня 3 (отвір $\varnothing 14H7$) визначена як упорна база, що обмежує останню ступінь свободи. Деталь закріплюється за допомогою двох прихватів.

Свердлильно-фрезерно-розточувальні операції виконуватимуться на свердлильно-фрезерно-розточному верстаті DOOSAN DNM 5700. Для установки деталі на верстат DOOSAN DNM 5700 використовуються палети. Конструкція палети для цієї операції відповідає DIN 55201 і зображена на рисунку 5.2.

Дана операція передбачає обробку кількох поверхонь, тому для розробки схеми закріплення вибирається перехід з максимальною силою різання. У цьому випадку таким переходом є чорнове фрезерування фланця $\varnothing 185$ (поверхня 4).

Фланець обробляється торцевою фрезою $\varnothing 250$ (Фреза R220.53-8250-09-16C). Параметри різання для цієї поверхні наведені в таблиці 3.12 з такими значеннями:

- припуск $t = 3,8$ мм;
- подача $S = 400$ мм/хв.;
- швидкість різання $V = 247,4$ м/хв.;
- інтенсивність провороту шпинделя $n = 315$ об/хв.

Складові сили різання мають такі значення:

- $P_z = 4204$ Н;
- $P_y = 1682$ Н.

$$P_x = 2102$$

Н.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Фоменко</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>	<i>Цивінда</i>					1	21
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечасєв</i>				<i>Кафедра ТМ</i>		
<i>Утв.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>гр. ПМ-23М</i>		
<i>КОНСТРУКТОРСЬКА</i>							
<i>ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА</i>							

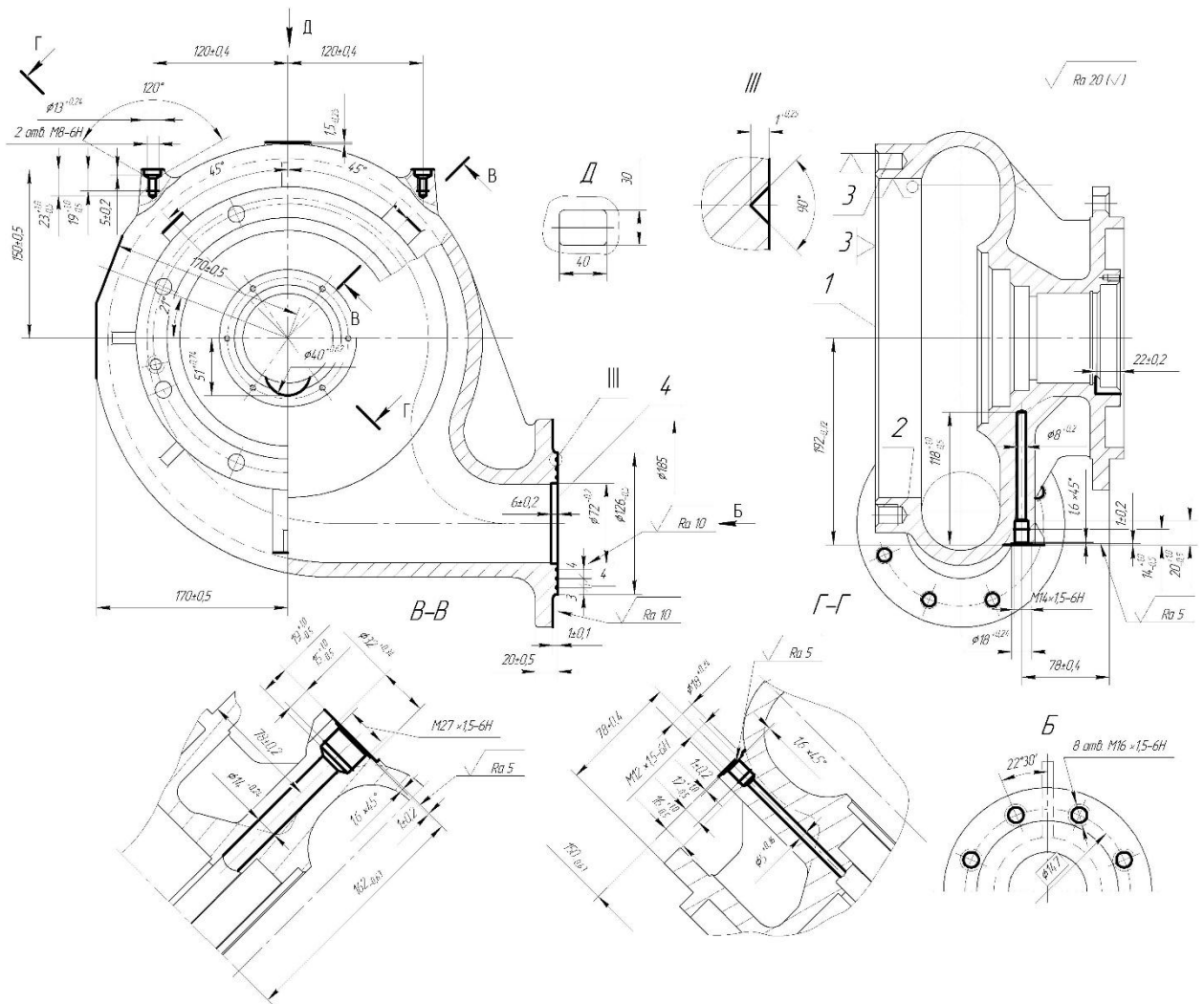


Рисунок 5.1 - Ескіз механічної обробки деталі на свердлильно-фрезерно-розточну операцію

					КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

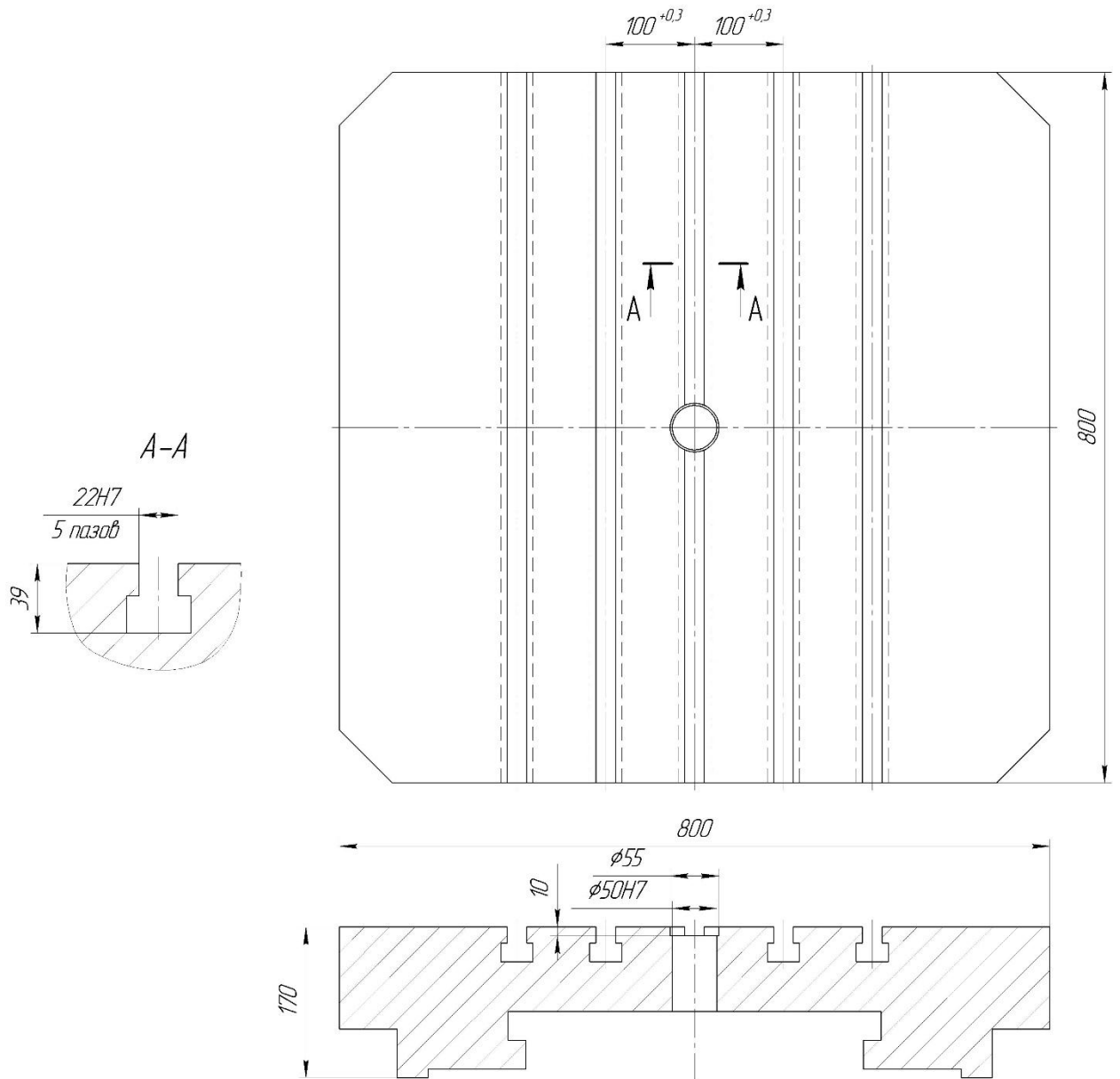


Рисунок 5.2 - Палета DIN 55201

При розробці верстатного пристосування використовуються нестандартні установочні елементи, такі як оправка (рисунок 5.3) та зрізаний палець (рисунок 5.4).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ

Лист

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$

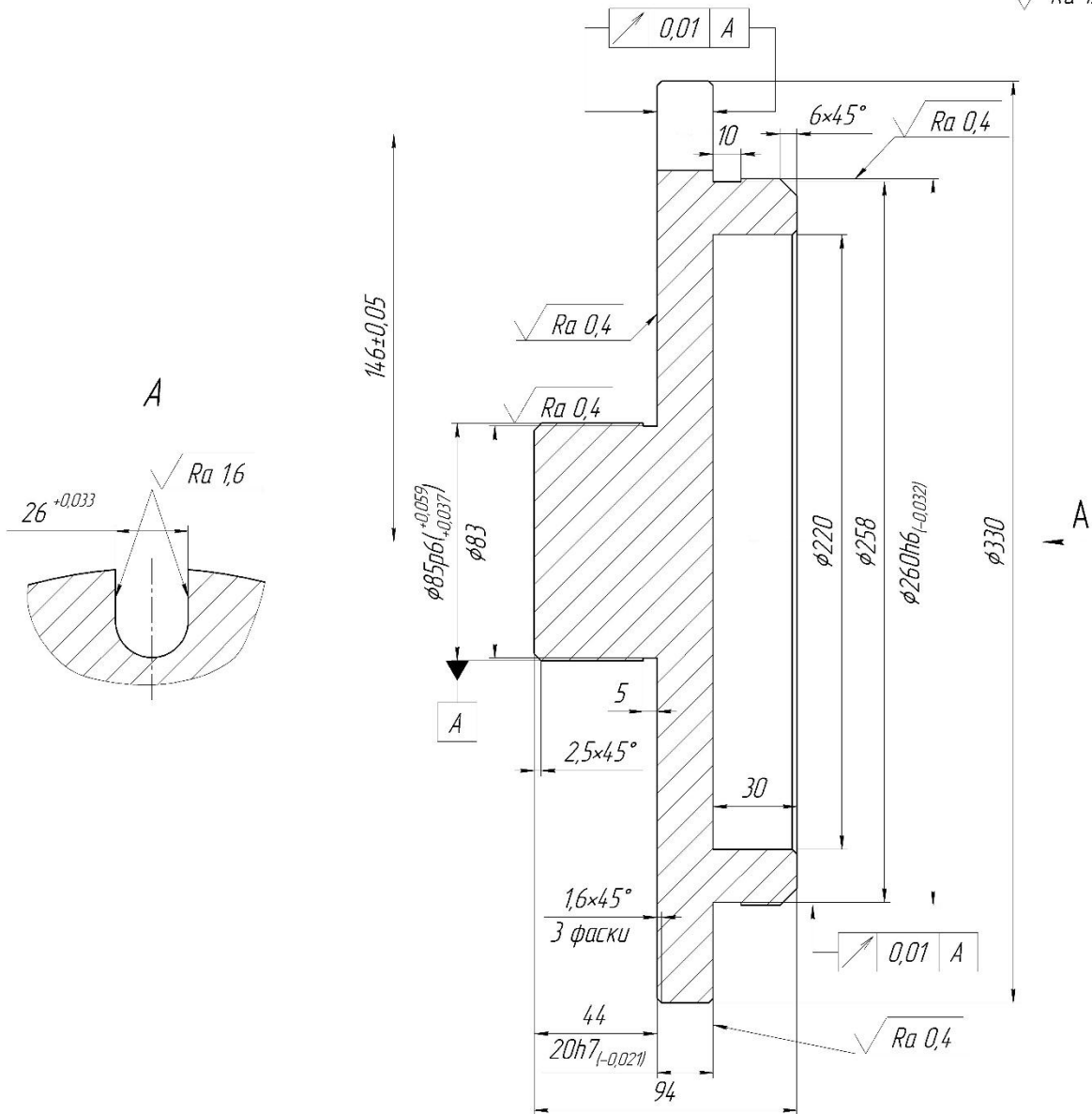


Рисунок 5.3 - Ескіз оправки

$\sqrt{Ra\ 12,5\ (\checkmark)}$

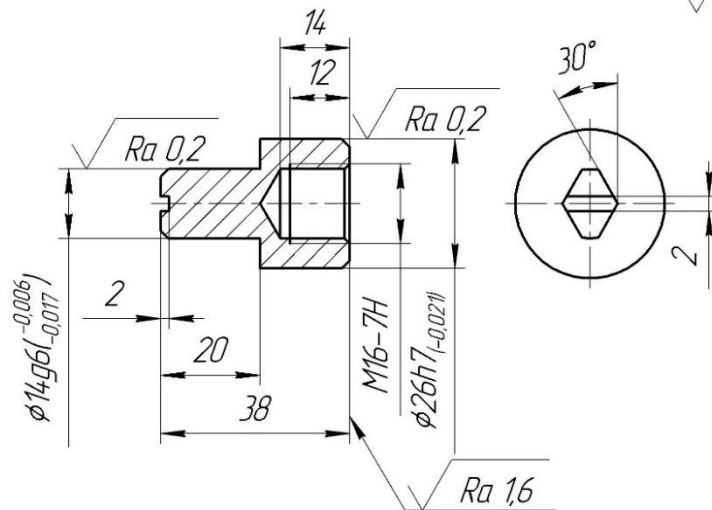


Рисунок 5.4 - Ескіз зрізаного пальця

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ

Лист

Відповідно до аналізу схем базування деталі, виконується розрахунок фактичного значення похибки базування.

Похибка базування виникатиме внаслідок встановлення деталі на оправку та палець. У такому випадку похибка базування становитиме:

$$\varepsilon_{\delta} = 2\Delta + \delta_1 + \delta_2, \quad (5.1)$$

де Δ – мінімальний зазор посадки заготовки на оправку ($\Delta = 0$ мм);

δ_1 – допуск на діаметр отвору ($\delta_1 = 0,052$ мм);

δ_2 – допуск на діаметр пальця ($\delta_2 = 0,032$ мм).

$$\varepsilon_{\delta} = 0,052 + 0,032 = 0,084 \text{ мм.}$$

На основі способу базування деталі та розташування установчих елементів визначаються точка прикладання сили затиску та її величина.

Складена схема закріплення деталі (рисунок 5.5). Відповідно до рішення задачності статики для балансування міцного тіла під дією всіх прикладених до нього сил і моментів, розраховується величина сили індексу фіксації, з урахуванням сили різання, моментів та сил тертя.

Розраховуємо силу затиску деталі в площині XZ:

$$\sum M_O = 0;$$

$$P_z \cdot 240 + P_x \cdot 76 - Q_{зам} \cdot (97,5 - 102) - 2 \cdot T \cdot 124 - T_2 \cdot 130 - T_3 \cdot 7 - R_1 \cdot 126 = 0, \quad (5.2)$$

де R_1 – сила реакції опори, яка дорівнює $R_1 = 2Q_{зам}$;

T_2, T_3 – сили тертя, які дорівнюють:

$$T = Q_{зам} \cdot f; \quad (5.3)$$

$$T_2 = 2 \cdot Q_{зам} \cdot f_2; \quad (5.4)$$

$$T_3 = 2 \cdot Q_{зам} \cdot f_3. \quad (5.5)$$

f_2, f_3 – коефіцієнти тертя ($f_2 = f_3 = 0,15$).

Підставивши рівняння (5.3), (5.4) та (5.5) до рівняння (5.2), та виявивши силу затиску, отримаємо:

$$Q_{зам1} = \frac{P_z \cdot 240 + P_x \cdot 76}{f \cdot 248 + f_2 \cdot 260 + f_3 \cdot 14 + 247,5}. \quad (5.6)$$

Зважаючи на формулу (5.5) коефіцієнт надійності закріплення $k = 1,5$, будемо мати:

$$Q_{зам1} = \frac{k \cdot (P_z \cdot 240 + P_x \cdot 76)}{f \cdot 248 + f_2 \cdot 260 + f_3 \cdot 14 + 247,5}. \quad (5.7)$$

Підставивши всі значення до формули (5.6) отримаємо:

$$Q_{зам1} = \frac{1,5 \cdot (4204 \cdot 240 + 2102 \cdot 76)}{0,15 \cdot 248 + 0,15 \cdot 260 + 0,15 \cdot 14 + 247,5} = 5381 \text{ Н.}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ					

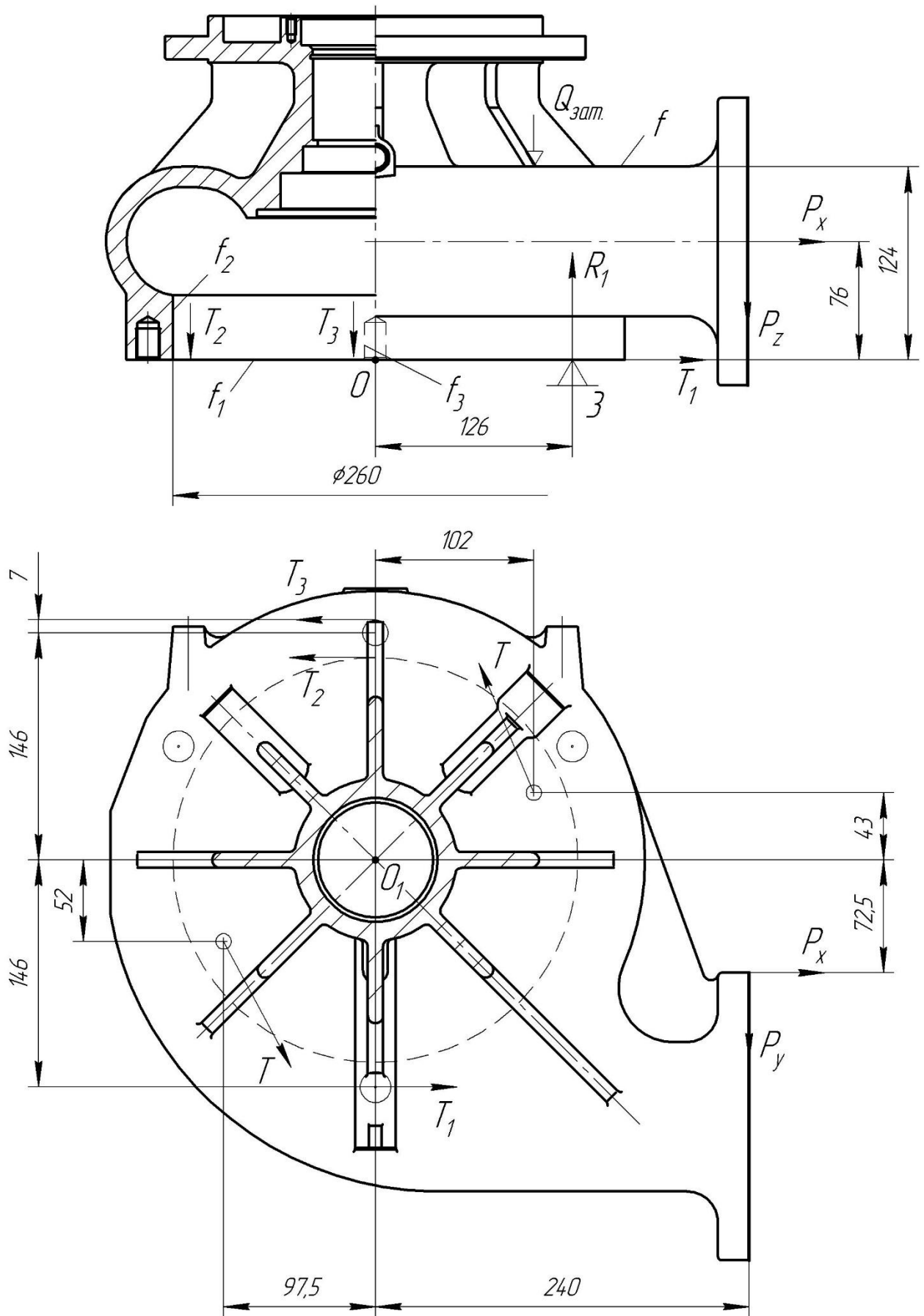


Рисунок 5.5 - Схема закріплення деталі

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ

Лист

Розраховуємо силу затиску деталі в площині ХУ:

$$\begin{aligned} \sum M_{O1} &= 0; \\ P_y \cdot 240 - P_x \cdot 72,5 - T \cdot \left(\sqrt{52^2 + 97,5^2} + \sqrt{102^2 + 43^2} \right) - T_1 \cdot 146 - \\ &- T_2 \cdot 130 - T_3 \cdot 153 = 0 \end{aligned} \quad (5.8)$$

де T_1 – сила тертя, яка дорівнює

$$T_1 = 2 \cdot Q_{зам} \cdot f_1. \quad (5.9)$$

f_1 – коефіцієнти тертя ($f_1 = 0,15$).

Підставивши рівняння (5.3), (5.4), (5.5) та (5.9) до рівняння (5.8), та вививши силу затиску, отримаємо:

$$Q_{зам2} = \frac{P_y \cdot 240 - P_x \cdot 72,5}{f \cdot 442,4 + f_1 \cdot 292 + f_2 \cdot 260 + f_3 \cdot 306}. \quad (5.10)$$

Враховуючи в формулі (5.10) коефіцієнт надійності закріплення $k = 1,5$, будемо мати:

$$Q_{зам2} = \frac{k \cdot (P_y \cdot 240 - P_x \cdot 72,5)}{f \cdot 442,4 + f_1 \cdot 292 + f_2 \cdot 260 + f_3 \cdot 306}. \quad (5.11)$$

Підставивши всі значення до формули (5.11) отримаємо:

$$Q_{зам2} = \frac{1,5 \cdot (1682 \cdot 240 - 2102 \cdot 72,5)}{0,15 \cdot 221,2 + 0,15 \cdot 292 + 0,15 \cdot 260 + 0,15 \cdot 306} = 2328 \text{ Н.}$$

Загальна сила затиску заготовки буде складати:

$$Q_{зам} = \sqrt{Q_{зам1}^2 + Q_{зам2}^2} = \sqrt{5381^2 + 2328^2} = 5863 \text{ Н.}$$

Ми виконуємо розрахунок міцності елементів конструкції верстатного пристосування. Розрахунки необхідно проводити для тих компонентів пристосування, які мають найменшу площу перетину.

Розраховуємо зрізаний палець, площа в перетині якого складає $S = 99 \text{ мм}^2$, на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{P_z}{S} \leq [\sigma_{зм}], \quad (5.12)$$

де $[\sigma_{зм}]$ – допустима напруга на зминання. В даному випадку палець виготовляється зі сталі 45, тому допустима напруга зминання складає $[\sigma_{зм}] = 80 \text{ МПа}$.

$$\sigma_{зм} = \frac{4204}{99} = 42,5 \text{ МПа.}$$

Розрахована сила на згинання менша за допустиму напругу на згинання. Отже, пристосування здатне витримувати навантаження, що виникають під час обробки.

Розрахунок затискних сил пристрою проводиться для визначення вхідної сили (моменту) на грипу або силовому вузлі приводу, а також для встановлення головних розмірів цих механізмів. Для фіксації деталі

використовуємо комбінований затискний механізм, що складається з гвинтових і важільних затискних елементів (див. рисунок 5.6). Ми розраховуємо силу, яку потрібно застосувати до затискного елемента, щоб досягти необхідної затискної сили [18]:

$$W = Q_{зат} \frac{l + l_1}{l_1} \eta, \quad (5.13)$$

де η – ККД важільного механізму ($\eta = 0,85 \div 0,95$).

$$W = 5863 \cdot \frac{80 + 45}{45} \cdot 0,85 = 13843 \text{ Н.}$$

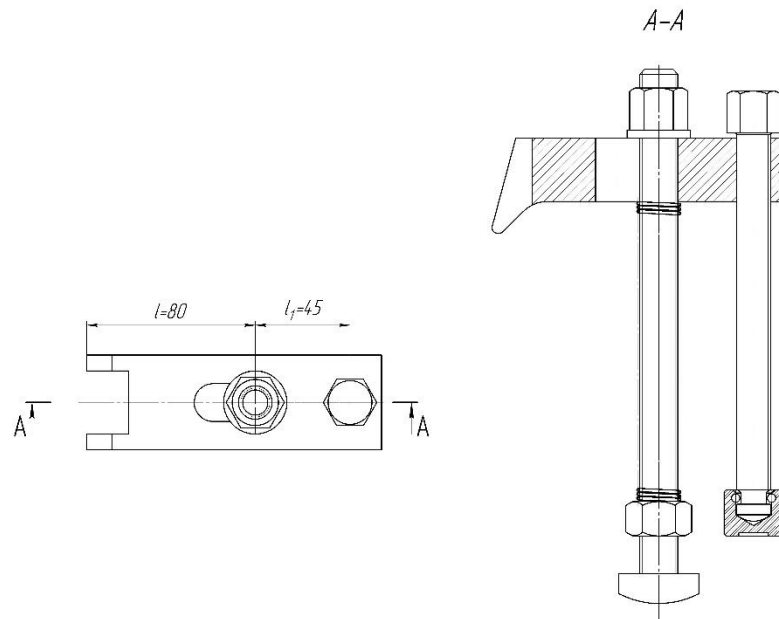


Рисунок 5.6 - Конструкція затискного механізму

Ми проведемо розрахунок затискного механізму на міцність. Представимо важіль у вигляді балки (див. рисунок 5.7) та виконаємо розрахунки відповідно до принципів опору матеріалів.

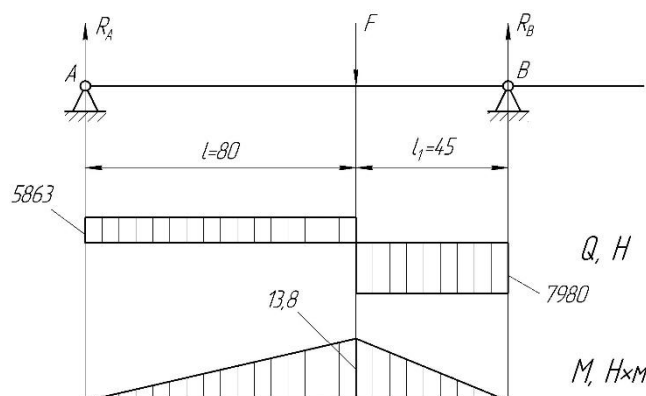


Рисунок 5.7 - Розрахунок важеля на міцність

Сила F дорівнює силі W , яку прикладають до важеля для затискання деталі, і складає 13843 Н. Реакції опор дорівнюють $R_A = 5863$ Н, $R_B = 7980$

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ				

Н. На основі сил, які діють на деталь, ми будемо діаграми сил і моментів, з яких

обираємо найбільш критичний перетин. Критичним є той перетин, де дія сил і моментів є найбільшою. Для цього перетину проводимо розрахунок на міцність відповідно до формули:

$$\sigma_{32} = \frac{M}{W} \leq [\sigma_{32}], \quad (5.14)$$

де M – момент в критичному перетині;

W – момент опору в перетині (розмір перетину 30×45), який визначається за формулою:

$$W = \frac{h \cdot b^2}{6} = \frac{45 \cdot 30^2}{6} = 6750 \text{ мм}^3; \quad (5.15)$$

$[\sigma_{32}]$ – допустима напруга на згинання, яка складає для важеля, виготовленого зі сталі 45, складає 160 МПа.

Таким чином

$$\sigma_{32} = \frac{13,8}{6750 \cdot 10^{-9}} = 2 \text{ МПа.}$$

Розраховуємо діаметр болта, на який передається сила затискання 13843 Н. Гвинт зроблений зі сталі 45Х, для якої допустима напруга розтягнення $[\sigma_p]$ беручи до уваги зношення різьби складає 180 МПа.

Діаметр болта розраховується за формулою [18]:

$$d = C \cdot \sqrt{\frac{F}{[\sigma_p]}}, \quad (5.16)$$

де $C = 1,4$ – коефіцієнт для основного метричного різьблення.

$$d = 1,4 \cdot \sqrt{\frac{13843}{180}} = 12,3 \text{ мм.}$$

Таким чином, з конструктивних міркувань ми обрали гвинт з різьбою М18. Відповідно, конструкція затискного елемента буде складатися з наступних частин:

- важіль $30 \times 45 \times 125$;
- пазовий болт М18×240 DIN 186;
- гайка М18 DIN 6331;
- гвинт М16×170;
- п'ята Ø28.

Основним елементом пристрою є похилий ділильний поворотний стіл, зображений на рисунку 5.8. Цей стіл дозволяє обробляти поверхні корпусу масляного насоса з різних сторін і в різних площинах.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ</i>				

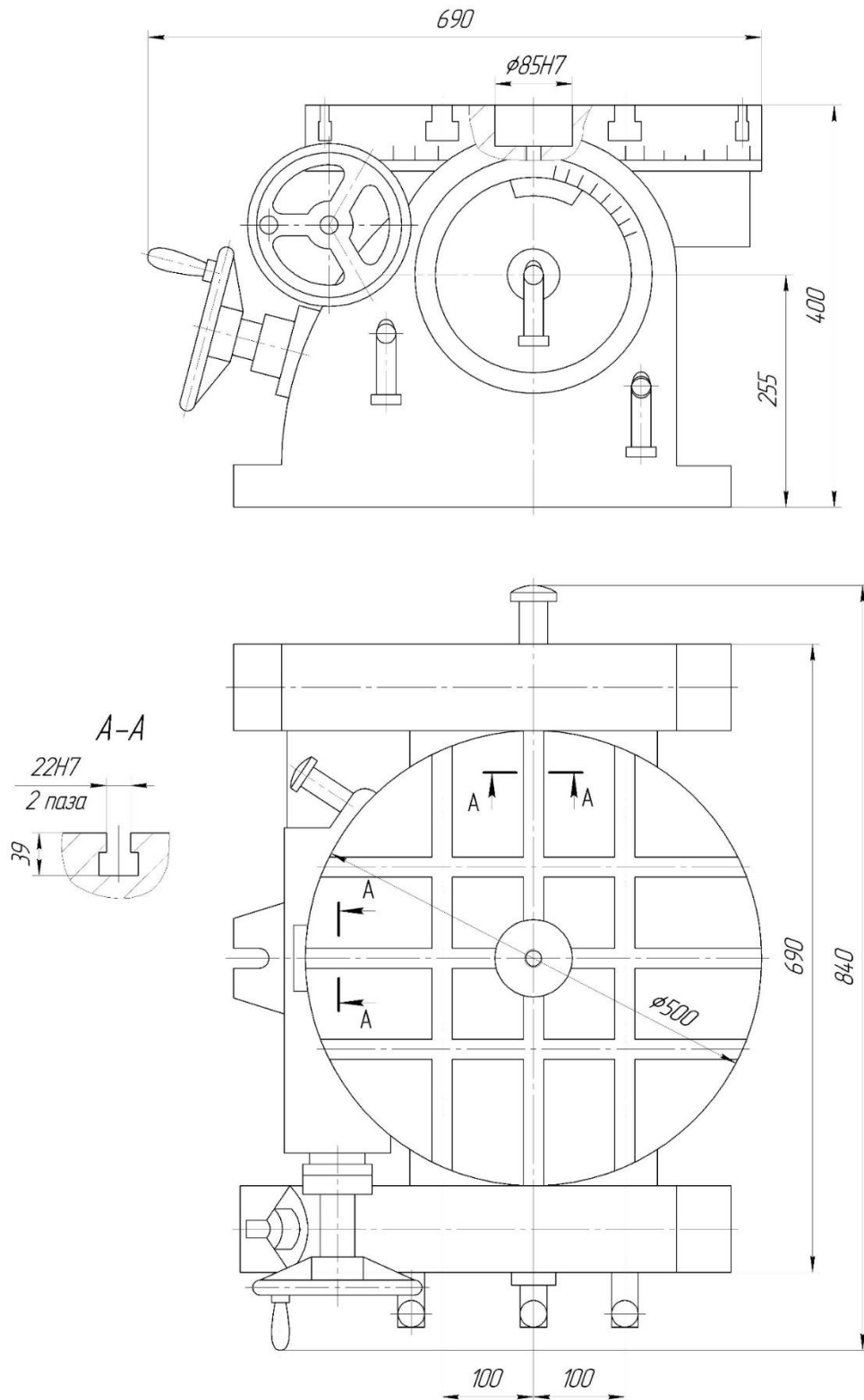


Рисунок 5.8 - Стіл поворотний ділільний похилий

Виходячи з обраних базових і монтажних елементів, а також механізму закріплення, ми створюємо ескіз компоновки пристрою, на якому вказані загальні розміри, точки з'єднання та основні розміри посадки (див. рисунок 5.9).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

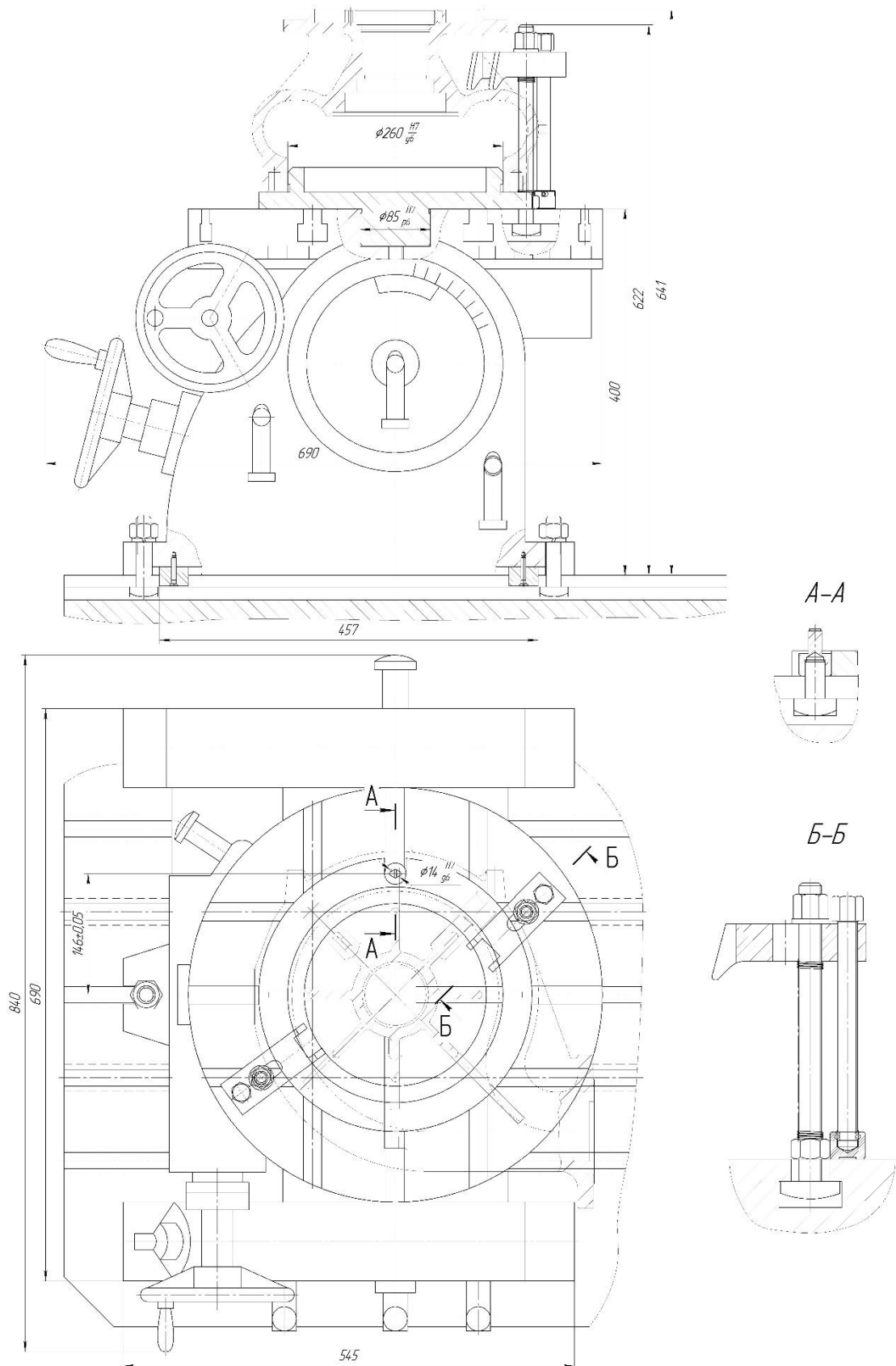


Рисунок 5.9 - Компонівка верстаного пристрою

Пристрій встановлюється на палету верстата моделі DOOSAN DNM 5700 і орієнтується за факторами 2-х Т-подібних шпонок (див. рисунок 5.10). Пристрій закріплюється до палети за позиціями 2-х з'єднань різцю і повністю розміщується на столику верстата. Ми створюємо ескіз засобу для

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ				

монтажу пристрою на верстаті, вказуючи конструктивні параметри. Вказуємо розміри і допускові значення, що визначають взаєморозміщення посадкових і опорних поверхнь у пристосуванні. Столик має П-подібний паз шириною 22 мм, тоді як палета має Т-подібний паз шириною 18 мм; плита та столик сполучаються Т-подібною шпонкою розміром 22×18 мм. При інсталяції пристрою на столик верстата утворюється дефект розташування через зазор між пазом обладнання і шпонкою пристрою. Цей дефект визначають за формулою:

$$\delta_{p.n.} = \frac{l \cdot S_{\max}}{L} \quad (5.17)$$

де l – довжина деталі оброблення;

L – шлях між шпонками;

S_{\max} – зазор максимуму у комбінованих поверхнях, які базують.

Тоді

$$\delta_{p.n.} = \frac{67 \cdot 0,035}{457} = 0,005 \text{ мм.}$$

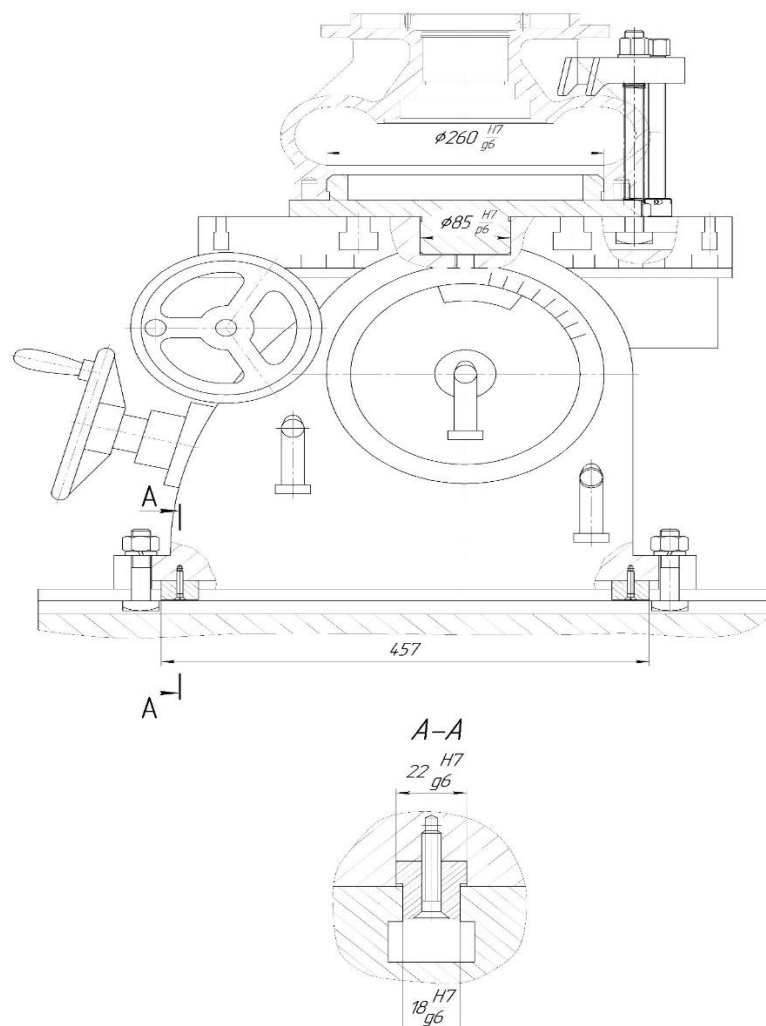


Рисунок 5.10 - Ескіз засобу встановлення пристрою

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ

Лист

Кінцева похибка обробки є наслідком поєднаного впливу різноманітних факторів, що визначають точність оброблення. До них відносяться дефекти вироблення і зношування верстатних складових, пристрою та інструмента, а також дефекти викривлення пристрою та заготовки під впливом сил різання та інші. Кожен з цих факторів вносить свою частку у головний дефект оброблення. При обробленні заготовок у пристроях на відрегульованих обладнаннях можна виділити наступні фактори дефекту:

δ_{σ} – дефект розташування заготовки у пристрої обладнання;

$\delta_{p.n.}$ – дефект встановлення пристрою на металообробному обладнанні;

$\delta_{n.n.}$ – дефект розміщення напрямних пристрою виходячи з поверхонь баз верстатного обладнання;

δ_z – дефект фіксації заготовки в пристрої;

δ_{zn} – дефект зношення складових верстатного обладнання;

$\delta_{n.p.}$ – дефект взаєморозташування опорних елементів у верстатному пристрої відносно базових поверхонь деталі.

Сумарна похибка пристрою розраховується за формулою:

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_{\sigma}^2 + \delta_{p.n.}^2 + \delta_{n.p.}^2 + \delta_z^2 + \delta_{n.n.}^2 + \delta_{zn}^2} \quad (5.18)$$

де K – коефіцієнт, що враховує відхилення значень складових величин від закону нормального розподілу. $K = 1,1 \dots 1,2$.

Похибка позиціонування деталі була розрахована раніше і становить $\delta_{\sigma} = 0,084$ мм.

Похибка позиціонування пристрою була визначена раніше і становить $\delta_{p.n.} = 0,005$ мм.

Похибка взаємного розташування опорних елементів у верстатному пристрої відносно базових поверхонь деталі визначається наступним виразом:

$$\delta_{n.p.} = (1/3 \dots 1/5) \cdot T, \quad (5.19)$$

де T – допусковий індекс розміру заготовки.

$$\delta_{n.p.} = \frac{0,05}{5} = 0,01 \text{ мм.}$$

Дефект фіксації δ_z заготовки виникає внаслідок зміни її положення через застосування сил затискання і визначається як контраст щодо великого та малого проєкцій переміщення бази виміру в траєкторію вказаного розміру. При визначенні похибки закріплення враховуються контактні переміщення на з'єднаннях між частиною і опорними поверхнями пристрою. У випадку використання важільного механізму затискання похибка закріплення становить $\delta_z = 0,1$ мм [18].

На зношення впливають факторні розміри та конструкція інсталяційних елементів, матеріал і маса деталі оброблення, а також стан її поверхонь баз, і становить $\delta_{zn} = 0,05$ мм [18].

Обчислюємо сумарну дефектність:

$$\delta_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{0,084^2 + 0,005^2 + 0,01^2 + 0,1^2 + 0 + 0,05^2} = 0,154 \text{ мм.}$$

Знайдена загальна дефектива пристрою забезпечить точність оброблення деталі.

Проводимо визначення річних витрат. Для оцінки ефективності використання пристосувань спершу необхідно встановити величину річних витрат, пов'язаних із застосуванням одного пристосування, а також річні приведені витрати для всієї системи пристосувань. Годові витрати $P_{НСП}$ на 1 монолітний спеціалізований пристрій можна визначити за допомогою такої формули:

$$P_{НСП} = S_{НСП}(k_{a,НСП} + k_{\varepsilon,НСП}), \quad (5.20)$$

де $S_{НСП}$ – собівартість створення (або ціна) монолітного спеціального пристрою, грн.;

$k_{a,НСП}$ – коефіцієнт амортизації спеціальних пристосувань;

$k_{\varepsilon,НСП}$ – коефіцієнт затрат на експлуатацію спеціального пристосування.

Вартість виготовлення нерозбірного спеціального пристосування:

$$S_{НСП} = S_{m,НСП}(1 + k_{n,НСП}), \quad (5.21)$$

де $S_{m,НСП}$ – вартість виготовлення пристрою в металі на основі наявних креслень;

$k_{n,НСП}$ – індекс втрат на проектування спеціалізованого пристрою.

Собівартість створення спеціалізованого пристрою у металі визначається за наступною формулою:

$$S_{m,СП} = G \cdot S_m + t_{шт} l_m (1 + k_u), \quad (5.22)$$

де G – вага компонентів, які складають пристрій;

S_m – середня вартість одного кілограма матеріалу в гривнях;

$t_{шт}$ – трудомісткість виготовлення пристрою в нормо-годинах;

l_m – середня погодинна ставка заробітної плати робітника в гривнях;

k_u – коефіцієнт непрямих витрат в цехах, що виробляють інструменти та пристрої.

$$S_{m,СП} = 25 \cdot 3,5 + 6 \cdot 3,3(1 + 0,2) = 111,26 \text{ грн.}$$

$$S_{НСП} = 111,26 \cdot (1 + 0,3) = 144,64 \text{ грн.}$$

$$P_{НСП} = 144,64 \cdot (0,5 + 0,2) = 101,25 \text{ грн..}$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ					

Визначаємо річну економію. Економія при використанні пристроїв переважно виникає внаслідок урізання часу оброблення на приладі, що означає зменшення трудомісткості.

Зниження трудомісткості Δt_k для однієї операції становить:

$$\Delta t_k = t_{k1} - t_{k2}, \quad (5.23)$$

де t_{k1} , t_{k2} – штучно-калькульований час до та після оснащення.

При експлуатації оснащень економію на втратах на заробітну плату та експлуатаційних витратах обладнання можна визначити за допомогою такої формули:

$$\varepsilon = \Delta t_k (l_m + S_{m.ч}), \quad (5.24)$$

де $S_{m.ч}$ – втрати на машиноgodину роботи обладнання, який укомплектовується даним устаткуванням.

В свою чергу дорівнює:

$$S_{m.ч} = S_{m.чб} \cdot k_m = 0,13 \cdot 0,4 = 0,052 \text{ грн./год.} \quad (5.25)$$

де $S_{m.чб}$ – витрати на одну машиноgodину роботи примітивного обладнання;

k_m – машино-індекс для даного верстата;

l_m – годинна ставка оплати праці;

Головна годова економія складає:

$$\varepsilon_z = \varepsilon \cdot N, \quad (5.26)$$

де N – величина виробів на рік.

$$\Delta t_k = 0,65 - 0,48 = 0,17 \text{ год.};$$

$$\varepsilon = 0,17 \cdot (2,8 + 0,052) = 0,48 \text{ грн.};$$

$$\varepsilon_z = \varepsilon \cdot N = 0,48 \cdot 1000 = 480 \text{ грн.}$$

Був спроектований верстатний пристрій для свердлильно-фрезерно-розточних операцій, похибка якого становить 0,18 мм, але він забезпечує необхідну точність виготовлення деталей. Річна економія від спроектованого верстатного пристрою становить 480 грн.

5.1.2 Проектування контрольного оснащення

На рисунку 5.11 представлено ескіз деталі, на якому вказано вимоги точності щодо відхилення форми або розташування поверхні. Ми розробимо контрольне пристосування для вимірювання торцевого биття поверхні 2 відносно поверхні 1, як показано на рисунку 5.11.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ					

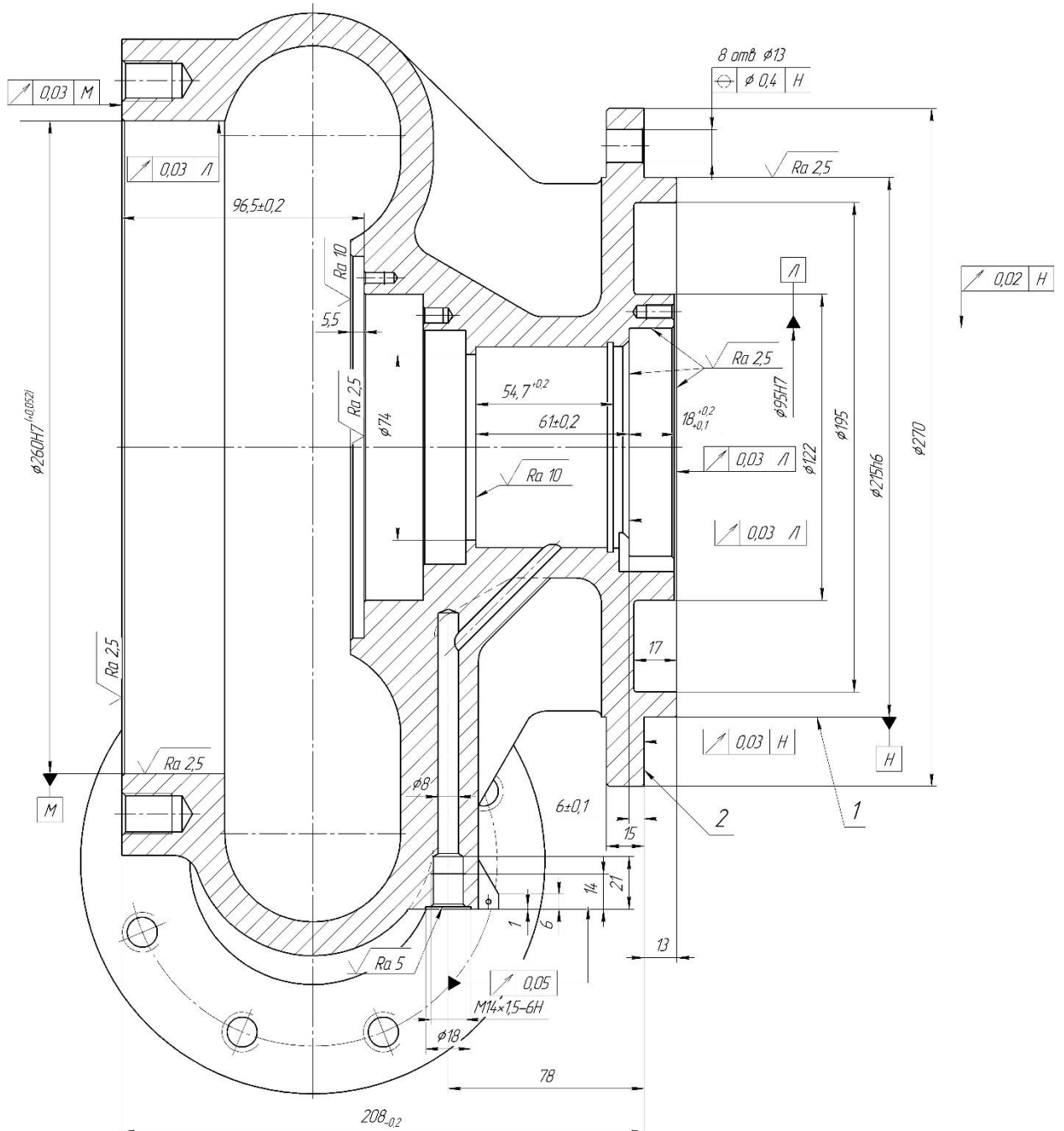


Рисунок 5.11 - Ескіз деталі з вказівкою вимог точності по відхиленню форми

Розробляємо схему контролю радіального та осевого биття (див. малюнок 5.12). Цю схему контролю створено відповідно до вимог щодо точності, що стосуються відхилення форми і положення площин деталі.

Пристрій підгрунтується на внутрішній циліндричній поверхні та провертається навколо вісі деталі.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ

Лист

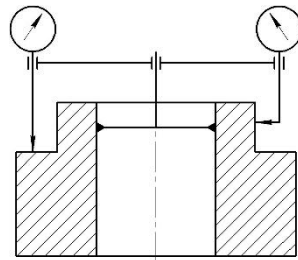


Рисунок 5.12 - Ескіз схеми контролю торцевого биття

Розробляємо схему фіксації деталі під час контролю (див. рисунок 5.13). Поверхня 1 у схемі фіксації виконує роль базової, яка обмежує три ступені свободи деталі. Направляючою базою є поверхня 2 (отвір $\text{Ø}260\text{H}7$), яка позбавляє деталь двох ступенів свободи. Таким чином, деталь обмежена п'ятьма ступенями волі, що є допустимим для проведення контролю.

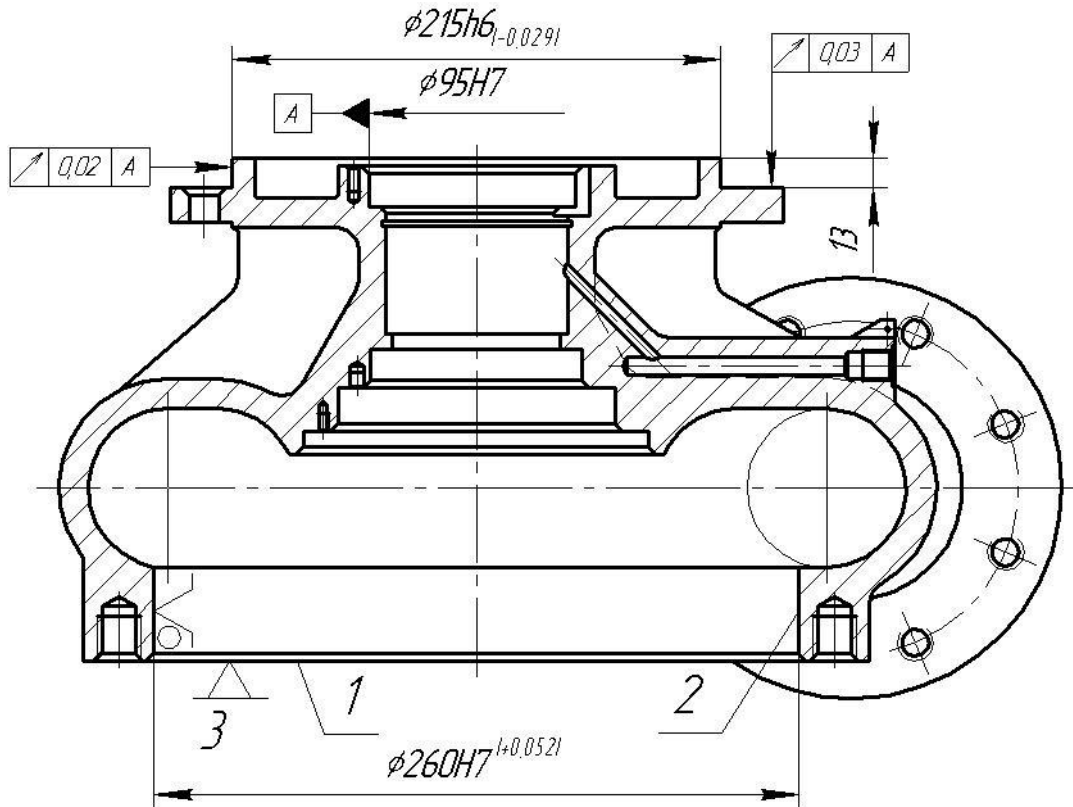


Рисунок 5.13 - Схема базування деталі при контролі торцевого биття

Згідно з розробленою схемою контролю та розташуванням пристосування, ми вибираємо та проектуємо елементи кріплення пристрою. При проектуванні пристрою для вимірювання торцевого та радіального биття будуть використані нестандартні компоненти: втулка (див. рисунок 5.14), на яку встановлюється деталь, та втулка (див. рисунок 5.15), яка надягається на деталь.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

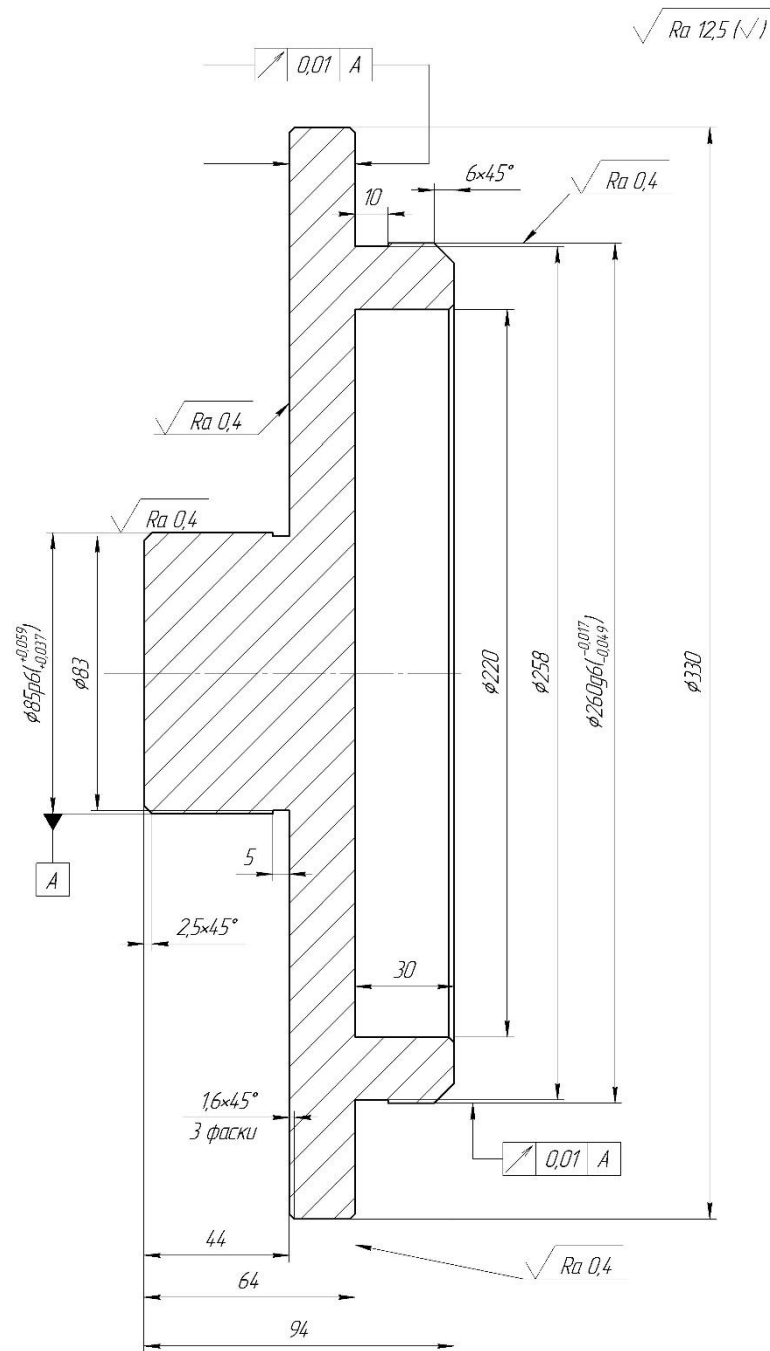


Рисунок 5.14 – Втулка

Центруючий елемент спроектовано на основі використання гідропласту. Кільцева порожнина між втулкою 1 і оправкою 2 заповнена гідропластом 10. Кільцева проточка з каналами з'єднана з центральним отвором. Тиск на гідропласт здійснюється за допомогою гвинта 3 через плунжер 4. Для забезпечення герметичності плунжер має кільцевий лабіринт, що притертий до отвору. Обмеження на розширення тиску забезпечується упорним гвинтом 7, який фіксується гвинтом 6.

Заповнення робочої порожнини гарячим гідропластом здійснюється через різьбові отвори, які закриваються гвинтами 7 після охолодження. Після того як оправка вставлена в отвір перевіряемого деталі, і втулка 1 розтиснута в ній.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ				

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

починають повертати траверсу 9 з індикаторами. Для кращого центрування втулки 1 в отворі в ній виконані дві проточки, які деформуються під час розтиснення. Товщина стінок втулки в проточках складає 1,5 мм з допустимою різницею в товщині стінки 0,05 мм.

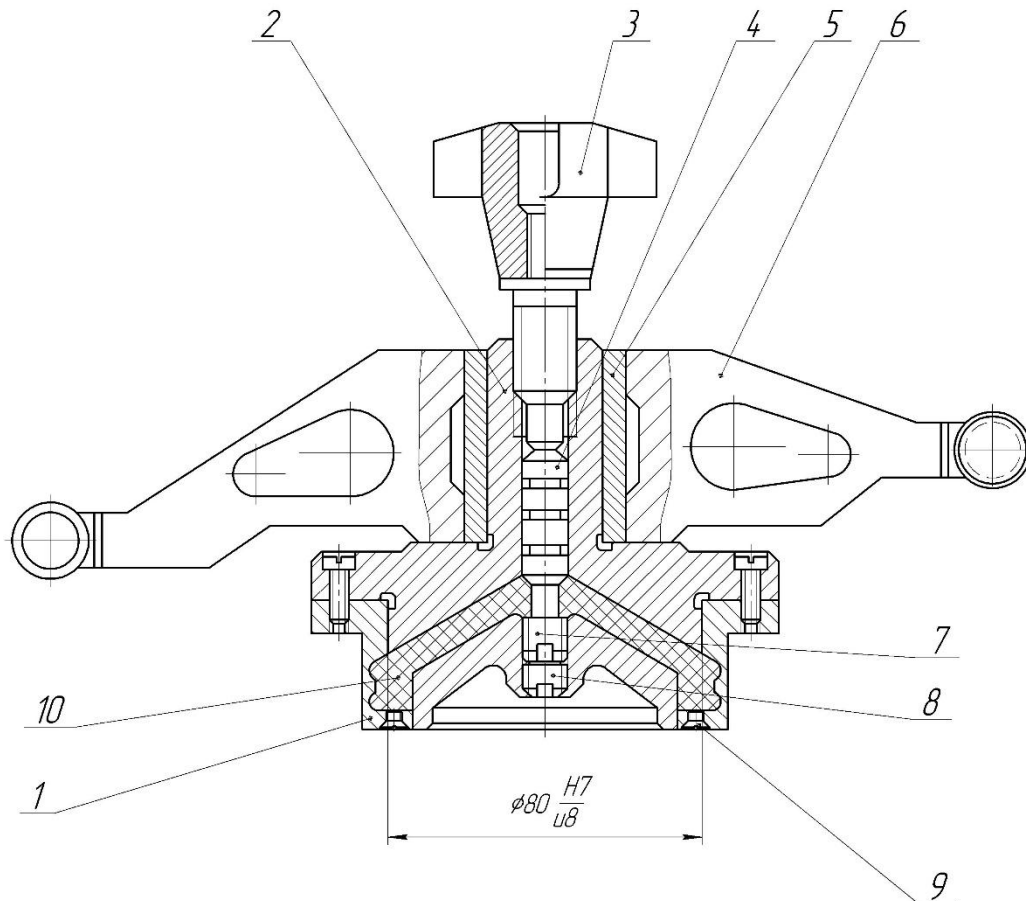


Рисунок 5.15 – Оправка

Вибираємо вимірювальний прилад. Вибір контрольних засобів повинен враховувати допустиму похибку вимірювання. Контрольний пристрій слід вибрати значно точнішим, ніж запити, зазначені в працюючому кресленні деталі. Як результат, ми обираємо електронний індикатор TESA DIGICO 10 (див. рисунок 5.16), параметри якого наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Характеристика контрольного приладу

Найменування механізму	Тип головки	Ціна поділки, мм	Похибка, мкм
TESA DIGICO 10	Поздовжня багатообертова	0,001	2

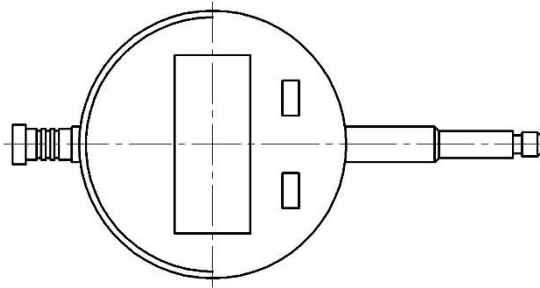


Рисунок 5.16 - Ескіз контрольного приладу

На основі раніше спроектованих установочних елементів і вибраного вимірювального приладу ми переходимо до складання контрольного пристрою (див. малюнок 5.17).

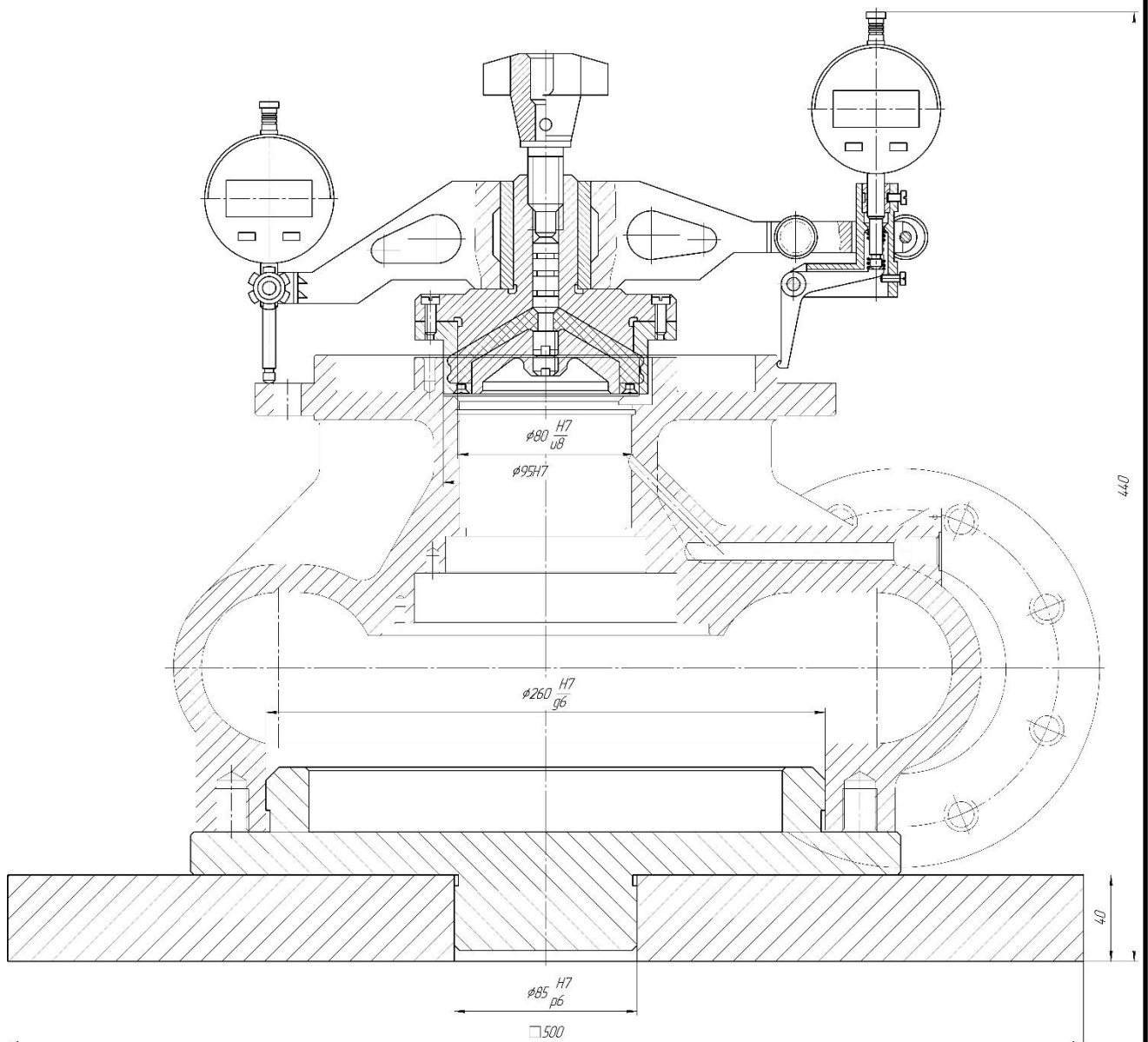


Рисунок 5.17 - Компонівка контрольного пристрою для контролю радіального та торцевого биття

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ

Лист

Знаходимо допустимий дефект вимірювання, яка становитиме 25% від допуску на розмір контролю. Таким чином:

$$[\Delta] = 0,2 \cdot T = 0,2 \cdot 0,02 = 0,004 \text{ мм} \quad (5.27)$$

Обчислюємо точність пристрою. Після аналізу пристрою ми маємо, що зворот для обчислення сумарного дефекту вимірювання має такий вигляд:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y.з.} + \sqrt{\Delta_{cl}^2 + \Delta_{ин.з.}^2}, \quad (5.28)$$

де Δ_{cl} – випадкова похибка приймається в межах від 3% до 5% від допускового значення розміру вимірювання.

$$\Delta_{cl} = 0,03 \cdot T = 0,03 \cdot 0,02 = 0,0006 \text{ мм}; \quad (5.29)$$

$\Delta_{ин}$ – дефект пристрою вимірювання ($\Delta_{ин} = 0,0025 \text{ мм}$);

Отже:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{y.з.} + \sqrt{0,0009^2 + 0,001^2} = \Delta_{y.з.} + 0,0013, \text{ мм}$$

Прирівнюючи загальний дефект до допустимого дефекту, отримаємо:

$$0,004 = \Delta_{y.з.} + 0,0013, \quad \Delta_{y.з.} = 0,0027 \text{ мм.}$$

Це означає, що радіальне коливання втулки 1 не повинно перевищувати 0,0027 мм.

Розрахункова похибка контрольного пристрою перебуває в межах допустимих значень, що означає, що спроектований контрольний пристрій може бути використаний для вимірювання торцевого коливання з допуском 0,03 мм і радіального коливання 0,02 мм.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.05.КПВ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Охорона праці та екологія виробництва

Обробка корпусу масляного насоса зі сталі 20ГСЛ вимагає суворого дотримання правил безпеки через специфічні властивості матеріалу, технологічний процес та потенційні ризики. Основні аспекти охорони праці зосереджені на правильній організації робочого місця, використанні засобів індивідуального захисту та забезпеченні безпечної експлуатації обладнання.

Робоче місце повинно відповідати нормам ергономіки, забезпечуючи доступність захисних засобів, таких як окуляри, рукавички, спецодяг і взуття. Металообробні верстати мають бути обладнані огороженнями для запобігання травмам. Для захисту органів дихання від пилу та дрібних частинок, які утворюються під час обробки, необхідно використовувати респіратори.

Обробка марганцевої сталі супроводжується утворенням стружки та аерозолів, які можуть становити небезпеку для здоров'я. Тому необхідно обладнати робоче місце локальною вентиляцією або системами видалення пилу, а також проводити регулярне вологе прибирання.

Металообробне обладнання генерує високий рівень шуму та вібрацій, які негативно впливають на працівників. Для мінімізації цих впливів слід використовувати антивібраційні елементи у верстатах і засоби захисту органів слуху, наприклад, беруші або навушники.

Хоча сталь 20ГСЛ не є легкозаймистою, іскроутворення при обробці за високих температур може спричинити пожежу. На робочому місці повинні бути доступні вогнегасники, а горючі матеріали слід зберігати у безпечних зонах. Працівники повинні бути навчені діяти в екстрених ситуаціях.

6.2 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проводимо оцінку економічної ефективності спроектованого технологічного процесу за показниками технологічної собівартості за допомогою MS Excel:

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.06.0ЕПВ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Фоменко</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>	<i>Цивінда</i>					1	7
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечасєв</i>				<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23м</i>		
<i>Утв.</i>	<i>Рязанцев</i>						
<i>ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА</i>							

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	1A64	-	-	-	Doosan PUMA 2100
Деталі					
Річний обсяг випуску деталей N , шт.	750				
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	5				5
Тривалість випуску деталей Z , років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	136,5				58,5
Час наладки верстата, хв.	30				75
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	21000				21000
Вартість комплексу спеціальних пристосувань $K_{пр}$, грн					
Оптова ціна на прокат одного УСП, грн					
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.					
Середній період стійкості інструменту, хв.	45				60
Середня кількість граней пластинки, шт.	4				4
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному K_T	0,8				0,8
Вартість розробки ПК $K_{ПК}$, грн.	0				10000

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	1A64	-	-	-	Doosan PUMA 2100
Працівники					
Середньочасова заробітня плата, грн					
верстатника $H_{ст}$	450				300
наладчика $H_{нал}$	450				300
наладчика інструмента $H_{ін}$	0				0
контролера H_k	100				100
Верстати					
Клас точності верстата	П				A
Маса верстата, т	12				5
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R_M	25				37
електротехнічної частини R_E	10				21
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d , шт	1				2
Оптова ціна верстата $Ц$, грн.	383100				936325
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,87				0,93
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	11,7				11,3

Рисунок 6.1 – Таблиця даних до розрахунку MS Excel

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	1A64	-	-	-	Doosan PUMA 2100
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.	0				2,0625
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H_M	200				120
електротехнічної частини H_E	70				45
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.					11950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	3				2,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1,2				1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3975				4050
Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $Ц_{м.зд.}$, грн		450			450
Вартість 1 м. кв. площі службово-побутових приміщень $Ц_{сл.поб.}$, грн		850			850

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	1A64	-	-	-	Doosan PUMA 2100
Площа служб.-побут. приміщень, що приносяться на одного робочого A_6 , м. кв.		7			7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $H_{цх}$, грн.	180				200
Додаткові дані					
Розряд					
контролера	5				5
верстатника	5				4
наладчика	3				5
наладчика інструменту					4
Габарити верстата (довжина x ширина), м	5,825x2				4,9x2,53
Габарити пристрою ЧПК, м					1,25x1,65
Тип пристрою ЧПК					FANUC 31i
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{кап}$, років	7				10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	18,7				49,5

Рисунок 6.2 - Таблица даних до розрахунку MS Excel

Дані	Базовий варіант			Новий варіант
	1A64	-	-	Doosan PUMA 2100
Розрахунок допоміжних показників				
Трудомісткість обробки $T_{шт. год}$	1500			1000
Час наладки верстата впродовж року $T_n, год$	5			12,5
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.інс. год}$	0			0
Час контролю деталей впродовж року $T_k, год$	330,00			370,00
Кількість верстатників $P_{ст.чол. (розр.)}$	4,40			0,90
дійсна	5			1
Кількість наладчиків верст. $P_n, чол. (розр.)$	0,004			0,008
дійсна	1			1
Кількість наладчиків інстр. $P_{н.інс. чол.}$				0,000
дійсна				0
Кількість контролерів $P_k, чол. (розр.)$	0,31			0,38
дійсна	1			1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{доп. чол.}$	0,00			0,20
дійсна	0			1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	7			5
Частка завантаження верстата обробкою деталей в обсязі річного випуску β	1,30			0,27

Рисунок 6.3 – Таблица даних до розрахунку MS Excel

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$C = I_3 + I_n + I_{н.інс} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k,$$

де I_3 – зарплата верстатника; $I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;
 I_n – зарплата за наладку верстата; $I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;
 $I_{н.інс}$ – зарплата налагоджувальника інструмента поза верстатом; I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;
 $I_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;
 $I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; I_k – зарплата контролера
 $I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні;
 I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

I_3	I_n	$I_{н.інс}$	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k	
1121931	3538,08	0,00	0,00	0	0	21913,32	8178,30	32151	8892,0	0,0	120000,00	=
249318	5896,80	0,00	3333,3333	0	0	146741,26	1792,00	17302	2605,6	3212,4	80000	=
											C1 на деталь =	1755,47
											C2 на деталь =	680,27

1. Зарплата верстатника (основна та додаткова) I_3

$I_3 = N_{ст.зар} \cdot T_{шт} / d$
де $N_{ст.зар}$ – середньочасова заробітна платня верстатників зі усіма нарахуваннями, грн.;

$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску, год;

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$N_{ст.зар} = N_{ст} + Z_d + C_{відр} + C_{прем}$

де $N_{ст}$ – тарифна ставка верстатника, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{відр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 35%

$T_{шт} = t_{шт} \cdot N / 60$

2. Зарплата за наладку верстата I_n

$I_n = N_{нал.зар} \cdot T_n$
де $N_{нал.зар}$ – середньочасова зарплата наладчиків з усіма нарахуваннями, грн.;

T_n – час наладки верстата впродовж року, год

$N_{нал.зар} = N_{нал} + Z_d + C_{відр} + C_{прем}$

де $N_{нал}$ – тарифна ставка наладчика, грн.;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{відр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 30%

$T_n = t_n \cdot j_p / 60$

де t_n – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв.;

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

1A64	Базовий варіант				Новий варіант			
	$I_3 = N_{ст.зар} \cdot T_{шт} / d$				Doosan PUMA 2100	$I_3 = N_{ст.зар} \cdot T_{шт} / d$		
	1121931	747,95	1500	1	249318	498,64	1000	2
	$I_3 = N_{ст.зар} \cdot T_{шт} / d$				Всього I_3			249318
	0	0,00	0	0				
	$I_3 = N_{ст.зар} \cdot T_{шт} / d$							
	0	0,00	0	0				
	$I_3 = N_{ст.зар} \cdot T_{шт} / d$							
	0	0	0	0				
Всього I_3	1121931							

1A64	Базовий варіант			Новий варіант		
	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$			Doosan PUMA 2100	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$	
	3538,08	707,62	5	5896,80	471,74	12,5
	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$			Всього I_n		5896,80
	0,00	0,00	0			
	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$					
	0,00	0,00	0			
	$I_n = N_{нал} \cdot T_n$					
	0,00	0,00	0			
Всього I_n	3538,08					

3. Зарплата наладжувальника інструмента поза верстатом, $I_{\text{ин}}$		Базовий варіант			Новий варіант		
$I_{\text{ин}} = I_{\text{ин}} \cdot T_{\text{ин}}$		1A64	$I_{\text{ин}} = I_{\text{ин}} \cdot T_{\text{ин}}$	$I_{\text{ин}} = I_{\text{ин}} \cdot T_{\text{ин}}$	Doosan PUMA 2100	$I_{\text{ин}} = I_{\text{ин}} \cdot T_{\text{ин}}$	$I_{\text{ин}} = I_{\text{ин}} \cdot T_{\text{ин}}$
де $I_{\text{ин}}$ – середньочасова зарплата наладчика, грн;			0	0		0,00	0
$T_{\text{ин}}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв			$I_{\text{ин}} = I_{\text{ин}} \cdot T_{\text{ин}}$	$I_{\text{ин}} = I_{\text{ин}} \cdot T_{\text{ин}}$		Всього $I_{\text{ин}2}$	0,00
$T_{\text{ин}} = 1,3 \cdot t_{\text{ин}} \cdot T_{\text{шт}} \cdot K_{\text{T}} / (T \cdot n_{\text{T}})$			0,00	0			
де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу;			$I_{\text{ин}} = I_{\text{ин}} \cdot T_{\text{ин}}$	$I_{\text{ин}} = I_{\text{ин}} \cdot T_{\text{ин}}$			
$t_{\text{ин}}$ – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.;			0,00	0			
$T_{\text{шт}}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год;			$I_{\text{ин}} = I_{\text{ин}} \cdot T_{\text{ин}}$	$I_{\text{ин}} = I_{\text{ин}} \cdot T_{\text{ин}}$			
K_{T} – коеф., який враховує штиному вагу основного часу в штичному і дорівнює 0,7...0,85;			0,00	0			
T – середній період стійкості інструменту, хв.;		Всього $I_{\text{ин}1}$	0,00				
n_{T} – кількість граней пластинки, що не переточується							

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{\text{пк}}$		Базовий варіант			Новий варіант		
$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$		1A64	$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$	$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$	Doosan PUMA 2100	$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$	$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$
	0	0	750	0	0	3	3333,3333
	$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$		$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$	$I_{\text{пк}} = K_{\text{пк}} / Z$		Всього $I_{\text{пк}2}$	3333,333333
	0	0	750	0,00	0	3	
		Всього $I_{\text{пк}1}$	0,00				

5. Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань $I_{\text{пр}}$		Базовий варіант			Новий варіант		
$I_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} (1/Z + 0,04)$		1A64	$I_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot (1/Z + 0,04)$	$I_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot (1/Z + 0,04)$	Doosan PUMA 2100	$I_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot (1/Z + 0,04)$	$I_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot (1/Z + 0,04)$
де 0,04 – коеф., що враховує витрати на ремонт спеціальних пристосувань			0	0		0	0,3333
			$I_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot (1/Z + 0,04)$	$I_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot (1/Z + 0,04)$	Всього $I_{\text{пр}2}$	0	
			0	0			
			$I_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot (1/Z + 0,04)$	$I_{\text{пр}} = K_{\text{пр}} \cdot (1/Z + 0,04)$			
			0	0			
		Всього $I_{\text{пр}1}$	0				

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{\text{уен}}$		Базовий варіант			Новий варіант		
$I_{\text{уен}} = C_{\text{уен}} \cdot j_{\text{р}}$		1A64	$I_{\text{уен}} = C_{\text{уен}} \cdot j_{\text{р}}$	$I_{\text{уен}} = C_{\text{уен}} \cdot j_{\text{р}}$	Doosan PUMA 2100	$I_{\text{уен}} = C_{\text{уен}} \cdot j_{\text{р}}$	$I_{\text{уен}} = C_{\text{уен}} \cdot j_{\text{р}}$
де $C_{\text{уен}}$ – оптова ціна за прокат одного пристосування, грн			0	0		0	5
			$I_{\text{уен}} = C_{\text{уен}} \cdot j_{\text{р}}$	$I_{\text{уен}} = C_{\text{уен}} \cdot j_{\text{р}}$	Всього $I_{\text{уен}2}$	0	
			0	0			
			$I_{\text{уен}} = C_{\text{уен}} \cdot j_{\text{р}}$	$I_{\text{уен}} = C_{\text{уен}} \cdot j_{\text{р}}$			
			0	0			
		Всього $I_{\text{уен}1}$	0				

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання $I_{\text{а}}$		Базовий варіант			Новий варіант		
$I_{\text{а}} = K_{\text{б}} \cdot A$		1A64	$I_{\text{а}} = K_{\text{б}} \cdot A$	$I_{\text{а}} = K_{\text{б}} \cdot A$	Doosan PUMA 2100	$I_{\text{а}} = K_{\text{б}} \cdot A$	$I_{\text{а}} = K_{\text{б}} \cdot A$
де A – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення верстата, що приймається:			21913,32	547833		146741,26	2768703
• для верстатів масою до 10 т, які оброблюють деталі металевими та абразивними інструментами, відповідно – 0,053 та 0,056;			$I_{\text{а}} = K_{\text{б}} \cdot A$	$I_{\text{а}} = K_{\text{б}} \cdot A$	Всього $I_{\text{а}2}$	146741,26	
• для верстатів масою вище 10 т – 0,04 та 0,042 відповідно			0,00	0			
			$I_{\text{а}} = K_{\text{б}} \cdot A$	$I_{\text{а}} = K_{\text{б}} \cdot A$			
			0,00	0			
			$I_{\text{а}} = K_{\text{б}} \cdot A$	$I_{\text{а}} = K_{\text{б}} \cdot A$			
			0,00	0			
		Всього $I_{\text{а}1}$	21913,32				

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

КНУ.КМР.131.24.1-15.06.0ЕПВ

Лист

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат $I_{нл}$

$I_{нл} = I_{нл} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$
 де $I_{нл}$ – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі механічного цеху
 • для верстатів класів точності Н та П – 180 грн
 • для верстатів класів точності В та ОВ – 200 грн

1A64	Базовий варіант						Новий варіант						
	$I_{нл} = I_{нл} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$						Doosan PUMA 2100	$I_{нл} = I_{нл} \cdot (A + A_2) \cdot \gamma \cdot \beta$					
	8178,30	180	11,65	0	3	1,30	1792	200	11,27	2,0625	2,5	0,27	
	0,00	0	0	0	0	0,00	Всього $I_{нл2}$						
	0,00	0	0	0	0	0,00	1792,00						
	0,00	0	0	0	0	0,00							
	0,00	0	0	0	0	0,00							
Всього $I_{нл1}$	8178,30												

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень $I_{сл}$

$I_{сл} = I_{нл} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_{н} + P_{дод} + P_{к})$

Базовий варіант						
$K_{сл} = I_{нл.6} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_{н} + P_{дод} + P_{к})$						
32151,11	850	7	4	0	0	1
Всього $K_{сл1}$	32151					

Новий варіант						
$K_{сл} = I_{нл.6} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_{н} + P_{дод} + P_{к})$						
17301,58	850	7	1	0	1	1
Всього $K_{сл2}$	17302					

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання $I_{р}$

$I_{р} = (R_н + R_в + R_с) \cdot \mu \cdot \beta$
 де $R_н, R_в, R_с$ – витрати на одинову ремонтної складові відповідно механічної та електротехнічної частин, грн.;
 $R_н, R_в, R_с$ – ремонтна складові відповідно механічної та електротехнічної часток, що привносять за паспортним верстата, а для деяких верстатів ЧПК;
 μ – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що привносять для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1, 1,2, 1,5, 1,8, 2,2

1A64	Базовий варіант						Новий варіант						
	$I_{р} = (R_н + R_в + R_с) \cdot \mu \cdot \beta$						Doosan PUMA 2100	$I_{р} = (R_н + R_в + R_с) \cdot \mu \cdot \beta$					
	8892,0	200	25	70	10	1,2, 1,30	2605,6	120	37	45	21	1,8	0,27
	0,0	0	0	0	0	0,00	Всього $I_{р2}$						
	0,0	0	0	0	0	0,00	2605,6						
	0,0	0	0	0	0	0,00							
	0,0	0	0	0	0	0,00							
Всього $I_{р1}$	8892,0												

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК $I_{у}$

$I_{у} = Q \cdot \beta$
 де Q – річні витрати при експлуатаванні у дві зміни і повній загрузці верста з ЧПК, грн

1A64	Базовий варіант			Новий варіант		
	$I_{у} = Q \cdot \beta$			Doosan PUMA 2100	$I_{у} = Q \cdot \beta$	
	0	0	1,30	3212,4	11950	0,27
	0	0	0,00	Всього $I_{у2}$		
	0	0	0,00	3212,4		
	0	0	0,00			
	0	0	0,00			
Всього $I_{у1}$	0,0					

12. Зарплатня контролера $I_{к}$

$I_{к} = N_к \cdot T_к$
 де $N_к$ – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн.;
 $T_к$ – час контролю деталей впродовж року, год.
 Для базових верстатів:
 $T_{к1} = 0,083 \cdot T_{шт}$
 де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних операцій
 Для обробки на верстатах з ЧПК
 $T_{к1} = 0,2 \cdot T_{шт}$

1A64	Базовий варіант			Новий варіант		
	$I_{к} = N_к \cdot T_к$			Doosan PUMA 2100	$I_{к} = N_к \cdot T_к$	
	120000,00	100	1200,00	80000	100	800
	0,00	100	0,00	Всього $I_{к2}$		
	0,00	100	0,00	80000		
	0,00	100	0,00			
Всього $I_{к1}$	120000,00					

Рисунок 6.4 – Таблиця розрахунку собівартості механічної обробки річного випуску деталей MS Excel

Капітальні вкладення споживача

$$K = K_6 + K_{cl} + K_{cl1} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$$

де K_6 – балансова вартість верстата, грн;

K_{cl} – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.;

K_{cl1} – вартість службово-побутових приміщень, грн.;

$K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.;

$K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;

$K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.

K_6	K_{cl}	K_{cl1}	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$	
547833	20446	32151	12798475	0	0	13398905
K_2	2768703	4032,01	17302	2581468	0	5381504,36

1. Балансова вартість верстата K_6

$$K_6 = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$$

де $Ц$ – оптова ціна верстата, грн

α – коеф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;

β – частка авантаження верстата

$$\beta = T_{шт} + T_n / (\Phi_{об} \cdot \eta_2)$$

1A64	Базовий варіант				Новий варіант				
	$K_6 =$	$Ц$	α	β	Doosan PUMA 2100	$K_6 =$	$Ц$	α	β
	547833	383100,00	1,1	1,30	2768703	9363250,00	1,1	0,27	
	$K_6 =$	$Ц$	α	β	Всього K_6	2768703			
	0	0,00	1,1	0,00					
	$K_6 =$	$Ц$	α	β					
	0	0	1,1	0,00					
	$K_6 =$	$Ц$	α	β					
	0	0	1,1	0,00					
Всього K_6	547833								

2. Вартість приміщень, які займає верстат K_{cl}

$$K_{cl} = Ц_{пл.м} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $Ц_{пл.м}$ – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

A – площа, яку займає верстат по габаритах, м. кв.;

A_y – площа, яку займають вносні, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

1A64	Базовий варіант				Новий варіант							
	$K_{cl} =$	$Ц_{пл.м}$	$(A + A_y)$	$\gamma \cdot \beta$	Doosan PUMA 2100	$K_{cl} =$	$Ц_{пл.м}$	$(A + A_y)$	$\gamma \cdot \beta$			
	20446	450	11,65	0	3	1,30	4032,0605	450	11,27	2,0625	2,5	0,27
	$K_{cl} =$	$Ц_{пл.м}$	$(A + A_y)$	$\gamma \cdot \beta$	Всього K_{cl}	4032,01						
	0	450	0	0	0	0,00						
	$K_{cl} =$	$Ц_{пл.м}$	$(A + A_y)$	$\gamma \cdot \beta$								
	0	450	0	0	0	0,00						
	$K_{cl} =$	$Ц_{пл.м}$	$(A + A_y)$	$\gamma \cdot \beta$								
	0	450	0	0	0	0,00						
Всього K_{cl}	20446											

3. Вартість службово-побутових приміщень K_{cl1}

$$K_{cl1} = Ц_{пл.б} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$$

де $Ц_{пл.б}$ – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;

A_6 – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого;

$P_{ст}$, P_n , $P_{дод}$ – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

P_k – кількість контролерів

Базовий варіант						
$K_{cl1} =$	$Ц_{пл.б}$	A_6	$(P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$			
32151,1129	850	7	4	0	0	1
Всього K_{cl1}	32151					

Новий варіант						
$K_{cl1} =$	$Ц_{пл.б}$	A_6	$(P_{ст} + P_n + P_{дод} + P_k)$			
17301,57634	850	7	1	0	1	1
Всього K_{cl1}	17302					

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві $K_{нез}$

$$K_{нез} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{заг} + C / N_{р\dot{ч}} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

де 3 – число партій деталей, які приходяться в середньому на одне робоче місце;

n'' – розмір налагоджувальної партії деталей (партії запуску), шт.

$$n'' = N_{р\dot{ч}} / j_p$$

$S_{заг}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант						
$K_{нез} =$	3	n''	$(S_{заг} + C / N_{р\dot{ч}} \cdot 0,5)$	β		
12798475,49	150	21000	#####	750	1,30	
Всього $K_{нез}$	12798475					

Новий варіант						
$K_{нез} =$	3	n''	$(S_{заг} + C / N_{р\dot{ч}} \cdot 0,5)$	β		
2581467,82	150	21000	510200,98	750	0,27	
Всього $K_{нез}$	2581468					

Рисунок 6.5 – Таблиця розрахунку капітальних вкладень споживача MS Excel

Приведені витрати					Строк окупності									
З1	=	С1	+	Ен	·	К1	Ток =	(К2	-	К1)	/	(С1	-	С2)
3326440	=	1316604	+	0,15	·	13398905	-1,942	5381504,36	-	13398905	/	1316603,81	-	510200,98
З2	=	С2	+	Ен	·	К2								
1317427	=	510201	+	0,15	·	5381504								
Річний економічний ефект														
Е	=	З1	-	З2										
2009013	=	3326440	-	1317427										

Рисунок 6.6 – Таблиця кінцевих результатів MS Excel

Розрахунки в програмі Excel показують, що рекомендоване оновлення ділянки має окупитися майже за 2 роки. Малий термін окупності демонструє результативність та фінансову користь цієї пропозиції оновлення.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.06.0ЕПВ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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

Тема: "Оптимізація розрахунку впливу режимів різання на шорсткість оброблюваної поверхні деталей із марганцевої сталі"

Марганцеві сталі створюють значні труднощі в обробці через високу міцність, в'язкість і здатність до самозакалювання під впливом температури й ударних навантажень. Ці властивості забезпечують стійкість матеріалу до зносу, але водночас підвищують його абразивність, що ускладнює механічну обробку. Під час різання температура в зоні обробки значно підвищується, що призводить до швидкого зношування інструменту, особливо якщо він виготовлений із матеріалів, чутливих до високих температур (наприклад, швидкорізальних сталей). Для ефективної обробки рекомендується застосовувати інструменти з твердосплавними вставками, керамічними або алмазними ріжучими кромками, які сприяють зменшенню зносу. Оптимальні режими обробки передбачають низькі швидкості різання, середню подачу і використання охолоджувальних рідин для мінімізації теплових впливів. Крім того, сучасні технології, такі як обробка на верстатах із ЧПК, моделювання процесів різання та інструменти з покриттям, дозволяють покращити якість поверхні й знизити витрати виробництва.

Актуальність теми обумовлена кількома факторами:

Марганцеві сталі широко застосовуються в промисловості завдяки своїй винятковій міцності, зносостійкості та пластичності. Вони часто використовуються для виготовлення компонентів для машинобудування, гірничодобувної та будівельної галузей, де вимагається висока стійкість до механічних та хімічних навантажень.

Висока твердість марганцевих сталей створює труднощі під час обробки. Оптимізація різальних параметрів є необхідною для підвищення ефективності обробки, забезпечення точності та зменшення зношування інструментів.

Параметри шорсткості поверхні безпосередньо впливають на функціональні властивості готових компонентів, зокрема зносостійкість, втомну міцність та корозійну стійкість. Досягнення бажаного рівня гладкості поверхні вимагає точної настройки умов різання.

Оптимізація режимів різання допомагає знизити витрати на виробництво, скоротити час обробки, подовжити термін служби інструментів та мінімізувати втрати через неякісні деталі.

Покращення ефективності різання зменшує споживання енергії та відходів. Розумне використання змащувальних та охолоджувальних рідин

	дода	тково	знижує		екологічний	вплив	процесу	обробки.
					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.07.КОЕПР</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Фоменко				КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО- НАУКОВИХ РЕСУРСІВ	Лит.	Лист	Листов
Пров.	Цивінда						1	13
Н. Контр.	Нечасєв					Кафедра ТМ		
Утв.	Рязанцев					гр. ПМ-23М		

Вплив режимів різання на шорсткість оброблюваних поверхонь марганцевих сталей вивчається з метою оптимізації технологічних процесів. Основні результати досліджень показують:

Швидкість різання: зі збільшенням швидкості різання шорсткість поверхні зменшується через зниження утворення мікронерівностей. Високі швидкості покращують теплові умови в зоні різання, що знижує вплив зусиль на структуру поверхні. Однак надмірно високі швидкості можуть призводити до зношування інструменту, що погіршує якість обробки.

Глибина різання: зі збільшенням глибини різання часто погіршується якість поверхні через посилення сил різання і температурного навантаження. Це може викликати нерівномірне утворення поверхневих шарів.

Подача інструмента: менша подача забезпечує кращу якість поверхні, оскільки знижуються вібрації та нерівномірний вплив на матеріал. Висока подача, навпаки, може збільшити шорсткість за рахунок формування більших нерівностей.

Передній кут різця: оптимальний передній кут у межах $\pm 5^\circ$ сприяє отриманню гладкої поверхні. Зміна кута від оптимального збільшує напружений стан матеріалу, що призводить до погіршення якості.

Характеристика покриття обраного інструменту:

TP2501 від Seco Tools — це високоефективне покриття для точіння, який особливо добре підходить для обробки сталей, включаючи складні у роботі матеріали, такі як марганцеві сталі. Завдяки технології Duratomic®, покриття забезпечує оптимальне поєднання зносостійкості та міцності, що дозволяє досягати високої продуктивності в різних умовах. TP2501 характеризується високою стійкістю до абразивного зносу, що є важливим під час обробки марганцевих сталей, які через свою твердість та здатність до наклепу значно зношують інструменти. Це покриття витримує високі температури різання, зберігаючи термічну стабільність, а також має хімічну інертність, що мінімізує реакції між інструментом і заготовкою, збільшуючи термін служби навіть за умов переривчастого різання. TP2501 підходить для чорнової та чистової обробки, забезпечуючи широкий спектр фінішних поверхонь. Для досягнення максимальних результатів рекомендується знижувати подачу, використовувати помірні швидкості різання, забезпечувати ефективно охолодження і жорстку установку інструменту. Для більш детальної інформації слід звернутися до каталогу Seco Tools або їх технічної підтримки [11].

Математичні моделі, побудовані на основі цих факторів, дозволяють прогнозувати параметри шорсткості залежно від обраних режимів, що спрощує процес планування обробки і підвищує її ефективність.

Математичні моделі є спрощеними уявленнями реальних процесів або явищ, побудованими за допомогою математичних рівнянь і формул для опису їхньої поведінки, властивостей та взаємодій. Вони використовуються для аналізу, прогнозування та оптимізації в різних сферах, таких як інженерія, фізика, економіка та біологія. Математичні моделі можуть бути

лінійними або нелінійними, детермінованими або стохастичними, дискретними чи безперервними, залежно від характеру описуваного процесу. Ці моделі спрощують складні реальні системи, що дозволяє легше їх досліджувати, і є основою для розрахунків, експериментів та прийняття рішень.

Повний факторний експеримент — це статистичний метод, який дозволяє оцінити вплив кількох факторів на змінну результату шляхом аналізу всіх можливих комбінацій рівнів цих факторів. Він дає змогу вивчати вплив кожного фактора як окремо, так і в поєднанні з іншими, а також їх взаємодії на результат. Повні факторні експерименти часто використовуються для розробки математичних моделей, які описують взаємозв'язки між змінними в складних системах. Ці моделі допомагають врахувати вплив кількох факторів одночасно, надаючи точну інформацію для оптимізації процесів або прийняття рішень.

Переваги повного факторного експерименту полягають у його здатності оцінювати не лише вплив окремих факторів, але й їхні взаємодії, що є важливим для розуміння складних систем. Він забезпечує високу точність завдяки аналізу всіх можливих комбінацій рівнів факторів, що дає чітке уявлення про їхні ефекти. Цей метод охоплює всі варіанти факторів, що дозволяє здійснити глибший аналіз та оптимізацію процесів. Крім того, він дає змогу створювати детальні математичні моделі, які точно описують взаємозв'язки між змінними. Повний факторний експеримент є особливо підходящим для досліджень і розробки нових технологій, допомагаючи визначити оптимальні параметри для технологічних процесів, особливо в інженерії та промисловості.

Недоліки повного факторного експерименту включають його високу обчислювальну складність, оскільки з кількістю факторів та рівнів експоненційно зростає кількість експериментальних точок, що призводить до значних витрат часу та ресурсів. Великий обсяг експериментів, необхідних для кожної комбінації рівнів факторів, може бути економічно неефективним і трудомістким, особливо коли є багато факторів. Інтерпретація результатів також може бути складною, коли факторів багато, а їх взаємодії складні, що ускладнює точне визначення найбільш важливих ефектів. Крім того, повний факторний експеримент вимагає точного контролю над усіма факторами та рівнями, що може бути важко здійснити в реальних умовах через технологічні чи практичні обмеження. Нарешті, для великих систем із численними факторами та рівнями застосування повного факторного експерименту може бути непрактичним через величезну кількість експериментальних точок, що не завжди виправдовує витрати на їх проведення.

При аналізі впливу параметрів різання на шорсткість оброблюваної поверхні складовими математичної моделі є: об'єкт — процес різання, функція відгуку — шорсткість поверхні (R_a), а також фактори — параметри різання, зокрема швидкість різання V/n , подача S та глибина різання t .

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.07.КОЕПР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Кількісні значення цих параметрів у межах експерименту називаються рівнями.

Базовий (нульовий) рівень — це початкові значення факторів, які визначають центр плану експерименту. У промислових умовах нульовий рівень відповідає значенням факторів, характерним для існуючого технологічного режиму.

Інтервал варіювання (крок) — це конкретна величина для кожного фактора, додавання якої до базового рівня визначає верхній рівень, а віднімання — нижній рівень фактора.

$$x_{+\alpha} = \alpha \cdot h_i + X_i^0$$

$$x_{-\alpha} = -\alpha \cdot h_i + X_i^0,$$

де α – зіркове плече.

(7.1)

Для заповнення таблиці рівнів факторів необхідно забезпечити можливість реалізації параметрів факторів на всіх рівнях, враховуючи відстань зіркової точки у матриці моделювання. Значення зіркових точок розраховуються за формулами, наведеними у плані експерименту.

Рівні факторів	Фактори (незалежні змінні)		
	x_1	x_2	x_3
	$n, \text{об/хв}$	$S, \text{мм/об}$	$t, \text{мм}$
Основний рівень X_0	400	0,13	3,5
Крок варіювання h_i	50	0,03	0,6
Верхній рівень X_i^B	450	0,16	4,1
Нижній рівень X_i^H	350	0,1	2,9
"Зіркова" точка $+\alpha$ (1,682)	484,1	0,2	4,5
"Зіркова" точка $-\alpha$ (-1,682)	315,9	0,1	2,5

Рисунок 7.1 – Таблиця рівнів факторів

Розпочинаємо створення матриці моделювання, формуючи план експерименту із застосуванням закодованих рівнів факторів (+1, -1, 0, $\pm\alpha$).

Змінна x_0 є фіктивною змінною, яка використовується для визначення коефіцієнта b_0 у функції відгуку.

Математична трьохфакторна модель у ЦКП може бути представлена у вигляді співвідношення (поліном другого ступеня):

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + b_{13} \cdot x_1 \cdot x_3 + b_{23} \cdot x_2 \cdot x_3 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 + b_{33} \cdot x_3^2, \quad (2)$$

де b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коефіцієнти регресії;

y – кодоване позначення шорсткості; x_1, x_2, x_3 – кодоване позначення факторів, які впливають на шорсткість оброблюваної поверхні.

Фактори визначаються за формулою:

$$x_i = \frac{X_i - X_i^0}{h_i}, \quad \#(7.3)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.07.КОЕПР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.07.КОЕПР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де x_i – кодоване значення фактора (+1; -1; 0; ±a);

X_i – натуральне значення фактора;

X_i^0 – значення фактора на нульовому рівні;

h_i – інтервал варіювання фактора.

Тоді матриця моделювання буде мати вигляд:

		Матриця моделювання										
		№ експерименту N	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1x_1	x_2x_2	x_3x_3
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
План експерименту 2^3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	1
	3	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	1
	4	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1
	5	1	1	1	-1	-1	1	-1	-1	1	1	1
	6	1	-1	1	-1	-1	-1	1	-1	1	1	1
	7	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
	8	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1
Зіркові точки α (6)	9	1	1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0	0
	10	1	-1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0	0
	11	1	0	1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0
	12	1	0	-1,682	0	0	0	0	0	0	2,829	0
	13	1	0	0	1,682	0	0	0	0	0	0	2,829
	14	1	0	0	-1,682	0	0	0	0	0	0	2,829
Нульові точки ρ_0 (6)	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рисунок 7.2 – Матриця моделювання, заповнення стовпців 1-11

Після заповнення матриці моделювання експеримент проводять за заданих умов, вимірюючи шорсткість обробленої поверхні. Кожен експеримент повторюють декілька разів (зазвичай трьох разів достатньо). За рахунок автоматизації процесу проводимо експеримент віртуально. В розрахунках такого експерименту присутній фактор рандомізації значень, що в свою чергу імітує похибки реального досвіду. Ось так він виглядає:

Значення незалежних змінних у n -ому досліді			
N	n , об/хв	S , мм/об	t , мм
1	450	0,16	4,1
2	350	0,16	4,1
3	450	0,1	4,1
4	350	0,1	4,1
5	450	0,16	2,9
6	350	0,16	2,9
7	450	0,1	2,9
8	350	0,1	2,9
9	484	0,13	3,5
10	316	0,13	3,5
11	400	0,18	3,5
12	400	0,08	3,5
13	400	0,13	4,51
14	400	0,13	2,49
15	400	0,13	3,5
16	400	0,13	3,5
17	400	0,13	3,5
18	400	0,13	3,5
19	400	0,13	3,5
20	400	0,13	3,5

ВІРТУАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ	
Вихідні дані:	
n , об/хв	400
S , мм/об	0,13
t , мм	3,5
d , мм	280
Матеріал деталі: Сталь 20ГСЛ	
φ , °	75
φ_1 , °	25
r , мм	0,1
Результат:	
Ra , мкм	18,03

Рисунок 7.3 – Віртуальний експеримент

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.07.КОЕПР	

Під час проходження віртуального експерименту паралельно заповнюємо стовпці матриці моделювання:

		Матриця моделювання														
№ експерименту N		x ₀	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁ x ₂	x ₁ x ₃	x ₂ x ₃	x ₁ x ₁	x ₂ x ₂	x ₃ x ₃	y ₁	y ₂	y ₃	У _{сеп}	У _{розр}
План експерименту 2 ³	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21,44	21,08	20,47	21,00	21,52
	2	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	21,17	21,14	22,77	21,69	21,52
	3	1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	16,24	15,98	16,01	16,08	16,16
	4	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	15,49	15,81	16,15	15,82	16,16
	5	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	19,41	18,27	18,52	18,73	18,96
	6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	18,78	19,46	18,54	18,93	18,96
	7	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	14,08	14,82	15,16	14,69	14,73
	8	1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	14,26	13,98	15,09	14,44	14,73
Зіркові точки α (6)	9	1	1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	0	17,28	17,25	17,22	17,25	17,84
	10	1	-1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	0	17,64	17,40	17,39	17,48	17,84
	11	1	0	1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	22,02	21,51	20,85	21,46	21,87
	12	1	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,829	0	13,87	13,02	13,58	13,49	13,81
	13	1	0	0	1,682	0	0	0	0	0	2,829	19,78	19,70	18,64	19,37	19,52
	14	1	0	0	-1,682	0	0	0	0	0	2,829	15,67	15,91	16,13	15,90	16,16
Нульові точки η ₀ (6)	15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,28	-	-	17,85	17,84
	16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,54	-	-		
	17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,60	-	-		
	18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,67	-	-		
	19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,38	-	-		
	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,61	-	-		

Рисунок 7.4 – Повністю заповнена матриця моделювання

Процес відтворюваності перевіряється за допомогою критерію Кохрена, який оцінює рівність дисперсій результатів експериментів. Для цього обчислюється дисперсія кожної групи даних, знаходиться найбільша дисперсія $\sigma_{\text{макс}}^2$, а потім розраховується коефіцієнт G за формулою:

Перевірка за критерієм Кохрена здійснюється для частини матриці:

$$N = 2^k + 2 \cdot k = 14$$

$$G_{\text{розр}} = \frac{\sigma_{\text{макс}}^2}{\sum_{u=1}^N \sigma_u^2} \leq G_{(0,05; f_n; f_u)} \quad (7.4)$$

$$\sigma_u^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (\overline{y_{\text{сеп}}} - y_{iu})^2}{m-1} \quad (7.5)$$

де $m = 3$ – число паралельних дослідів; $y_{\text{сеп}}$ – середнє виміряне значення параметра оптимізації; y_{iu} – поточне виміряне значення параметра оптимізації.

Якщо значення G менше або дорівнює критичному значенню $G_{\text{табл}}$, дисперсії вважаються однорідними, і процес вважається достатньо відтворюваним. Якщо ж це не так, необхідно переглянути умови проведення експерименту.

N	Число ступенів свободи							
	1	2	3	4	5	6	7	8
2	0,999	0,975	0,939	0,906	0,877	0,853	0,833	0,816
3	0,967	0,871	0,798	0,746	0,707	0,677	0,653	0,633
4	0,907	0,768	0,684	0,629	0,590	0,560	0,637	0,518
5	0,841	0,684	0,598	0,544	0,507	0,478	0,456	0,439
6	0,781	0,616	0,531	0,480	0,445	0,418	0,398	0,382
7	0,727	0,561	0,480	0,431	0,397	0,373	0,354	0,338
8	0,680	0,516	0,438	0,391	0,360	0,336	0,319	0,304
9	0,639	0,478	0,403	0,358	0,329	0,307	0,290	0,277
10	0,602	0,445	0,373	0,331	0,303	0,282	0,267	0,254
12	0,541	0,392	0,326	0,288	0,262	0,244	0,230	0,219
15	0,471	0,335	0,276	0,242	0,220	0,203	0,191	0,182
20	0,389	0,271	0,221	0,192	0,174	0,160	0,150	0,142

Рисунок 7.5 – Критичні значення критерію Кохрена для рівня значимості 0,95

Далі розраховують коефіцієнти регресії.

Вільний член:

$$b_0 = a \cdot N^{-1} \cdot \sum_{u=1}^N y_{\text{сеп. в}} - b \cdot N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \cdot y_{\text{сеп. в}}, \quad \#(7.6)$$

Коефіцієнти при факторах:

$$b_i = \lambda_2^{-1} \cdot N^{-1} \cdot \sum_{u=1}^N x_{iu} \cdot y_{\text{сеп. в}} \quad \#(7.7)$$

Коефіцієнти при взаємодії факторів:

$$b_{ij} = \lambda_3^{-1} \cdot N^{-1} \cdot \sum_{u=1}^N x_{iu} \cdot x_{ju} \cdot y_{\text{сеп. в}} \quad \#(7.8)$$

Коефіцієнти при квадратах факторів:

$$b_{ii} = -b \cdot N^{-1} \cdot \sum_{u=1}^N y_{\text{сеп. в}} + c \cdot N^{-1} \cdot \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \cdot y_{\text{сеп. в}} - d \cdot N^{-1} \cdot \sum_{i=1}^k \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \cdot y_{\text{сеп. в}}, \quad \#(7.9)$$

Допоміжні коефіцієнти:

$$a = 1 + \frac{k \cdot \lambda_2^2}{\lambda_4 - \lambda_3 + k \cdot \lambda_3 - k \cdot \lambda_2^2} \quad \#(7.10)$$

$$b = \frac{\lambda_2}{\lambda_4 - \lambda_3 + k \cdot \lambda_3 - k \cdot \lambda_2^2} \quad \#(7.11)$$

$$c = (\lambda_4 - \lambda_3)^{-1} \quad \#(7.12)$$

$$d = \frac{\lambda_3 - \lambda_2^2}{(\lambda_4 - \lambda_3) (\lambda_4 - \lambda_3 + k \cdot \lambda_3 - k \cdot \lambda_2^2)} \quad \#(7.13)$$

$$\lambda_2 = N^{-1} \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \quad \#(7.14)$$

$$\lambda_3 = N^{-1} \sum_{u=1}^N x_{iu}^2 \cdot x_{ju}^2 \quad \#(7.15)$$

$$\lambda_4 = N^{-1} \sum_{u=1}^N x_{iu}^4 \quad \#(7.16)$$

МАТЕМАТИЧНА ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ													
N	Дисперсії паралельних вимірів σ_u^2	Перевірка за критерієм Кохрена		b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	0,2404	$G_{розр} = 0,250 \leq G_{табл} = 0,335$		17,84	-0,06	2,40	1,00	-0,17	-0,06	0,28	-0,13	-0,09	-0,03
2	0,8696												
3	0,0202												
4	0,1089												
5	0,3590												
6	0,2277												
7	0,3049												
8	0,3332												
9	0,0009												
10	0,0200												
11	0,3441												
12	0,1867												
13	0,4049												
14	0,0529												

Рисунок 7.6 – Коефіцієнти регресії

Допоміжні коефіцієнти						
a	b	c	d	λ_2	λ_3	λ_4
3,33	1,14	1,25	-0,14	0,68	0,40	1,20

Рисунок 7.7 – Допоміжні коефіцієнти

Одержані значення перевіряють на значимість за критерієм Стьюдента:

$$t_0 = \frac{b_0}{\sigma(b_0)}, \quad t_i = \frac{b_i}{\sigma(b_i)}, \quad t_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sigma(b_{ij})}, \quad t_{ii} = \frac{b_{ii}}{\sigma(b_{ii})}, \quad \#(7.17)$$

де $\sigma(b)$ – середньоквадратичні відхилення, що визначаються за їх дисперсіями:

$$\sigma^2(b_0) = a \cdot N^{-1} \cdot m^{-1} \cdot \sigma^2(y), \quad \sigma^2(b_{ij}) = \lambda_3^{-1} \cdot N^{-1} \cdot m^{-1} \cdot \sigma^2(y), \quad \#(7.18)$$

$$\sigma^2(b_i) = \lambda_2^{-1} \cdot N^{-1} \cdot m^{-1} \cdot \sigma^2(y), \quad \sigma^2(b_{ii}) = (c - d) \cdot N^{-1} \cdot m^{-1} \cdot \sigma^2(y), \quad \#(7.19)$$

де $\sigma^2(y)$ – дисперсія, яка характеризує помилку у визначенні параметра оптимізації:

$$\sigma^2(y) = \frac{N' \cdot (m - 1) \cdot \sigma_1^2(y) + (n_0 - 1) \cdot \sigma_0^2(y)}{N' \cdot (m - 1) + (n_0 - 1)}, \quad \#(7.20)$$

$$\sigma_1^2(y) = \frac{\sum_{u=1}^{N'} \sigma_u^2(y)}{N'}, \quad \sigma_0^2(y) = \sum_{u=N'+1}^N (y_{\text{сер.о}} - y_{\text{о.в}})^2, \#(7.21)$$

Якщо $|t_{\text{розр}}| \geq t_{\text{табл}}$, то приймають припущення про статистичну значущість коефіцієнтів регресії. Табличне значення критерія Стьюдента визначається за допомогою таблиць, що залежать від рівня значущості та числа ступенів вільності.

$$n = (m-1) \cdot N = (3-1) \cdot 20 = 40.$$

$1-\alpha$	0,99	0,95	0,90	0,80	0,50	0,20
1	63,657	12,706	6,314	3,078	0,727	0,325
2	9,925	4,303	2,920	1,886	0,617	0,289
3	5,841	3,182	2,353	1,638	0,584	0,277
4	4,604	2,776	2,132	1,533	0,569	0,271
5	4,032	2,571	2,015	1,476	0,559	0,267
6	3,707	2,447	1,943	1,440	0,553	0,265
7	3,499	2,365	1,895	1,415	0,549	0,263
8	3,355	2,306	1,860	1,397	0,546	0,262
9	3,250	2,262	1,833	1,383	0,543	0,261
10	3,169	2,228	1,812	1,372	0,542	0,260
11	3,106	2,201	1,796	1,363	0,540	0,260
12	3,055	2,179	1,782	1,356	0,539	0,259
13	3,012	2,160	1,771	1,350	0,538	0,259
14	2,977	2,145	1,761	1,345	0,537	0,258
15	2,947	2,131	1,753	1,341	0,536	0,258
16	2,921	2,120	1,746	1,337	0,535	0,258
17	2,898	2,110	1,740	1,333	0,534	0,257
18	2,878	2,101	1,734	1,330	0,534	0,257
19	2,861	2,093	1,729	1,328	0,533	0,257
20	2,845	2,086	1,725	1,325	0,533	0,257
21	2,831	2,080	1,721	1,323	0,532	0,257
22	2,819	2,074	1,717	1,321	0,532	0,256
23	2,807	2,069	1,714	1,319	0,532	0,256
24	2,797	2,064	1,711	1,318	0,531	0,256
25	2,787	2,060	1,708	1,316	0,531	0,256
26	2,779	2,056	1,706	1,315	0,531	0,256
27	2,771	2,052	1,703	1,314	0,531	0,256
28	2,763	2,048	1,701	1,313	0,530	0,256
29	2,756	2,045	1,699	1,311	0,530	0,256
30	2,750	2,042	1,697	1,310	0,530	0,256
40	2,704	2,021	1,684	1,303	0,529	0,255
60	2,660	2,000	1,671	1,296	0,527	0,254
120	2,617	1,980	1,658	1,289	0,526	0,254
	2,576	1,960	1,645	1,282	0,524	0,253

Рисунок 7.8 – t-розподілення за Стьюдентом

ДИСПЕРСІЙНИЙ АНАЛІЗ						
$\sigma_1^2(y)$	$\sigma_0^2(y)$	$\sigma^2(y)$	$\sigma^2(b_0)$	$\sigma^2(b_1)$	$\sigma^2(b_{11})$	$\sigma_0^2(b_{11})$
0,248	1,234	0,398	0,022	0,010	0,017	0,009

$N' = 14$

РЕГРЕСИВНИЙ АНАЛІЗ									
b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}	b_{11}	b_{22}	b_{33}
17,840	-0,056	2,397	0,998	-0,174	-0,061	0,283	-0,128	-0,089	-0,031
t_0	t_1	t_2	t_3	t_{12}	t_{13}	t_{23}	t_{11}	t_{22}	t_{33}
120,2	-0,6	24,3	10,1	-1,4	-0,5	2,2	-1,3	-0,9	-0,3

$t_{\text{табл}} = 2,021$

Перевірка значимості коефіцієнтів регресії за критерієм Стьюдента

Кількість значимих коефіцієнтів d_1 : 4

Рисунок 7.9 – Таблиці дисперсійного та регресивного аналізу

Адекватність моделі визначають за двома критеріями.

1) Критерій Фішера:

$$F_{\text{розн}} = \frac{\sigma_{\text{LF}}^2(y)}{\sigma^2(y)}, \#(7.22)$$

де $\sigma_{\text{LF}}^2(y)$ – дисперсія неадекватності:

$$\sigma_{\text{LF}}^2(y) = \frac{m \cdot \sum_{u=1}^{N'} (y_{\text{сер.в}} - y_{\text{розн}})^2 + \sum_{u=N'+1}^N (y_{\text{розн.о}} - y_{\text{о.в}})^2}{N - d_1}, \#(7.23)$$

де d_1 – значення коефіцієнтів регресії після перевірки їх значимості за критерієм Стюдента; m – кількість паралельних дослідів; $y_{\text{розн}}$ – розрахункове значення оптимізації за рівнянням регресії.

Якщо $F_{\text{розн}} \leq F_{\text{табл}}$, то приймають Припущення про адекватність опису результатів вимірювань отриманим рівнянням регресії (математичною моделлю) приймається, якщо воно виконується. Якщо це припущення не виконується, розраховується коефіцієнт апроксимації. Табличне значення критерію Фішера визначається на основі ступенів вільності двох дисперсій k_1 і k_2 : $k_1 = N - d_1$, $k_2 = N(m-1)$.

$\frac{k_1}{k_2}$	1	2	3	4	5	6	8	12	24	∞
1	161,45	199,50	215,72	224,57	230,17	233,97	238,89	243,91	249,04	254,32
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,37	19,41	19,45	19,50
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,84	8,74	8,64	8,53
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,04	5,91	5,77	5,63
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,82	4,68	4,53	4,36
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,15	4,00	3,84	3,67
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,73	3,57	3,41	3,23
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,44	3,28	3,12	2,93
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,23	3,07	2,90	2,71
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,07	2,91	2,74	2,54
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	2,95	2,79	2,61	2,40
12	4,75	3,88	3,49	3,26	3,11	3,00	2,85	2,69	2,50	2,30
13	4,67	3,80	3,41	3,18	3,02	2,92	2,77	2,60	2,42	2,21
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,70	2,53	2,35	2,13
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,64	2,48	2,29	2,07
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,59	2,42	2,24	2,01
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,55	2,38	2,19	1,96
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,51	2,34	2,15	1,92
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,48	2,31	2,11	1,88
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,45	2,28	2,08	1,84
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,42	2,25	2,05	1,81
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,40	2,23	2,03	1,78
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,38	2,20	2,00	1,76
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,36	2,18	1,98	1,73
25	4,24	3,38	2,99	2,76	2,60	2,49	2,34	2,16	1,96	1,71
26	4,22	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,32	2,15	1,95	1,69
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,30	2,13	1,93	1,67
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,44	2,29	2,12	1,91	1,65
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,54	2,43	2,28	2,10	1,90	1,64
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,27	2,09	1,89	1,62
35	4,12	3,26	2,87	2,64	2,48	2,37	2,22	2,04	1,83	1,57
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,18	2,00	1,79	1,51
45	4,06	3,21	2,81	2,58	2,42	2,31	2,15	1,97	1,76	1,48
50	4,03	3,18	2,79	2,56	2,40	2,29	2,13	1,95	1,74	1,44

Рисунок 7.10 – Табличні значення критерію Фішера (0,95)

2) Коефіцієнт апроксимації:

$$k_{\text{асер}} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{u=1}^N \frac{|y_{\text{сер.в}} - y_{\text{розн}}|}{y_{\text{сер.в}}}, \#(7.24)$$

Отримане рівняння регресії (функція відгуку):

$$y = 17,840 - 0 \cdot x_1 + 2,4 \cdot x_2 + 1 \cdot x_3 - 0 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,28 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0 \cdot x_1^2 - 0 \cdot x_2^2 - 0 \cdot x_3^2 = 17,84$$

$b_0 = 17,840$, $b_1 = 0$, $b_2 = 2,4$, $b_3 = 1$, $b_{12} = 0$, $b_{13} = 0$, $b_{23} = 0,28$, $b_{11} = 0$, $b_{22} = 0$, $b_{33} = 0$

N	x ₁	x ₂	x ₃	Уропр
1	1	1	1	21,52
2	-1	1	1	16,16
3	1	-1	1	16,16
4	-1	-1	1	16,16
5	1	1	-1	18,96

N	x ₁	x ₂	x ₃	Уропр
6	-1	1	-1	18,96
7	1	-1	-1	14,73
8	-1	-1	-1	14,73
9	1,682	0	0	17,84
10	-1,682	0	0	17,84

N	x ₁	x ₂	x ₃	Уропр
11	0	1,682	0	21,87
12	0	-1,682	0	13,81
13	0	0	1,682	19,52
14	0	0	-1,682	16,16
15...20	0	0	0	17,84

Рисунок 7.11 – Розрахунок математичної моделі за рівнянням регресії

Перевірка ММ на адекватність за критерієм Фішера

$$F_{\text{розра}} = \frac{\sigma_{LF}^2(y)}{\sigma^2(y)} = \frac{0,3403}{0,3976} = 0,9 \leq F_{\text{табл}} = 2$$

$$\sigma_{LF}^2(y) = \frac{m \cdot \sum_{u=1}^{N'} (y_{\text{сер.в}} - y_{\text{розра}})^2 + \sum_{u=N'+1}^N (y_{\text{розра.о}} - y_{\text{о.в}})^2}{N - d_1} = 0,3403$$

Перевірка ММ на адекватність за коефіцієнтом апроксимації

$$k_{\text{асер}} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{u=1}^N \frac{|y_{\text{сер.в}} - y_{\text{розра}}|}{y_{\text{сер.в}}} = 0,0146$$

Середня похибка не перевищує 1,46 %

Рисунок 7.12 – Перевірка на адекватність за двома критеріями

Далі при аналізі будують графіки, що показують взаємозв'язок між шорсткістю поверхні та режимами різання. Спочатку розробляються графіки, які демонструють залежність Ra від першого фактора (частоти обертання) при різних комбінаціях величини подачі та глибини різання (рис. 7.13). Аналогічно створюються графіки, що показують залежність шорсткості від подачі та глибини різання (рис. 7.14 та 7.15).

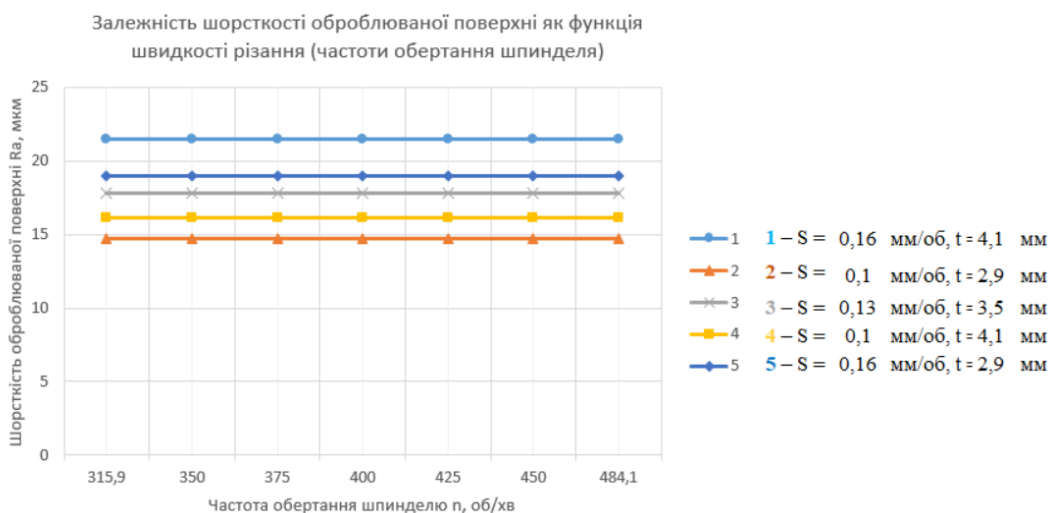


Рисунок 7.13 – Залежність шорсткості оброблюваної поверхні від швидкості різання

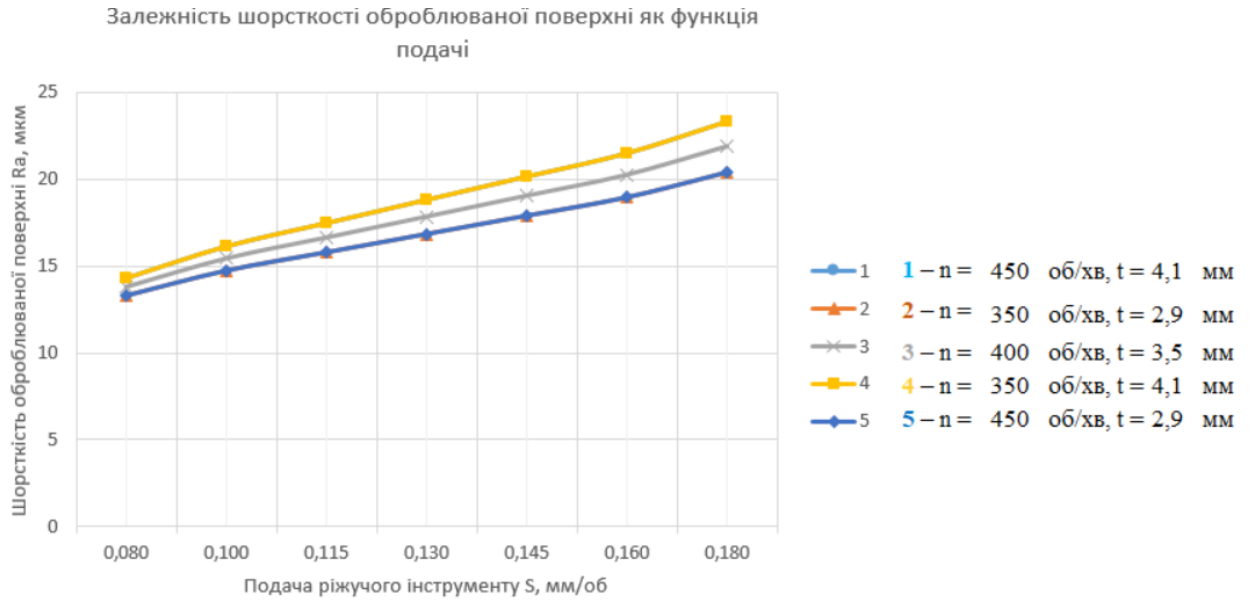


Рисунок 7.14 – Залежність шорсткості оброблюваної поверхні від подачі

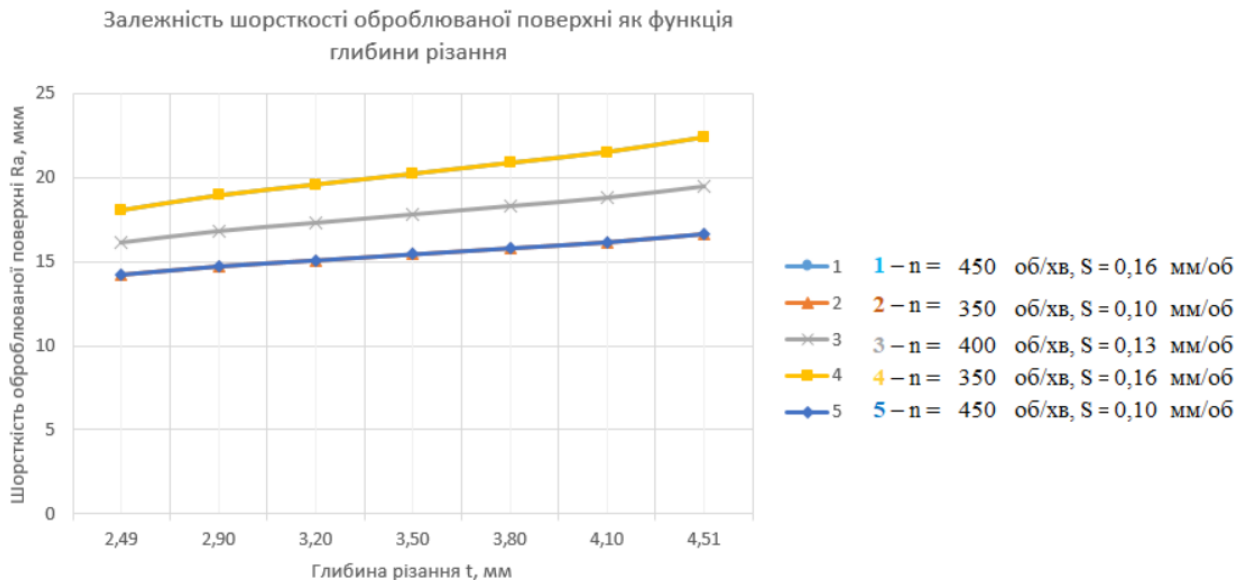


Рисунок 7.15 – Залежність шорсткості оброблюваної поверхні від глибини різання

У трифакторному експерименті поверхня відгуку ідеально повинна бути представлена в чотиривимірному просторі, що є практично неможливим для візуалізації. Однак можна призначити одному з факторів фіксоване значення, що дозволить уявити зміну форми поверхні відгуку в тривимірному просторі, залежно від рівня зафіксованого фактора.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

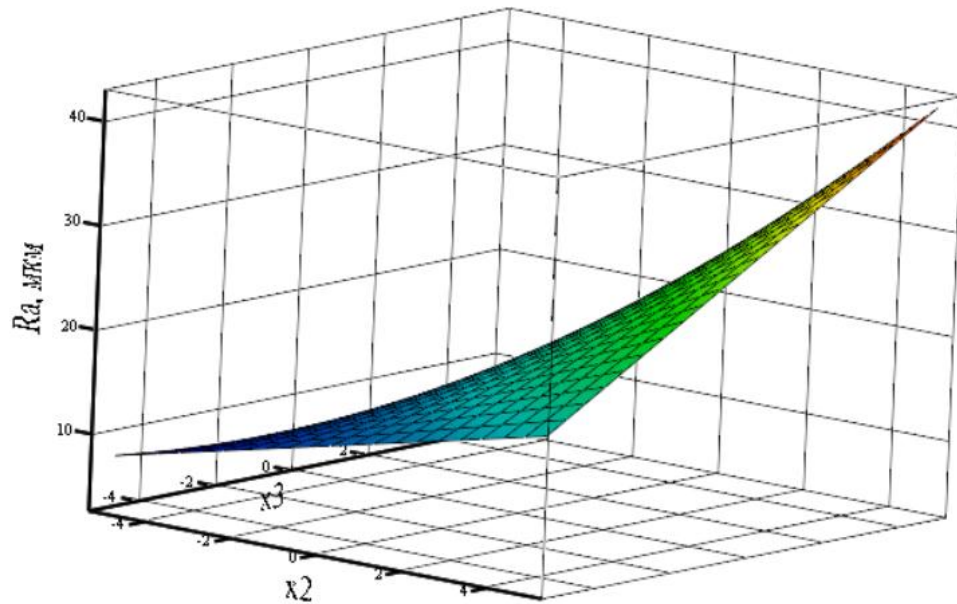


Рисунок 7.16 – Поверхня відгуку шорсткості оброблюваної поверхні від режимів різання в кодованій формі

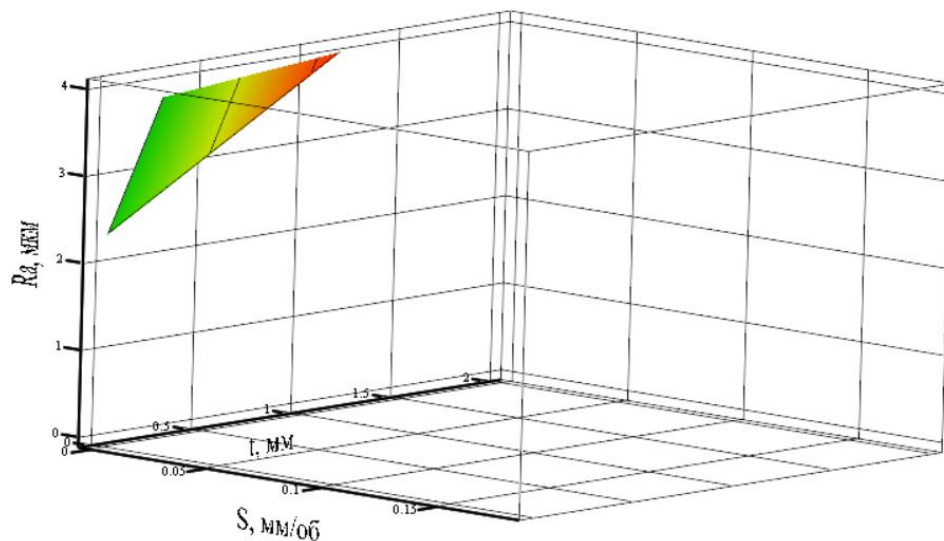


Рисунок 7.17 – Поверхня відгуку шорсткості оброблюваної поверхні від режимів різання в натуральній формі

У результаті проведеного дослідження оброблюваності марганцевих сталей було визначено вплив основних параметрів різання на якість поверхні. Зокрема, встановлено залежність шорсткості поверхні від швидкості різання, подачі та глибини різання, що дозволило оптимізувати параметри технологічного процесу. Отримані результати стали основою для розробки практичних рекомендацій щодо вибору режимів різання, які забезпечують баланс між високою продуктивністю та необхідною якістю поверхні. Запропонована методика є ефективним інструментом для оптимізації процесів обробки деталей із марганцевої сталі, сприяючи підвищенню точності та зносостійкості виробів у промислових умовах.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВИСНОВОК

У результаті проведеного дослідження щодо підвищення продуктивності процесу конструкторсько-технологічної підготовки виробництва корпусу мастильного насоса Р59 з використанням САПР технологій були сформульовані важливі висновки та практичні рекомендації.

Впровадження сучасних САПР технологій значно підвищує ефективність і точність розробки конструкцій та технологічних процесів. Це дозволяє скоротити час на створення проектної документації, зменшити ймовірність помилок при проектуванні та знизити витрати на виправлення дефектів у процесі виробництва. Автоматизовані системи проектування забезпечують високу точність і дозволяють швидше адаптувати проекти до змін вимог чи умов виробництва.

Автоматизація моделювання та оптимізації технологічних процесів дає змогу значно зменшити час на налаштування та запуск виробництва, а також знизити витрати на матеріали та енергоресурси. САПР технології дозволяють моделювати різні варіанти технологічних процесів, що дає змогу обрати найефективніші рішення для виробництва корпусів мастильних насосів Р59.

Використання сучасних програмних засобів для автоматизації розрахунків та проектування не лише знижує витрати часу та ресурсів, але й підвищує конкурентоспроможність підприємства на ринку. Підвищена точність виготовлення, зменшення дефектів та покращення якості продукції сприяють зростанню довіри споживачів і зміцненню позицій компанії на ринку.

Впровадження САПР технологій у процесі конструкторсько-технологічної підготовки виробництва дозволяє підприємствам досягти значних результатів у підвищенні продуктивності, зниженні витрат і забезпеченні високої якості продукції. Для подальшого вдосконалення цього процесу необхідно продовжувати дослідження у сфері автоматизації виробництва, адаптації нових технологій та підвищення кваліфікації персоналу.

Використання САПР технологій є необхідним інструментом для оптимізації процесу конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, що надає значні переваги в умовах сучасного висококонкурентного ринку.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.В</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Фоменко</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		<i>Цивінда</i>				1	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечасів</i>			<i>Кафедра ТМ</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>гр. ПМ-23м</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Маркович, С. І., & Бевз, О. В. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння: навчальний посібник. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. - 334 с.
2. Долинський, М.І. Допуски та посадки: навчальний посібник. Київ: Освіта України, 2010. - 500 с.
3. Долинський, М.І. Допуски та посадки: навчальний посібник. Київ: Освіта України, 2012. - 480 с.
4. Бондаренко, С.Г. та ін. Розмірний аналіз конструкцій: Довідник. – Київ: Техніка, 1989. – 150 с.
5. Бондар В. І., Мозговий І. В. Основи технології машинобудування: навчальний посібник. — Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. — 320 с.
6. Методичні вказівки до виконання практичних робіт по курсу „Технологія обробки типових деталей” „Вибір типу виробництва та методу обробки”/ Цивінда Н.І. Кафедра ТМ, Кривий Ріг КТУ, 2003.
7. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення – Київ: Держспоживстандарт України, 2020
8. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ ,1996.
9. <https://www.doosanmachinetools.com>
10. <https://virtual.mazakusa.com/product-selector>
11. Каталог SECO. Каталог і технічний посібник “Токарна обробка” 2020 рік.
12. Каталог SECO. Каталог і технічний посібник “Фрезерування” 2020 рік.
13. Каталог SECO. Каталог і технічний посібник “Цільні кінцеві фрези” 2020 рік.
14. Каталог SECO. Каталог і технічний посібник “Обробка отворів” 2015 рік.
15. Каталог SECO. Каталог і технічний посібник “Обробка отворів” 2020 рік.
16. Каталог SECO. Каталог і технічний посібник “Допоміжний інструмент” 2020 рік.

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.СВД</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Фоменко</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		<i>Цивінда</i>				1	2
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечасєв</i>			<i>Кафедра ТМ</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>гр. ПМ-23М</i>		
<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i>							

17. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 600 с.
18. Приходько В. П., Литвин О. В. Проектування оснащення верстатів, роботів і машин: навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізацією «Комп'ютерне проектування верстатів, роботів і машин». – Київ: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 211 с.
19. Фоменко В.О., Пікільняк А.В. Оптимізація впливу режимів різання на шорсткість оброблюваної поверхні деталей із марганцевої сталі

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.СВД</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Додатки

					<i>КНУ.КМР.131.24.1-15.Д</i>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>ДОДАТКИ</i>					
<i>Разраб.</i>	<i>Фоменко</i>							<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>	<i>Цивінда</i>								1	2
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечасєв</i>							<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-23м</i>		
<i>Уте.</i>	<i>Рязанцев</i>									

Додаток А – Специфікація на мастильний насос (складальне креслення),
сторінка 1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.				<u>Документация</u>			
			КНУ.КМР.131.24.1-15.МНСК	Мастильний насос (складальне креслення)			
	Справ. №				<u>Сборочные единицы</u>		
			1		Крильчатка	1	
					<u>Детали</u>		
			2		Шайба стопорна	1	
			3		Обтічник	1	
			4		Корпус	1	
			5		Втулка	1	
			6		Кришка	1	
			7		Вал	1	
			8		Втулка	1	
			9		Шестерня	1	
			10		Втулка	1	
			11		Шайба стопорна	1	
		12		Гайка	1		
	13		Кільце ущільнююче	1			
	14		Ущільнення	1			
	15		Кільце	1			
Взам. инв. №							
Инв. № подл.							
Изм. Лист							
Разраб.							
Проб.							
Н.контр.							
Утв.							
				КНУ.КМР.131.24.1-15.МНСК			
				Мастильний насос			
				Лит.	Лист	Листов	
				н	1	2	
				Кафедра ТМ гр. ПМ-23М			
				Формат А4			

Додаток В – Специфікація на спеціальне пристосування (складальне креслення), сторінка 1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.				<u>Документация</u>			
			КНУ.КМР.131.24.1-15.СПСК	Спеціальне пристосування (складальне креслення)			
	Справ. №		1		<u>Сборочные единицы</u>		
					Стіл поворотний ділильний	1	
					<u>Детали</u>		
			3		Палета	1	
			4		Оправка	1	
			5		Прихват	2	
			6		Пружина	2	
			7		П'ята	2	
			8		Шпонка	2	
			9		Зрізаний палець	1	
					<u>Стандартные изделия</u>		
		10		Шайба 18 ДСТУ ГОСТ 6402-70	2		
	11		Гайка М18 ДСТУ ГОСТ 5915:2008	4			
	12		Болт М18×240 ДСТУ ГОСТ 13152-67	2			
	13		Гайка М18 ДСТУ ГОСТ 8918-69	2			
Подп. и дата	КНУ.КМР.131.24.1-15.СПСК						
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.	Разраб.	Фоменко					
	Пров.	Цивинда					
	Н.контр.	Нечаев					
	Утв.	Рязанцев					
Спеціальне пристосування				Лист	Лист	Листов	
					1	2	
				Кафедра ТМ гр. ПМ-23М			
				Формат А4			

Додаток Д – Специфікація на контрольне пристосування (складальне креслення), сторінка 1

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
Справ. №		1	КНУ.КМР.131.24.1-15.КПСК	Контрольне пристосування (складальне креслення)	2					
							<u>Документация</u>			
							<u>Сборочные единицы</u>			
							Электронный индикатор TESA DIGICO 10			
							<u>Детали</u>			
							Плита			
							Втулка			
							Гвинт			
							Плунжер			
							Оправка			
							Гвинт			
							Втулка			
							Траверса			
							Гвинт			
							Вставка			
Втулка										
Скоба										
Пружина										
Вахиль										
КНУ.КМР.131.24.1-15.КПСК										
Изм. лист		№ док.м.		Подп.		Дата				
Разраб. Цибінда		Фоменко								
Пров. Цибінда										
Н.контр. Чтв.		Нечаєв								
Утв. Рязанцев										
Контрольне пристосування			Лит.	Лист	Листов					
				1	2					
Кафедра ТМ гр. ПМ-23м										
			Формат А4							

Додаток Е – Специфікація на контрольне пристосування (складальне креслення), сторінка 2

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	КНУ.КМР.131.24.1-15.КПСК							
												Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист		
							16		Оправка	1									
									<u>Стандартные изделия</u>										
							6		Гвинт М5×14 ДСТУ ГОСТ 1491:2008	4									
							18		Гвинт М4×6 ДСТУ ГОСТ 1491:2008	1									
							19		Гвинт М4×9 ДСТУ ГОСТ 1491:2008	1									
							20		Штифт 3×20 ДСТУ ГОСТ 3128-70	1									
							21		Гвинт М4×5 ДСТУ ГОСТ 17475:2008	4									
							22		Гвинт М10×12 ДСТУ ГОСТ Р50384-92	1									
							23		Гвинт М10×10 ДСТУ ГОСТ Р50384-92	1									

Копировал

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: Підвищення продуктивності процесу конструкторсько-технологічної підготовки виробництва корпусу мастильних насосів типу Р59 з використанням САПР технологій.

Виконав магістрант гр. ПМ-23м

(підпис)

Фоменко В.О.

Керівник КМР

(підпис)

Цивінда Н.І.

Нормоконтроль

(підпис)

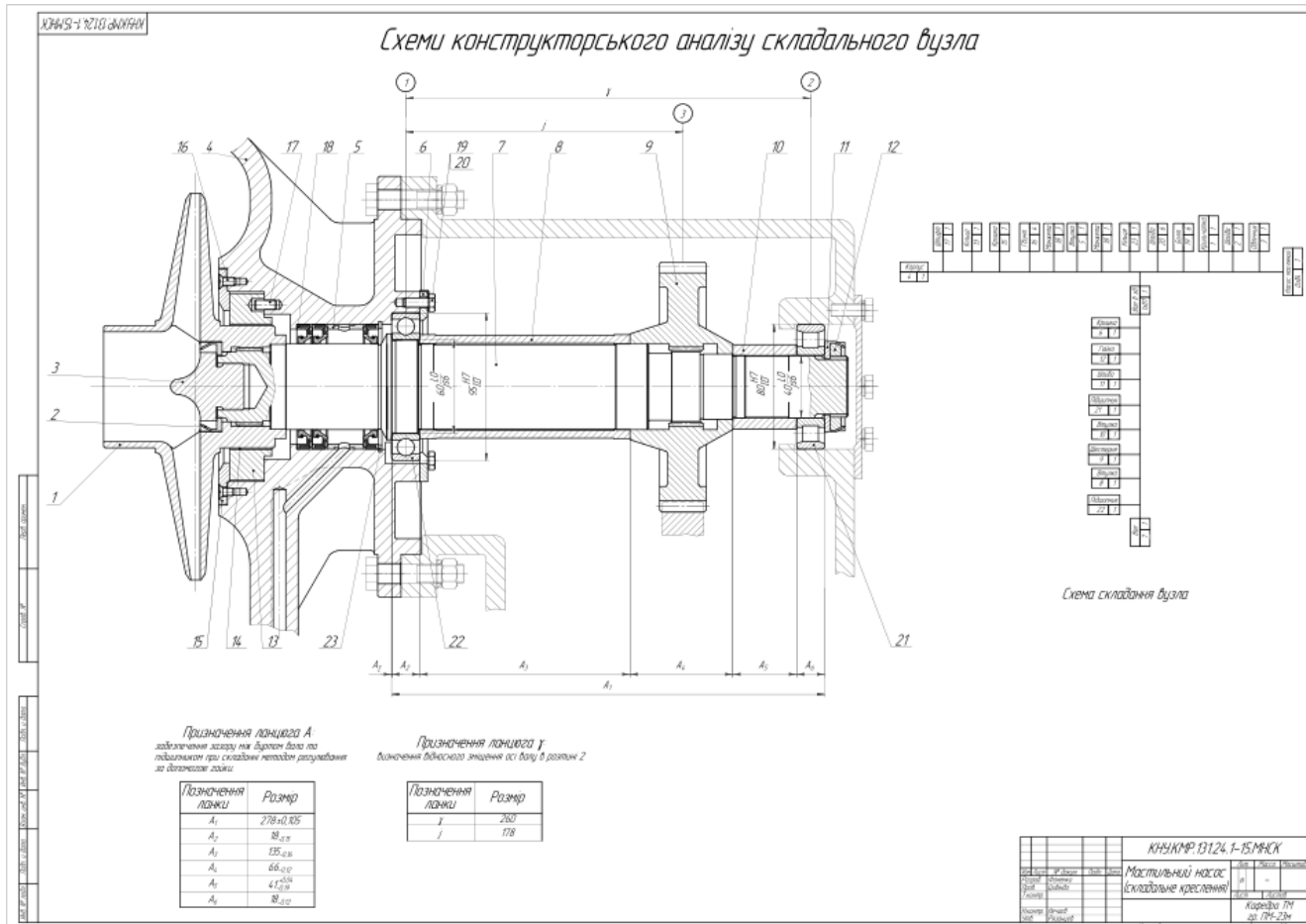
Нечаєв В.П.

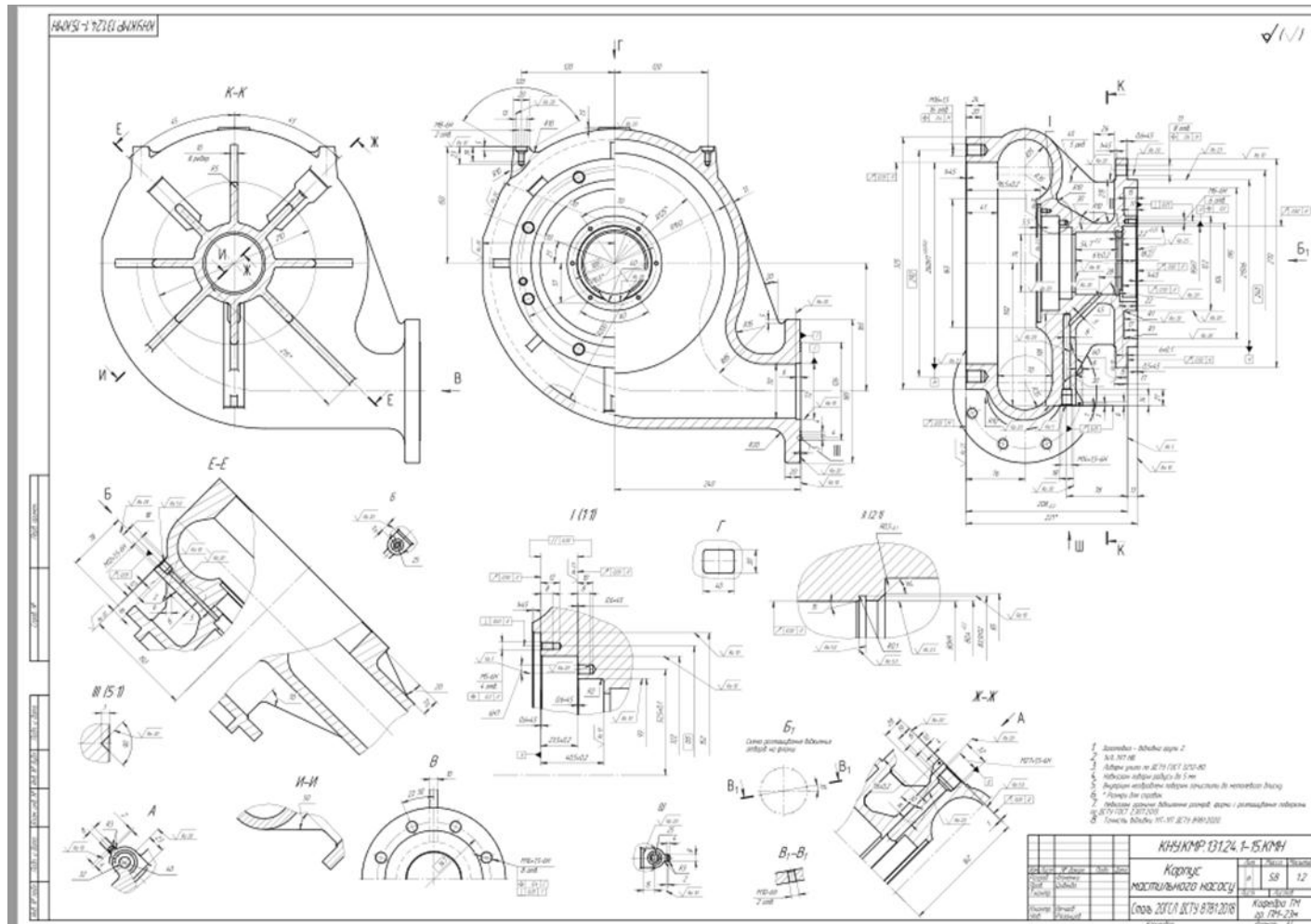
Завідувач кафедри

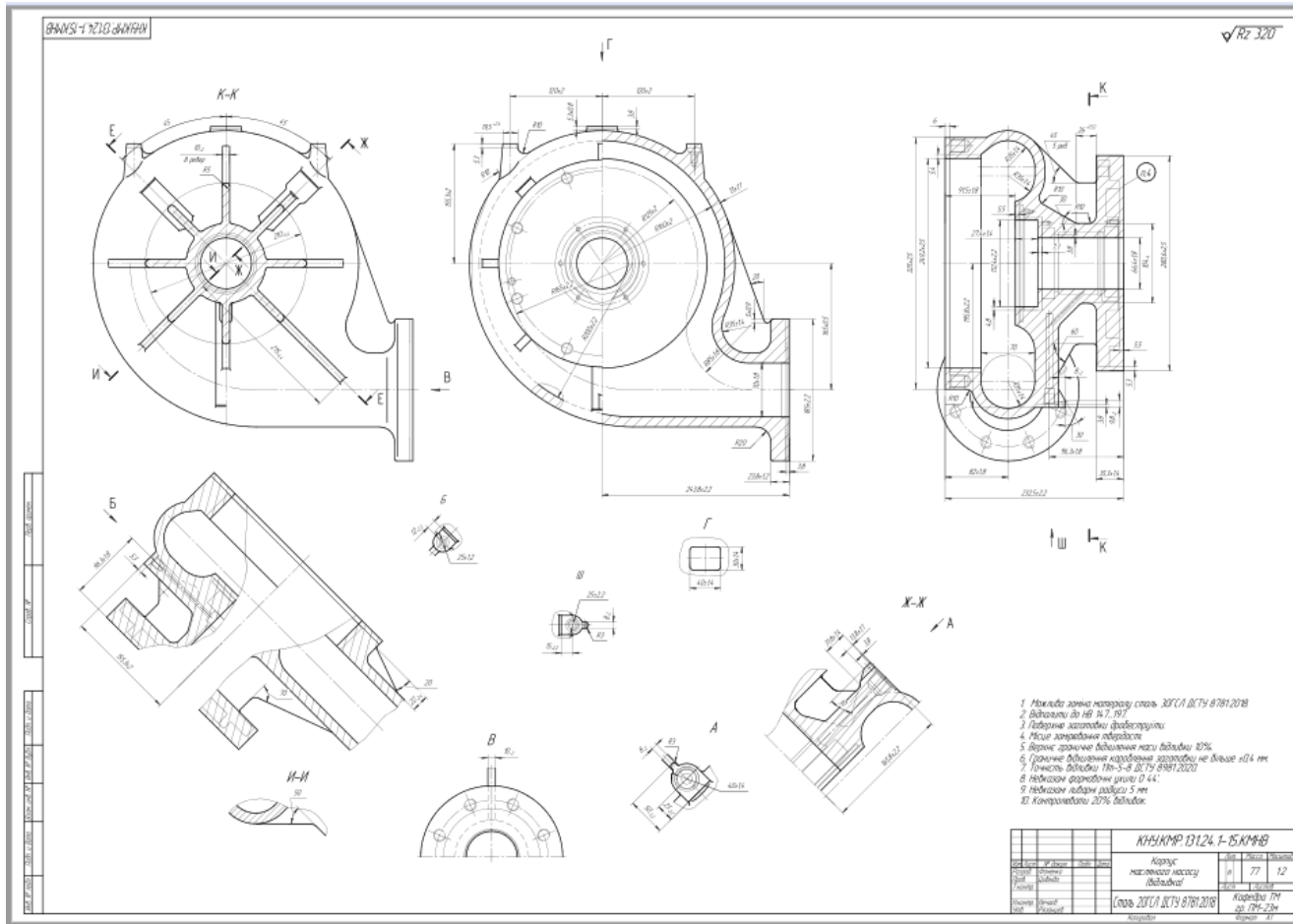
(підпис)

Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2024 р.







035-1 1210 ОКР/НМ

Технологічний процес виготовлення деталі "Корпус масляного насосу"

025 - Токарно-фрезерний обрабатувальний центр з ЧПК (систем РММ 2100)
Металеві Б

Категорія операції	200	20	5	0,50	200	20	10
Витрати операції	0 м	1 м	1 м	1 м	0,5 м	0,5 м	0,5 м

020 - Токарно-фрезерний верстат Мазак INTEGREX i-200 ST

Категорія операції	200	41	2,0	0,17	200	10	1,12
Витрати операції	0 м	0,5 м	2 м	0,17 м	200 м	20 м	0,5 м
Витрати операції	0 м	1 м	1 м	1 м	0,5 м	0,5 м	0,5 м

025 - Токарно-фрезерний верстат Мазак INTEGREX i-200 ST

Категорія операції	200	5	2,5	0,50	200	10	0,50
Витрати операції	0 м	0,5 м	1 м	0,5 м	200 м	20 м	0,5 м
Витрати операції	0 м	1 м	1 м	1 м	0,5 м	0,5 м	0,5 м

020 - Струминно-фрезерний верстат (Фрезерно-фрезерно-розточний верстат) OKAZ-4M DM 5700

Категорія операції	41	400	1	200	50,5	400	1,12
Витрати операції	0 м	0,5 м	1 м	0,5 м	200 м	20 м	0,5 м
Витрати операції	0 м	1 м	1 м	1 м	0,5 м	0,5 м	0,5 м

025 - Розточно-свердловий верстатний верстат Мазак VTC-2002
Металеві Б

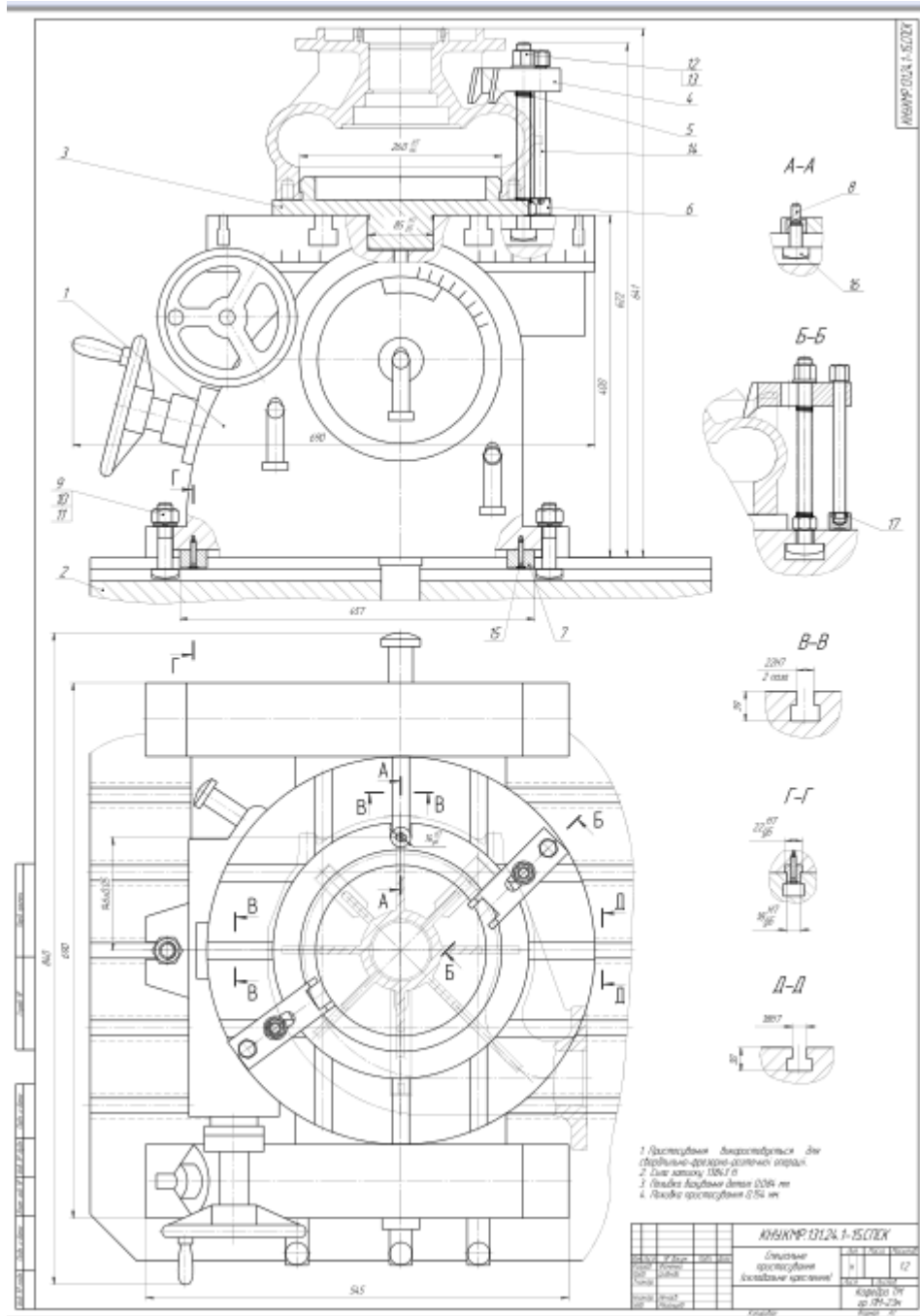
Категорія операції	11	0	1,25	0,17	0,50	0,50	0,50
Витрати операції	1 м	0,5 м	0,5 м	0,5 м	0,5 м	0,5 м	0,5 м
Витрати операції	0 м	1 м	1 м	1 м	0,5 м	0,5 м	0,5 м

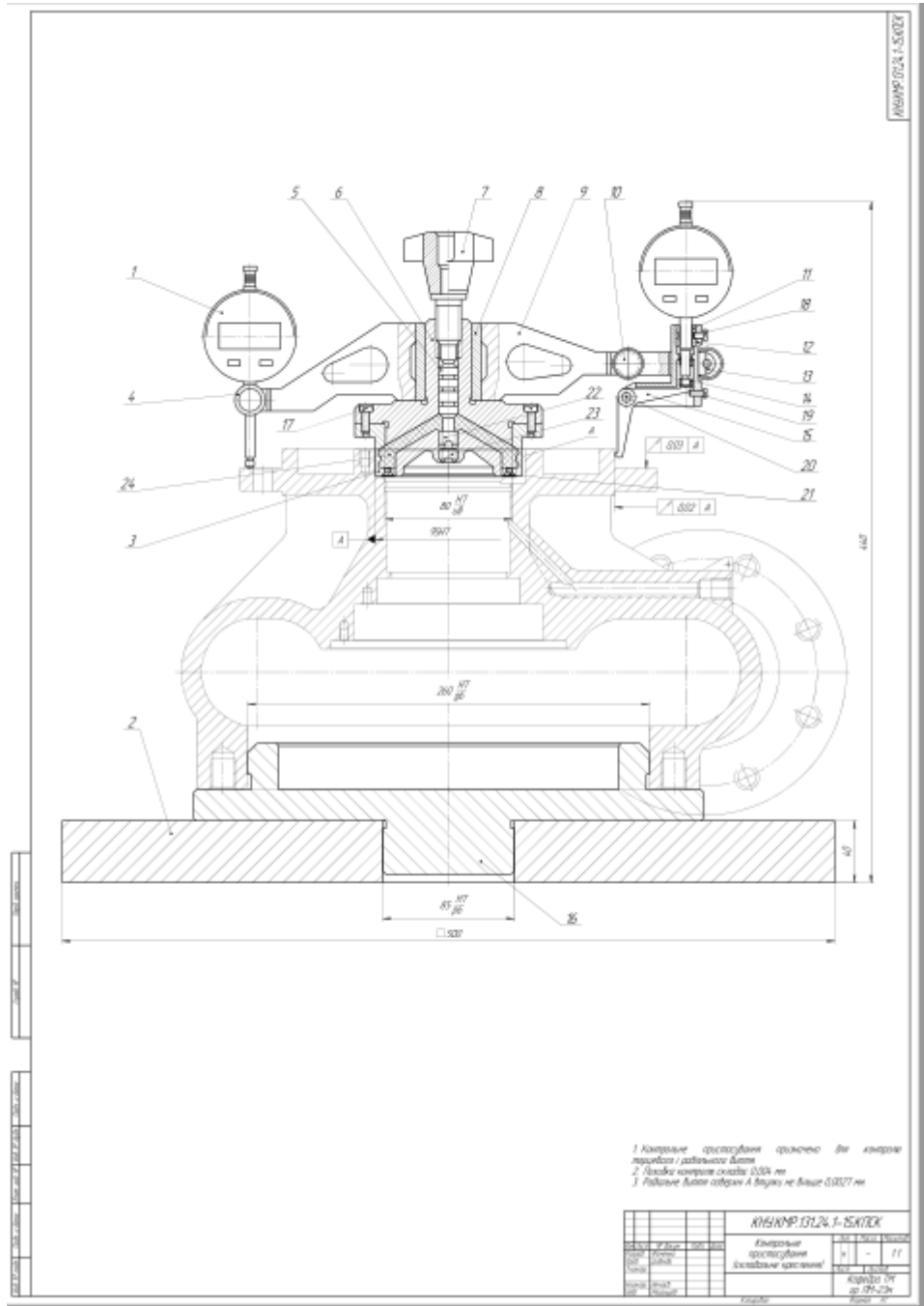
КНХ/КМР 03124-1-15-00

Ескизи операцій

№	Назва операції	№	Назва операції
1		2	
3		4	

Корданів ТМ до ГМ-23м





- 1 Контроль расстояния от центра прибора / диаметра вала
- 2 Подложка контрол. сигнала 0,024 мм
- 3 Радиусная линия от центра А вправо не более 0,027 мм

КШМР 0324 Т-СКРК			
№	Имя	Фамилия	Подпись
1	Контроль	расстояния	и диаметра вала
2	Подложка	контрол. сигнала	0,024 мм
3	Радиусная	линия от центра А	вправо не более 0,027 мм
4	Корпус	инст.	0324 Т-СКРК
5	Корпус	инст.	0324 Т-СКРК