

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Прискорення конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» з використанням САД/САЕ систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

\_\_\_\_\_

(підпис)

Крутько Я.А.

Керівник КБР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Кравцова Д.Ю.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Нечаєв В.П.

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

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Прискорення конструкторсько-технологічної підготовки  
виготовлення деталі «Вал» з використанням САД/САЕ систем

Виконав: здобувач  
групи ПМ-20  
Крутько Я.А.  
Керівник випускної роботи:  
к.фіз.-мат.н., доцент  
Кравцова Д.Ю.

Кривий Ріг  
2024 р.

Криворізький національний університет  
Факультет: механічної інженерії та транспорту  
Кафедра: технології машинобудування  
Ступінь вищої освіти: бакалавр  
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Затверджую  
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Нечаєв В.П.

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(дата)

## ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувач гр. ПМ-20 Крутько Ярослав Анатолійович

**1. Тема:** Прискорення конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Вал» з використанням CAD/CAE систем

Керівник проекту: доц., к.фіз.-мат.н. Кравцова Д.Ю.

Затверджена наказом по КНУ № 253с від «08» квітня 2024 р.

**2. Термін подання здобувачем закінченої роботи** 10 червня 2024 р.

**3. Вихідні дані до роботи:** 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Маточина». 3. Річна програма випуску деталей

**4. Зміст пояснювальної записки:** 1. Характеристика і службове призначення вузла і деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Проектування та інженерний аналіз деталі. 4. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

**5. Перелік графічного матеріалу:** 1. Складальне креслення зварювального генератора ГД-4014. 2. Вал. 3. Технологічний процес. 4. Результати обчислення вала у SW Simulation.

**6. Календарний план:**

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	08.04.2024
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	12.04.2024
3.	Призначення об'єкту виробництва	15.04.2024
4.	Аналіз технологічності деталі.	19.04.2024
5.	Креслення деталі (А2-А4).	30.04.2024
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	07.05.2024

7.	Вибір верстатів та інструментів.	10.05.2024
8.	Розробка технологічного процесу обробки деталі.	15.05.2024
9.	Розробка конструкції та інженерний розрахунок вала (А2)	20.05.2024
10.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	30.05.2024
11.	Висновки	01.06.2024
12.	Оформлення РПЗ	07.06.2024
13.	Попередній захист	10.06.2024

Дата видачі завдання: «08» квітня 2024 р.

Завдання видав керівник КБР \_\_\_\_\_ / Кравцова Д.Ю./

Завдання отримав  
здобувач освіти \_\_\_\_\_ / Крутько Я.А./

## ЗМІСТ

ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ КБР .....	3
РЕФЕРАТ .....	4
ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	7
1.1 Характеристика і службове призначення вузла і деталей.....	7
1.2 Вибір обладнання і тип виробництва.....	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	27
2.1 Механічні та хімічні властивості матеріалу .....	27
2.2 Типовий технологічний процес виготовлення валу .....	30
2.3 Аналіз якості поверхонь .....	32
2.4 Вибір заготовки і технології її виготовлення .....	34
2.5 Планування маршрутів обробки.....	35
2.6 Розробка маршрутів виготовлення деталі Вал.....	36
2.7 Пропозиції щодо удосконалення виробництва .....	39
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	41
3.1 Проектування і обчислення механічних властивостей вала у SolidWorks Simulation .....	41
3.2 Інтерпретація результатів обчислення вала у SolidWorks Simulation і пропозиції щодо удосконалення його конструкції.....	43
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА .....	46
4.1 Охорона праці та екологія виробництва .....	46
4.1.1 Заходи пожежної безпеки.....	46
4.1.2 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які виникають в процесі виготовлення деталей .....	48
4.2 Техніко-економічний розрахунок вартості обладнання.....	49
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
ДОДАТОК А.....	57

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.3</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Крутько</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Зміст</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечаєв</i>				<i>Кафедра ТМ зр. ПМ-20</i>		

## ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ КБР

№	Формат	Позначення	Найменування	К-сть лістів	Прим.
			<u>Документація</u>		
1	A4	КНУ.КБР.131.24.1-09.ПЗ	Пояснювальна записка	55	
			<u>Графічні матеріали</u>		
2	A1	КНУ.КБР.131.24.1-09.СК	Складальне креслення зварювального генератора ГД-4014	1	
3	A2	КНУ.КБР.131.24.1-09.В	Вал	1	
4	A3	КНУ.КБР.131.24.1-09.ТП	Технологічний процес	2	
5	A2	КНУ.КБР.131.24.1-09.РО	Результати обчислення вала у SW Simulation	1	

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.ВМКБР</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Крутько</i>				<i>Відомість матеріалів КБР</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</i>			
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>							

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної бакалаврської роботи містить: 55 стор., 25 рисунків, 13 таблиць, 4 листа графічної частини.

Мета роботи удосконалити базові технологічні процеси з допомогою заміни універсальних старих верстатів на актуальні нові верстати з ЧПК, проаналізувати конструкцію деталі Вал на стійкість до навантаження і таким чином дати оцінку надійності.

У першому розділі показано деталь, вибір матеріалу деталі, призначення деталі, вузол деталі та його технічні характеристики.

У другому розділі продемонстровано базовий технологічний процес і розроблено технологічний процес деталі на верстатах з ЧПК, описано рекомендації для підвищення ефективності виробництва іншими способами.

У третьому розділі проведено обчислення із застосуванням САЕ-системи SolidWorks Simulation, а саме статичне дослідження деталі Вал. Проаналізовано результати калькуляцій і отримані епюри, дано рекомендації для подальшого удосконалення вала.

У четвертому розділі описано основні найважливіші фактори, що впливають на життя і здоров'я робітника виробництва, зазначено безпекові правила, розраховано вартість обладнання..

**ВАЛ, ВАЛ ГЕНЕРАТОРА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ, РОЗРАХУНКИ У САЕ-СИСТЕМІ.**

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.P</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Крутько</i>							
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Нечаєв</i>					<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</i>		

5  
ABSTRACT

The explanatory note to the qualifying bachelor thesis contains: 55 pages, 25 figures, 13 tables, 4 sheets of the graphic part.

The purpose of the work is to improve basic technological processes by replacing universal old machines with up-to-date new CNC machines, to analyze the structure of the shaft part for load resistance and thus give an assessment of reliability.

The first section shows the part, the choice of part material, the purpose of the part, the part assembly and its technical characteristics.

In the second chapter, the basic technological process is demonstrated and the technological process of parts on CNC machines is developed, recommendations for increasing production efficiency in other ways are described.

In the third section, calculations were carried out using the SolidWorks Simulation CAE system, namely, a static study of the Shaft part. The results of the calculations were analyzed and the graphs were obtained, recommendations were given for further improvement of the shaft.

The fourth chapter describes the most important factors affecting the life and health of a production worker, specifies safety rules, and calculates the cost of equipment.

SHAFT, GENERATOR SHAFT, TECHNOLOGICAL MANUFACTURING PROCESS, CALCULATIONS IN CAE-SYSTEM..

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.Р</i>	<i>Арқуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арқуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



## ВСТУП

Машинобудування – важлива галузь, одна із тих, яка визначає рівень розвитку промисловості та суспільства.

Технологія машинобудування – наука про виготовлення деталей машин та механізмів, заданої якості з найбільшою вигодою. Існування машинобудування як науки дозволяє створити широку мережу проектних інститутів і організацій, які займаються проектуванням нових і реконструкцією діючих машинобудівних підприємств.

Ефективність виробництва, його технічний прогрес і якість продукції головним чином залежать від передового розвитку нового обладнання, машин, верстатів та апаратів, а також впровадження засобів техніко-економічного аналізу. У сучасний час технологічне проектування – це система, що включає в себе різноманітні засоби та методи, які дозволяють створювати високоякісну технічну документацію на основі широкого застосування стандартних технологічних рішень. Впровадження нової технологічної документації на підприємствах машинобудівної галузі і встановлення єдиної системи технологічної підготовки створюють можливості для розробки та запровадження автоматизованих систем управління виробничими процесами в цілому.

Системи САПР такі як CAD- і CAE-системи значно пришвидшують конструкторсько-технологічне підготвлення виробництва, тому їх використання у КБР є доцільним і обов'язковим. Сучасні CAD- і CAE-системи широко застосовуються у машинобудуванні і їх використання сьогодні є невід'ємною складовою розробки технологічних процесів та/або конструкторської документації.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.В</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Крутько</i>				<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Нечаєв</i>							
						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</i>		

# 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

## 1.1 Характеристика і службове призначення вузла і деталей

Конструктивно генератор являє собою двопакетну трифазну індукційну електричну машину підвищеної частоти з блоком випрямлячів і розподільним пристроєм. Генератор однокорпусний, захищеного типу, з самовентиляцією.

Загальний вид генератора наведено на рисунку 1.1.

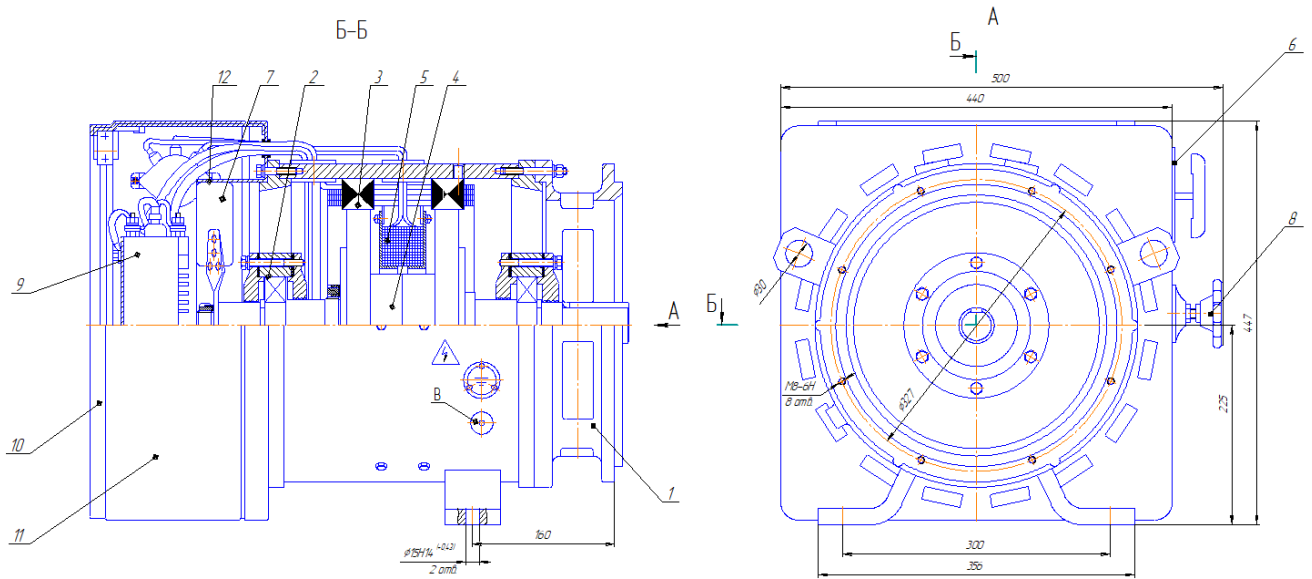


Рисунок 1.1 - Зварювальний генератор ГД-4014

Основні параметри та розміри зварювального генератора ГД-4014:

Номінальний зварювальний струм, А.....	400
Номінальне робоче напруження, В.....	36
Межі плавного регулювання зварювального струму, А:	
- малі межі.....	60-170
- великі межі.....	160-430
Найбільший зварювальний струм, не менше, А:	
- при ПН=100% .....	300

<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>				
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата
Разроб.		Крутько		
Перевір.		Кравцова		
Н. Контр.		Рязанцев		
Затверд.		Нечаєв		
Загальна частина			Лит.	Арк.
			Кафедра ТМ гр. ПМ-20	

- при ПН=35% .....	430
Напруження холостого ходу, не більше, В.....	100
Номинальна тривалість циклу зварювання, хв.....	5
Номинальна відносна тривалість навантаження, ПН%.....	60
Потужність приводного двигуна , не менше, кВт(л.с.).....	22/30/
Номинальна частота обертання, с.....	30(1800)
Коефіцієнт корисної дії в номінальному режимі, %.....	74
Вага, не більше, кг/кВт.....	240
Питома вага, не більше, кг/кВт.....	10,91
Габаритні розміри, не більше, мм:	
- довжина.....	620
- ширина.....	510
- висота.....	450

Генератор складається із фланця 1, статора 3, ротора 4, котушки збудження 5, розподільного пристрою 6, крильчатки вентилятора 7, блоку випрямлячів 9.

Ротор являє собою два зубчастих пакети з електротехнічної сталі, розташованих на загальному валу. Зубці (полюса) одного пакета зрушені на  $\pi$  електричних градусів відносно зубців (полюсів) другого пакета.

Ротор на двох підшипниках 309 встановлено в підшипникових щитах 2 (рисунок 1.1). Підшипникові щити за посадкою центруються в станині генератора і закріплені в ній по фланцям гвинтами.

На валу ротора з боку блоку випрямлячів закріплена крильчатка вентилятора 7. Ротор повинен обертатися тільки в напрямленні, зазначеному на кришці 10 генератора (проти годинникової стрілки, якщо дивитися з боку розподільного пристрою) з тим, щоб забір охолоджуючого повітря проходив через блок випрямлячів.

Статор складається з циліндричної станини, всередині якої закріплені два сердечника з трифазною силовою обмоткою.

Схема з'єднання силової обмотки та її технічна характеристика наведені на рисунку 1.2.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

До станини статора на 6 скобах жорстко закріплена котушка збудження. Вона нерухома під час роботи і розміщується між пакетами ротора. Котушка збудження і її технічні дані наведені на рисунку 1.3.

Блок випрямлячів зварювального генератора являє собою напівпровідниковий випрямний блок на шести діодах VD5-VD10 типу Д161-250, зібраний по трифазній мостовій схемі. Між блоком випрямлячів і корпусів індукторної машини встановлено осьовий вентилятор, який простягає повітря через блок випрямлячів і подає його всередину зварювального генератора.

Розподільчий пристрій 6 зібрано в тому ж корпусі, що і блок випрямлячів 9. Там розташовані трансформатор струму ТА, малопотужні діоди VD1 - VD4, елемент опору R1, перемикач SA, затискачі для підключення зварювальних проводів, розетка для підключення реостата XS1, розетка для підключення зовнішнього збудження XS2, тобто вузли, які забезпечують самозбудження і нормальну роботу зварювального генератора.

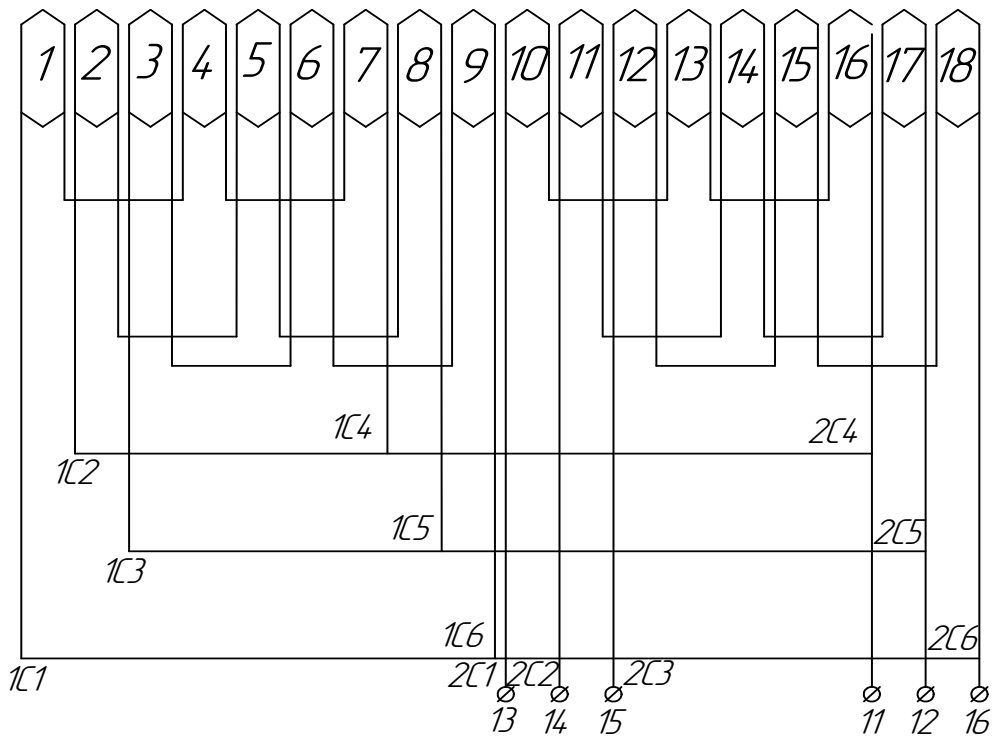


Рисунок 1.2 - Схема з'єднання обмотки генератора

Число котушкових груп в обмотці.....6

Число котушок в котушечній.....3

					КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Число витків в одній котушці.....	10
Число паралельних проводів.....	5
Опір котушечної групи при 20°C, Ом.....	0,034
Маса дроту ПЕТД - 180 1,6 ТУ 16-705.254-82 на одну котушкових груп, кг.....	1,76

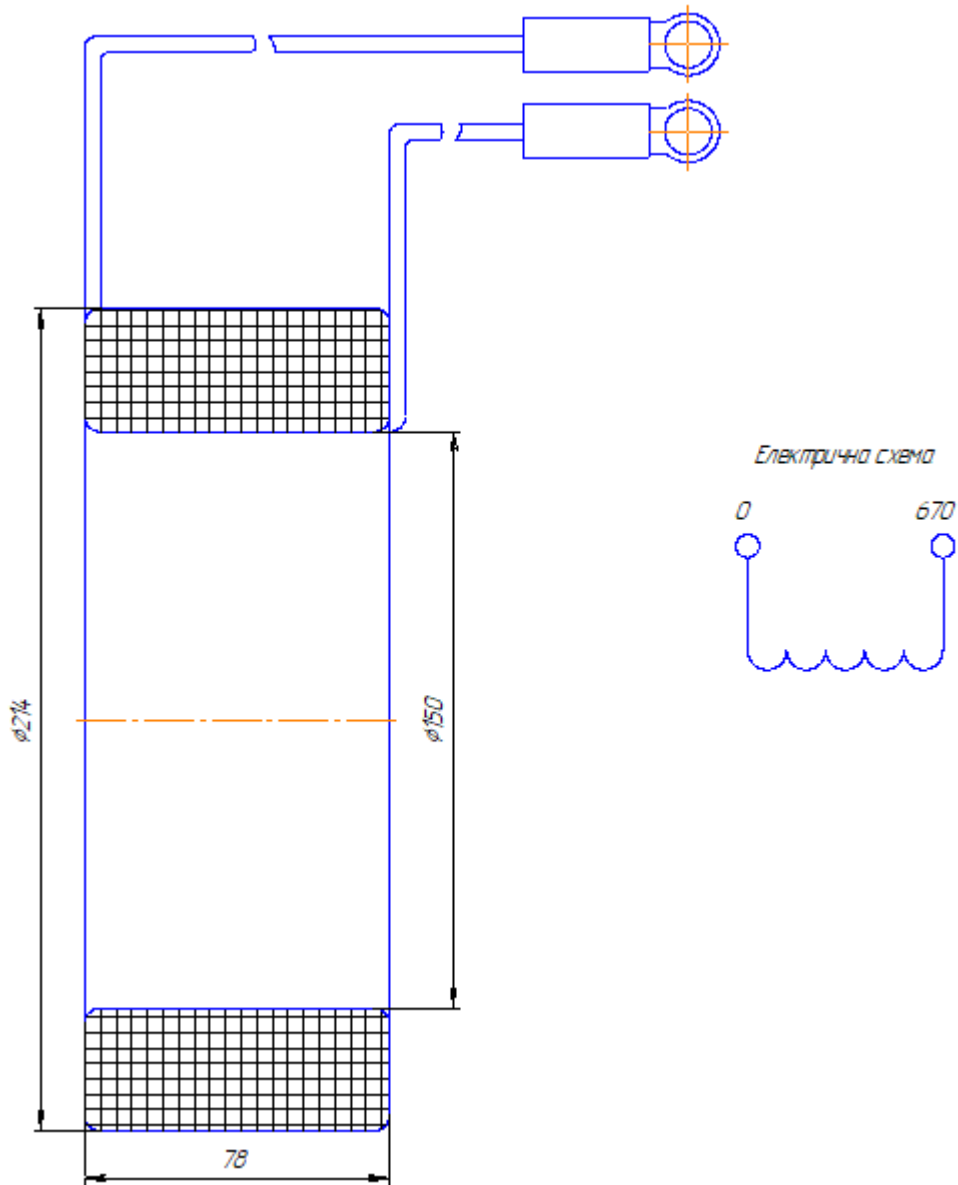


Рисунок 1.3 – Котушка збудження

Кількість витків в котушці .....	670
Кількість шарів в котушці.....	16
Кількість витків в шарі.....	42
Опір котушки при 20°C, Ом.....	3,31

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Маса дроту ПЕТД-180 1,6 ТУ 16-705.254-82 на катушку, кг .....7,1

## 1.2 Вибір обладнання і тип виробництва

Для виготовлення деталі «Вал» для зварювального генератора ГД-4014 потрібно ретельно визначити перелік обладнання, яке повністю відповідає всім вимогам до виготовлення цієї деталі. Окрім того, необхідно провести аналіз можливостей різних підприємств з точки зору наявності цього обладнання. Також слід звернути уваги на можливість автоматизації виробничого процесу на цих підприємствах, що дозволить підвищити ефективність і якість виготовлення деталі «Вал». Таким чином, комплексний підхід до вибору обладнання та підприємств є ключовим для досягнення високої якості та надійності кінцевого продукту.

Зі списку потрібного нам обладнання звернемо увагу на наступні види верстатів:

- токарний;
- фрезерний;
- шліфувальний.

Токарні верстати призначені для надання форми металевим виробам шляхом обробки зовнішніх, внутрішніх та торцевих сторін заготовок. Це обладнання дозволяє виконувати різноманітні операції, забезпечуючи потрібну форму і розміри деталей. Після обробки деталі переходять до наступного етапу виробництва, де можуть виконуватися додаткові операції або складання. Токарні верстати також широко використовуються для нанесення різьблення на деталі, що є важливим етапом у виготовленні кріплень та з'єднань.

Особливо ефективні токарні верстати для обробки деталей циліндричної форми. Завдяки високій точності та надійності, ці верстати є незамінними в машинобудуванні, автомобілебудуванні та інших галузях промисловості. Вони забезпечують високу якість обробки металевих деталей, що є критично важливим для довговічності та надійності кінцевих виробів. Таким чином,

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

токарні верстати відіграють ключову роль у сучасному виробничому процесі, забезпечуючи необхідний рівень продуктивності та якості.

Основні складові токарного верстату можна побачити на (рис. 1.4).

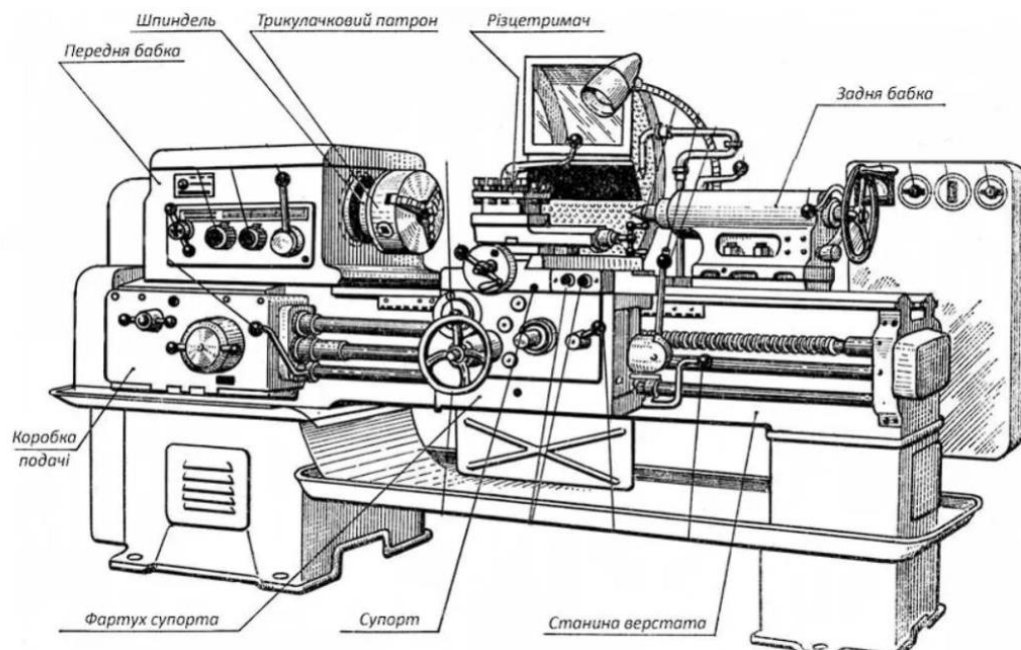


Рисунок 1.4 – Складові токарного верстата



Рисунок 1.5 – Верстат токарний Haas ST-20

Серед токарних верстатів, які відповідають необхідним вимогам для виготовлення деталі «Вал» і поширені на території України, виділяють наступні приклади.

					КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Haas ST-20 є високопродуктивним токарним верстатом з ЧПК, призначеним для обробки деталей середнього розміру. Верстат забезпечує високу точність та надійність, що робить його ідеальним для серійного виробництва. Зображений на (рис. 1.5).

Haas TL-1 – це навчальний верстат токарного типу з ЧПК, який добре підходить для невеликих майстерень та навчальних закладів. Простий у застосуванні, дозволяє легко освоїти основну систему роботи с ЧПК. Зображений на (рис. 1.6 та 1.7).



Рисунок 1.6 – Верстат токарний Haas TL-1

Haas DS-30Y- це токарний верстат з подвійним шпинделем та осьовим приводом Y, що дозволяє йому виконувати складні багатокоординатні операції. Цей верстат забезпечує максимальну гнучкість обробки та високу продуктивність. Зображений на (рис. 1.8).

Токарний верстат 16K20 широко застосовується в таких галузях, як машинобудування, металообробка та навчальні заклади де потрібна точна і надійна токарна обробка. Незважаючи на свій значний вік цей верстат залишається одним із найбільш популярних і затребуваних моделей завдяки

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



своїй універсальності, надійності та простоті в експлуатації. Зображений на (рис. 1.9).



Рисунок 1.7 – Верстат токарний Haas TL-1



Рисунок 1.8 – Верстат токарний Haas DS-30Y



Рисунок 1.9 – Верстат токарний 16К20

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Порівняння вище описаних верстатів можна побачити в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. Порівняння характеристик токарних верстатів різних моделей

Параметр	Haas ST-20	Haas TL-1	Haas DS-30Y	16к20
Маса нетто, кг	3402	1340	4989	2900
Габаритні розміри (Д/Ш/В)	2769/1683 /1753	2298/1143 /1727	3472/1930 /1956	2580/1150 /1400
Конус пінолі задньої бабки	MT-4	MT-3	MT-4	MT-4
Найбільший встановлюваний діаметр над станиною, мм	298	406	381	400
Максимальний діаметр оброблюваної заготовки, мм	298	406	381	400
Габаритні розміри заготовки (Д/Ш/В), мм	572/298 /298	762/406 /406	584/381/381	1000/400 /400
Найбільша маса заготовки типу вал, кг	340	225	454	450
Діаметр пінолі задньої бабки	75	75	75	75
Потужність двигуна шпинделя, кВт	22.4	5.6	22.4	11
Межі частоти обертання, об/хв	0-4000	0-1800	0-4000	12.5-1600
Максимальний діаметр обробки над супортом, мм	216	216	318	220

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Діаметр отвору в шпинделі, мм	64	51	64	52
-------------------------------	----	----	----	----

Фрезерні верстати мають схожу область застосування з токарними верстатами, але з деякими характерними відмінностями. Токарний верстат, завдяки обертанню деталі, зазвичай створює деталі циліндричної форми. У фрезерному верстаті обертаються інструменти навколо нерухомої деталі, що дозволяє створювати широкий спектр форм, окрім циліндричних. Це робить фрезерні верстати надзвичайно універсальними для виготовлення деталей зі складною геометрією, які складно отримати за допомогою токарної обробки.

Ще однією важливою перевагою фрезерних верстатів є їхня здатність обробляти деталі у різних положеннях – горизонтально, вертикально або під будь-яким необхідним кутом. Це значно розширює можливості для обробки деталей і дозволяє виконувати складніші операції. Завдяки цій гнучкості фрезерні верстати часто використовуються для створення складних компонентів, які вимагають точного розташування і різноманітних кутів обробки.

Фрезерні верстати, які підходять за вимогами для виготовлення деталі «Вал» і поширені на території України виділяють наступні моделі.

Haas VF-2 є одним з найпопулярніших вертикальних фрезерних верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Він призначений для обробки широкого спектру деталей з високою точністю і продуктивністю. Цей верстат ідеально підходить для невеликих і середніх виробничих цехів, забезпечуючи гнучкість і надійність у роботі. Зображений на (рис. 1.10).

Haas VF-4 – це більший варіант серії VF, який забезпечує збільшений робочий об'єм і підвищену потужність. Цей верстат ідеально підходить для обробки великих деталей і складних проектів у різних галузях промисловості. VF-4 забезпечує високу точність і надійність, що робить його популярним вибором для середніх і великих виробничих цехів. Зображений на (рис. 1.11).

					КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		



Рисунок 1.10 – Верстат фрезерний Haas VF-2



Рисунок 1.11 – Верстат фрезерний Haas VF-4

Haas Mini Mill є компактим фрезерним верстатом з числовим програмним керуванням (ЧПК), призначеним для невеликих виробничих завдань і навчальних закладів. Відмінно підходить для обробки дрібних деталей і прототипів, Mini Mill забезпечує високу точність і простоту в експлуатації. Зображений на (рис. 1.12).

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Рисунок 1.12 – Верстат фрезерний Haas Mini Mill

Фрезерний верстат 6P81 є універсальним верстатом, який широко використовується в металообробній промисловості. Завдяки своїй конструкції та функціональності, цей верстат може виконувати різноманітні обробні операції, такі як фрезерування, свердління, зенкування, розточування та різьбонарізання. Верстат 6P81 забезпечує високу точність і стабільність обробки, що робить його придатним для виготовлення деталей зі складною геометрією. Зображений на (рис. 1.13).



Рисунок 1.13 – Верстат фрезерний універсальний 6P81

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Порівняння вище перерахованих верстатів фрезерного типу надано у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристика фрезерних верстатів

Параметр	Haas VF-2	Haas VF-4	Haas Mini Mill	6P81
Маса Нетто, кг	3500	4500	1900	1700
Габаритні розміри (Д/Ш/В), мм	3683/3175 /2820	4996/3175 /3020	2134/1727 /2413	1650/1800 /1800
Кількість швидкостей планшайби	Безступенева	Безступенева	Безступенева	12
Потужність двигуна, кВт	22.4	22.4	5.6	4
Частота обертання шпинделя, об/хв	0-8100	0-8100	0-6000	63-2000
Найбільше осьове переміщення, мм	X:762, Y:406, Z:508	X:1270, Y:508, Z:635	X:406, Y:305, Z:254	X:400, Y:200, Z:370
Конус шпинделя	СТ40	СТ40	СТ40	ISO 40
Діаметр висувного шпинделя, мм	75	75	75	90

Шліфувальні верстати призначені для полірування вже готових, вирізаних металевих виробів, доводячи їх до ідеального стану. Вони можуть обробляти

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

деталі будь-якої форми та розміру, від невеликих до великих, від простих до складних геометричних конфігурацій. Основна задача шліфувальних верстатів полягає в наданні кінцевого, завершеного (товарного) вигляду деталям, забезпечуючи їм гладку та блискучу поверхню, що відповідає високим стандартам якості та естетичним вимогам.

Ці верстати незамінні в процесі виробництва, оскільки дозволяють досягти максимальної точності та чистоти поверхні. Вони використовуються не тільки для зняття грубих нерівностей, але й для тонкого доведення виробів до стану, готового до використання або подальшого оброблення. Завдяки своїм універсальним можливостям, шліфувальні верстати широко застосовуються в різних галузях промисловості, забезпечуючи як функціональність, так і естетичну привабливість готових виробів.

Серед шліфувальних верстатів, призначених для полірування деталей типу «Вал», можна виділити такі моделі:

JUNKER JUPITER 125 - це високопродуктивний безцентрово-шліфувальний верстат з числовим програмним керуванням (ЧПК). Він призначений для масового виробництва деталей з високою точністю, таких як вали та втулки. Верстат забезпечує ефективне та точне шліфування циліндричних деталей. Зображений на (рис. 1.14).



Рисунок 1.14 – Верстат безцентрово-шліфувальний JUNKER JUPITER 125

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

JUNKER JUMAT 6L - це універсальний шліфувальний верстат з ЧПК, призначений для обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей. Він ідеально підходить для шліфування валів, зубчатих коліс та інших складних деталей, забезпечуючи високу точність і продуктивність. Зображений на (рис. 1.15).



Рисунок 1.15 – Верстат універсальний шліфовальний JUNKER JUMAT 6L

JUNKER JUSTAR - це високотехнологічний шліфувальний верстат з ЧПК, призначений для комплексної обробки деталей в одному установленні. Він може виконувати шліфування, свердління, фрезерування та інші операції, що робить його ідеальним для виробництва високоточних компонентів. Зображений на (рис. 1.16).



Рисунок 1.16 – Верстат шліфовальний JUNKER JUSTAR

Універсальний шліфувальний верстат 3У10А є модернізованою версією класичного верстата 3У10. Він призначений для високоточної обробки зовнішніх та внутрішніх циліндричних і конічних поверхонь деталей. Верстат 3У10А

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



використовується в різних галузях промисловості, таких як машинобудування, авіаційна та автомобільна промисловість.

ЗУ10А є сучасним універсальним шліфувальним верстатом, який забезпечує високу якість і точність обробки, що робить його відмінним вибором для будь-якого виробничого підприємства. Зображений на (рис. 1.17).



Рисунок 1.17 – Верстат універсальний шліфувальний ЗУ10А

Порівняння вище перерахованих верстатів шліфувального типу надано у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Порівняльна характеристика шліфувальних верстатів

Параметр	JUNKER JUPITER 125	JUNKER JUMAT 6L	JUNKER JUSTAR	ЗУ10А
Габаритні Розміри (Д/Ш/В), мм	3000/ 2000/ 1800	4500/ 3000/ 2500	5000/ 3200/ 2800	2400/ 1750/ 1700

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Маса Нетто, кг	8000	12000	15000	3000
Керовані Лінійні координати	X,Z	X,Z,C	X,Y,Z,C	X,Z
Довжина шліфування, мм	До 500	До 2000	До 500	До 1000
Діаметр шліфувального круга, мм	400	500	250	400
Висота центрів, мм	200	250	300	100
Потужність головного приводу, кВт	37	50	60	7.5
Висота шліфувального круга, мм	125	200	150	100

Також для отримання потрібної для нас жорсткості деталі ми використаємо піч для загартування наступної моделі :

СНОЛ 8.2/1100 - це високотемпературна електрична піч, призначена для термічної обробки матеріалів. Вона використовується для різних процесів, таких як випал, загартування, відпал, та інші види термічної обробки. Піч широко застосовується в лабораторіях, науково-дослідних інститутах та промислових підприємствах. Зображений на (рис. 1.18).

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Рисунок 1.18 – Електропеч СНОЛ 8.2/1100

Перелік характеристик зазначеної вище печі надано у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Характеристика електропечі СНОЛ 8.2/1100

Параметр	Значення
Робочий об'єм	8.2л
Максимальна температура	1100°C
Потужність, кВт	3 кВт
Напруга живлення	220 В, 50 Гц
Габаритні розміри (Д/Ш/В), мм	610/450/530
Розміри внутрішньої камери (Д/Ш/В), мм	200/300/130
Маса, кг	45

Тепер перейдемо до розгляду типів виробництва. Тип виробництва – це комплексна характеристика, що відображає технічні, організаційні та економічні особливості машинобудівного виробництва. Вона визначається спеціалізацією,

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

типом і сталістю номенклатури виробів, а також формою їх руху між робочими місцями. Виробництво можна класифікувати за наступними типами.

Одиничне виробництво функціонує за принципом приватної майстерні, де виготовляють вироби різного призначення у невеликих кількостях, зазвичай за індивідуальними замовленнями. Такий підхід дозволяє створювати унікальні за конструкцією вироби, проте має свої недоліки. Одиничне виробництво обмежене у конструктивно-технологічних рішеннях, а вартість кінцевих продуктів є високою через необхідність залучення висококваліфікованих працівників та великих допусків у використанні матеріалів.

Серійне виробництво орієнтоване на виготовлення виробів великими партіями, що сприяє підвищенню рівня спеціалізації працівників і зниженню собівартості продукції. Номенклатура продукції змінюється щомісяця, а виробничі процеси мають чітко визначені рамки часу та робочі місця. Серійне виробництво є проміжною ланкою між одиничним і масовим виробництвом, поєднуючи їхні переваги.

Масове виробництво відрізняється від серійного ще більшими масштабами та обмеженою номенклатурою виробів. У такому виробництві виготовляються буквально кілька типів виробів у великих кількостях, що дозволяє підприємству ефективно управляти економічними ресурсами. Масове виробництво передбачає паралельне виконання більшості операцій, що дозволяє економити час і автоматизувати процеси, підвищуючи продуктивність.

Маркетингове дослідження показало потребу ринку в зварювальних генераторах у кількості 450 штук на рік. Програму запуску на потокових лініях установлюють стабільною на тривалий період часу. Для планування розмірів цеху необхідно з'ясувати суть програми запуску та визначити річну програму запуску виробів, які збирають на потоковій лінії.

Визначено програму запуску виробів, за формулою:

$$N_{\text{зап}} = (N_{\text{вип}} + N_{\text{зч}}) \cdot (1 + k_{\text{бр}}), \quad (1.1)$$

де  $N_{\text{вип}}$  - річна програма випуску виробів, тис. шт.;  $N_{\text{зч}}$  - кількість виробів, які йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. шт.;

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

кбр - коефіцієнт, який ураховує технологічні витрати, що неможливо уникнути; приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, які формують програму випуску та які йдуть на запчастини.

$$N_{\text{зап}} = (450 + 0,04 \cdot 450)(1 + 0,025) = 480 \text{ шт.}$$

Таблиця 1.5 - Характеристика типів виробництва

Тип виробництва	Максимальна маса деталі, що оброблюється, кг		
	Легкі (до 20)	Середні (20...300)	Важкі (понад 300)
Одиничне	До 100	До 10	1-5
Серійне:			
-дрібносерійне	101-500	10-200	6-100
-середньосерійне	501-5000	201-1000	101-300
-багатосерійне	5001-50000	1001-5000	301-1000
Масове	Понад 50000	Понад 5000	Понад 1000

За кількістю деталей, що випускаються за рік та їх масою обираємо середньосерійний тип виробництва. Здійснивши аналіз ринку та порівнявши різні типи виробництва і рівні підприємств, можна дійти висновку, що український ринок здатний виготовляти деталь "Вал" для зварювального генератора ГД-4014. Це стає можливим завдяки наявності всього необхідного арсеналу техніки та різних технічних рівнів підприємств. Українські виробничі підприємства мають достатні ресурси, сучасне обладнання та професійний персонал, щоб забезпечити виготовлення цієї деталі на високому рівні, відповідаючи всім вимогам якості та ефективності.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Механічні та хімічні властивості матеріалу

Перед початком проектування деталі «Вал» треба перевірити наступні параметри точності:

При проектуванні деталі типу "вал" враховуються наступні умови точності:

1. Геометричні розміри. Діаметр валу. Необхідно дотримуватись допусків на діаметр для забезпечення належної посадки з іншими компонентами (наприклад, підшипниками). Допуски можуть бути визначені стандартами, такими як ISO або DIN.

Довжина валу. Точність довжини важлива для забезпечення правильної функціональності у вузлі.

2. Форма і розташування поверхонь. Круглість. Відхилення від ідеальної круглої форми повинні бути мінімальними. Це забезпечує рівномірне обертання та знижує знос.

Циліндричність. Важливо, щоб вал не мав конусоподібних або бочкоподібних відхилень.

Прямолінійність. Вісь валу повинна бути прямою для запобігання вібрацій і зносу під час обертання.

3. Поверхнева шорсткість. Поверхня валу повинна мати певний рівень шорсткості для забезпечення оптимального тертя та зносостійкості. Наприклад, для посадкових місць під підшипники часто вимагається шорсткість не більше Ra 0.8 мкм.

4. Концентричність посадкових місць: Усі посадкові місця для підшипників, шпонкових пазів та інших елементів повинні бути концентричні з основною віссю валу.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>	<i>Крутько</i>				<i>Технологічна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>					<i>Кафедра ТМ</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечаєв</i>					<i>гр. ПМ-20</i>		

5. Радіальне биття. Допустиме радіальне биття кінців валу та посадкових місць повинно бути мінімальним для запобігання вібрацій та забезпечення довговічності вузла.

6. Паралельність і перпендикулярність. Паралельність осей. Поверхні посадкових місць та шпонкові пази повинні бути паралельні один одному та перпендикулярні до торцевих поверхонь.

7. Допуски на посадку. Посадки з натягом або зазором. Вибір посадок залежить від умов експлуатації валу. Наприклад, для підшипників можуть бути використані посадки з натягом для забезпечення жорсткості та надійності з'єднання.

8. Матеріал і термообробка. Однорідність матеріалу. Важливо, щоб матеріал валу був однорідним і не мав внутрішніх дефектів, які можуть вплинути на точність і довговічність деталі.

Твердість поверхні. Після термообробки поверхня валу повинна мати необхідну твердість для зниження зносу і забезпечення тривалої експлуатації.

9. Технологічні отвори та пази. Точність виконання шпонкових пазів та отворів: Важливо забезпечити точність їх виконання для забезпечення надійного з'єднання з іншими деталями.

Сталь 45 – це вуглецева конструкційна нелегована спеціальна сталь, основними компонентами якої є вуглець та залізо, без легуючих добавок. Вона відповідає якісним сталям за вмістом сірки та фосфору. Сталь 45 характеризується спокійним ступенем розкислення. Однак вона не стійка до корозії та середовищ з підвищеною кислотністю, що ускладнює її експлуатацію в умовах підвищеної вологості, тому для використання в таких умовах необхідне захисне покриття.

Сталь 45 широко використовується для виготовлення деталей механізмів, які вимагають високої міцності та зносостійкості. Її властивості значно покращуються завдяки термічній обробці, що істотно продовжує термін служби виробів. Сталь 45 зберігає свої властивості при експлуатації за високих температур до 200°C.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Чому ми обрали саме сталь 45 для виготовлення деталі «Вал».

1. Висока міцність: сталь 45 має високу міцність, що дозволяє витримувати значні навантаження, що важливо для валів, які піддаються постійному механічному впливу.

2. Твердість після термообробки: цей тип сталі можна легко загартувати, що значно підвищує її твердість і зносостійкість. Це робить сталь 45 ідеальною для деталей, які повинні витримувати тривалий термін служби без значного зносу.

3. Добра оброблюваність: сталь 45 добре піддається механічній обробці, що дозволяє виготовляти складні деталі з високою точністю. Це важливо для валів, де критичною є точність розмірів і геометричних форм.

4. Висока в'язкість: сталь 45 володіє достатньою в'язкістю, що дозволяє поглинати удари та вібрації без руйнування, що є важливим для деталей, що працюють у важких умовах експлуатації.

5. Доступність і економічність: сталь 45 є широко доступною і відносно недорогою порівняно з іншими високоякісними сталями, що робить її економічно вигідною для масового виробництва.

Завдяки цим властивостям, сталь 45 є оптимальним вибором для виготовлення валів та інших деталей, що піддаються значним механічним навантаженням і вимагають високої точності виконання.

Хімічний склад і властивості сталі 45 визначено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад і механічні властивості сталі 45

Марка матеріалу	Хімічний склад у %		Механічні властивості
Сталь 45	C-0,42...0,5	S<0,04	$\sigma_{\text{в}}=690$ МПа
	Si-0,17...0,37	P<0,035	HВ=280 МПа
	Mn-0,5...0,8	Si-0,25	Зварюваність:
	Ni-0,25	Cr-0,25	Зварювана

Після термічної обробки сталь 45 отримує наступні характеристики які можна побачити у таблиці 2.2.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 45 після термообробки

Властивість	Значення
Міцність на розтяг ( $\sigma_b$ )	600 МПа
Межа текучості ( $\sigma_{0,2}$ )	355 МПа
Відносне подовження ( $\delta$ )	16%
Відносне звуження ( $\psi$ )	40%
Ударна в'язкість (КСУ)	54 Дж/см <sup>2</sup>
Твердість за шкалою Брінелля (НВ)	300 НВ

Після гартування вуглець, який є в перліті, переходить в нову гранецентровану кристалічну структуру заліза. Під час швидкого охолодження температура заготовки різко знижується, і атоми вуглецю вбудовуються в цю нову структуру. Через це виникають внутрішні напруження, а структура перетворюється в однонапрявлену тетрагональну форму. Утворюється мартенсит, який виглядає як дрібні голчасті кристали і забезпечує сталі високу міцність.

## 2.2 Типовий технологічний процес виготовлення валу

Для базового технологічного процесу оберемо типовий, тому що він більше підходить для виготовлення нашої деталі. Процес був розроблений для умов середньо-серійного підприємства. Сам технологічний процес надано у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Базовий технологічний процес

№	Операція	Обладнання	Опис
1	Підготовка заготовки	Пилка, стрічковий верстат	Вибір заготовки зі сталі 45. Відрізання необхідної довжини.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2	Чорнове точіння	Токарний верстат 16К20	Закріплення заготовки в патроні. Чорнове точіння зовнішньої поверхні до припуску.
3	Чистова обробка	Токарний верстат 16К20	Точіння зовнішніх діаметрів до заданих розмірів. точіння канавок, фасок, проточок.
4	Нарізання різьби	Токарний верстат 16К20	Нарізання різьби М30х1,5.
5	Фрезерування шпонкових пазів	Фрезерний верстат 6Р81	Закріплення валу на столі. фрезерування шпонкових пазів.
6	Фрезерування площин	Фрезерний верстат 6Р81	Обробка площин згідно вимог креслення.
7	Шліфування циліндричних поверхонь	Шліфувальний верстат 3У10А	Закріплення валу в центрах. Шліфування зовнішніх діаметрів до шорсткості Ra 0,8 та Ra 3,2.
8	Шліфування торців	Шліфувальний верстат 3У10А	Шліфування торцевих поверхонь до шорсткості Ra 3,2.
9	Контроль якості	Мікрометр, штангенциркуль	Перевірка геометричних розмірів, шорсткості поверхонь, співвісності поверхонь.
10	Термообробка	Піч СНОЛ 8.2/1100	Загартування валу до твердості НВ 280-320

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

11	Фінальний контроль та маркування	Мікрометр, штангенциркуль	Перевірка розмірів та шорсткості після термообробки. Маркування металу.
12	Упаковка та транспортування	Захисний матеріал	Упаковки готового виробу, підготовка до перевозки.

### 2.3 Аналіз якості поверхонь

Аналіз якості поверхонь – це процес оцінки та вимірювання характеристик поверхні виробу для визначення її відповідності встановленим стандартам та вимогам.

Основні аспекти аналізу якості поверхонь:

1. Шорсткість: Оцінка мікронерівностей поверхні, які можуть впливати на тертя, знос та взаємодію з іншими поверхнями.

2. Хвилястість: Вимірювання більш великих нерівностей, які можуть впливати на загальну форму та геометрію виробу.

3. Текстура: Вивчення напрямків і характеру поверхневих нерівностей, що можуть бути результатом обробки або інших технологічних процесів.

4. Наявність дефектів: Виявлення та оцінка дефектів, таких як подряпини, тріщини, пори, вм'ятини та інші поверхневі недоліки.

5. Функціональні характеристики: Оцінка поверхні з точки зору її здатності виконувати задані функції, наприклад, утримання мастила, забезпечення герметичності з'єднань, опір зносу тощо.

Методи аналізу якості поверхонь можуть включати:

1. Візуальний огляд: Первинний метод виявлення очевидних дефектів та нерівностей.

2. Контактні методи: Використання профілометрів та інших інструментів для механічного вимірювання шорсткості та хвилястості.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3. Безконтактні методи: Використання оптичних і лазерних приладів для точного вимірювання характеристик поверхні без фізичного контакту з нею.

4. Мікроскопічні методи: Використання мікроскопів для детального вивчення мікроструктури та дрібних дефектів поверхні.

Аналіз якості поверхонь є важливим етапом у виробничому процесі, оскільки він забезпечує відповідність продукції встановленим стандартам та вимогам, покращує її експлуатаційні характеристики та подовжує термін служби. Переглянути аналіз якості поверхонь можна у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Аналіз якості поверхонь

Позначення і номер поверхні	Назва поверхні (елемента)	Розмір з відхиленням	Квалітет точності	Допуск форми	Шорсткість, Ra
1	2	3	4	5	6
1	Різьба	M30×1,5	8g	-	3,2
2,11	Циліндрична	$\phi 45_{-0,43}^{-0,18}$	b12	-	6,3
3,10	Циліндрична	$\phi 45_{+0,002}^{+0,018}$	k6		0,8
4	Лінійна	$249_{-0,29}$	h11		3,2
5,8	Циліндрична	$\phi 52_{-0,49}^{-0,19}$	b12	-	6,3
6	Різьба	M56×2	8g	-	3,2
7	Циліндрична	$\phi 60_{-0,06}^{-0,03}$	f7		1,6
9	Лінійна	$249_{-0,32}$	h11		3,2
12	Циліндрична	$\phi 40_{+0,002}^{+0,018}$	k6		0,8

Аналіз точності поверхонь для деталі «Вал» виявив відповідність точності поверхонь для умов нормального функціонування вузла. Зміни в точності розмірів не передбачаються.

Проаналізувавши точність параметрів деталі «Вал», зроблено висновок, що вимоги до точності розмірів та шорсткості не завищені: максимальний квалітет точності 6-й, а мінімальна шорсткість Ra 0,8 мкм.

					КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

## 2.4 Вибір заготовки і технології її виготовлення

Для порівняння виберемо два способи отримання даної заготовки вала із сталі 45: шляхом обробки металу тиском на ГKM, а також шляхом обробки металу тиском на РКМ.

Проведемо порівняння їх собівартості одержання:

$$C_{\text{в}} = 0,001 \left[ C_{\text{БК}} G_{\text{К}} K_{\text{ТК}} K_{\text{СК}} K_{\text{МК}} K_{\text{ПК}} K_{\text{ВК}} - (G_{\text{К}} - G_{\text{Д}}) C_{\text{ВХ}} \right]; \quad (2.1)$$

де СБК – базова ціна 1 т кованок, СБК = 7500 грн/т; GK – маса кованки; КТК - коефіцієнт точності розмірів; КСК - коефіцієнт конструктивної складності; КМК - коефіцієнт марки матеріалу; КПК - коефіцієнт програми річного замовлення; КВК - коефіцієнт, маси кованки; GД - маса деталі, GД=7 кг; СВХ - собівартість відходів, СВХ=1850 грн/т.

Для кованок, виготовлених штампуванням на ГKM, обираємо коефіцієнти за [25]:

$$\begin{aligned} G_{\text{К}} &= 8,35 \text{ кг}; & K_{\text{МК}} &= 1,00; \\ K_{\text{ТК}} &= 1,15; & K_{\text{ПК}} &= 1,00; \\ K_{\text{СК}} &= 0,87; & K_{\text{ВК}} &= 0,81. \end{aligned}$$

Підставивши значення одержимо:

$$C_{\text{в}} = 0,001 \cdot [7500 \cdot 8,35 \cdot 1,15 \cdot 0,87 \cdot 1,00 \cdot 1,00 \cdot 0,81 - (8,35 - 7) \cdot 1850] = 47,79 \text{ грн.}$$

Для кованок, виготовлених на РКМ, обираємо коефіцієнти за [25]:

$$\begin{aligned} G_{\text{К}} &= 8,75 \text{ кг}; & K_{\text{МК}} &= 1,00; \\ K_{\text{ТК}} &= 1,23; & K_{\text{ПК}} &= 1,27; \\ K_{\text{СК}} &= 0,87; & K_{\text{ВК}} &= 0,93. \end{aligned}$$

Підставивши значення одержимо:

$$C_{\text{в}} = 0,001 \cdot [7500 \cdot 8,75 \cdot 1,23 \cdot 0,87 \cdot 1,00 \cdot 1,27 \cdot 0,93 - (8,75 - 7) \cdot 1850] = 79,71 \text{ грн.}$$

Як видно з розрахунків, вартість виготовлення відрізняється. Тому обираємо штампування заготовок валу на ГKM.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Для зняття внутрішніх напружень в заготовці проводимо нормалізацію при температурі 830...860°C. Це призведе зняття наклепу, вирівнювання хімічного складу, зниження твердості і забезпечить легше та якісніше різання.

## 2.5 Планування маршрутів обробки

Таблиця 2.5 – Маршрут обробки поверхонь для деталі «Вал»

Позначення поверхні	Квалітет точності за кресленням	Допуск за кресленням, $\delta_d$ , мм	Шорсткість за кресленням, $R_a$	Допуск заготовки, $\delta_z$ , мм	Припустимий квалітет заготовки	Загальне уточнення, $\epsilon_{заг} = \delta_z / \delta_d$	Перехід МОП				Квалітет після обробки	Досягнутий допуск, $\delta_b$ , мм	Приват. коэф. уточнення $\epsilon_i = \delta_{i-1} / \delta_i$	Загальне уточнення, $\epsilon = \Pi_{\epsilon_i}$
Ø40k6	6	0,016	0,80	2,2	14	137,5	Точіння чорнове	12	0,26	8,462	137,5	0,3	7,333	73,33
							Точіння напівчистове	9	0,062	4,194				
							Точіння чистове	7	0,026	2,385				
							Шліфування	6	0,016	1,625				
Ø45k6	6	0,016	0,80	2,2	14	137,5	Точіння чорнове	12	0,26	8,462	137,5	0,3	7,333	73,33
							Точіння напівчистове	9	0,062	4,194				
							Точіння чистове	7	0,026	2,385				
							Шліфування	6	0,016	1,625				
Ø60f7	7	0,03	1,6	2,2	14	73,33	Точіння чорнове	12	0,3	7,333	73,33	73,33		

Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-09.02.Т4	Аркуш

							Точіння напівчистове	9	0,074	4,054	
							Точіння чистове	7	0,03	2,467	

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітнішими: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо. Забезпечуються ці вимоги використанням різних технологічних маршрутів обробки. Їх вибирають з урахуванням габаритних розмірів, характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів.

Створюючи маршрут обробки поверхні (МОП), виходимо з того, що кожен наступний метод повинен бути точнішим від попереднього. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки, повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання дальшого методу обробки, що намічається.

## 2.6 Розробка маршрутів виготовлення деталі Вал

Таблиця 2.6 – Розроблений технологічний маршрут обробки деталі – вал

№ та назва операції	Устаткування	Зміст операції
005 Заготівельна	Стрічково-пилковий відрізний верстат напівавтомат моделі HDT 300S	1. Встановити, закріпити і зняти заготовку. 2. Відрізати заготовку вказаних розмірів від напівфабрикату (прокат сталевий гарячекатаний круглий $\varnothing 70_{-0,9}^{-0,1}$ згідно стандарту, сталь 45 згідно стандарту).
010 Штампувальна	Горизонтально-кувальна машина ВБ 1134 Штамп закритий	1. Встановити, закріпити і зняти деталь. 2. Штампувати заготовку на ГKM Сталь 45 згідно стандарту.
015 Термічна	Термічна піч ПКМ 6.12.5/12,5	1. Виконати нормалізацію деталей при $t=830-860^{\circ}\text{C}$ . НВ 280...320.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

020 Фрезерно- центрувальна	Фрезерно- центрувальний верстат моделі MP5261 Призми 7030-0087 згідно стандарту	1.Встановити, закріпити та зняти деталь. 2. Підрізати торці 1, 2. 3. Центрувати отвори 3, 4 з обох сторінсодночасно.
025 Токарна з ЧПК	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК мод. 16К20Т1 Патрон поводковий 1708-0021 згідно стандарту	1.Встановити, закріпити і зняти деталь. 2.Точити начорно поверхні 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17 витримуючи відповідно розміри Ø41,4 мм, R1 мм, 385 мм, Ø46,4 мм, Ø46,4 мм, R1 мм, 328 мм, Ø53,4 мм, R1 мм, 298,8 мм. 3.Точити напівчисто поверхні 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 витримуючи відповідно розміри Ø40,6 мм, R1 мм, Ø45,6 мм, Ø45,6 мм, R1 мм, 327,4 мм, Ø52,4 мм, R1 мм. 4.Точити канавку 18. 5.Точити начисто поверхні 6, 7, 10, 11, 12, 13, 15, 16 витримуючи відповідно розміри.
030 Токарна з ЧПК	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК мод. 16К20Т1 Патрон поводковий 1708-0021 згідно стандарту	1.Перевстановити, закріпити і зняти заготовку. 2.Точити начорно поверхні 20, 21, 22, 24 ,25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35 витримуючи відповідно розміри Ø31, 2 мм, Ø32 мм, 21 мм, Ø46,4 мм, Ø46,4 мм, R1 мм, 77 мм, Ø53, 4 мм, 112, 2 мм, Ø57,4 мм, Ø61,4 мм, 291 мм, Ø66 мм. 3.Точити напівчисто поверхні 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 витримуючи відповідно розміри Ø30,4 мм, Ø31 мм, 22 мм, Ø45,6 мм, Ø45,6 мм, R1 мм,77,6 мм, Ø52,4 мм, Ø56, 4 мм, Ø60,4 мм, Ø65,4 мм. 4.Точити канавку 36. 5.Точити накавку 37. 6.Точити канавку 38. 7.Точити канавку 39. 8.Точити начисто поверхні 20, 24,

Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ

Аркуш



		25, 26, 27, 29, 31, 33, 35 витримуючи відповідно розміри. 9. Нарізати різьбу на поверхнях 20 і 31.
035 Термічна	Установка СВЧ «ЭЛСИТ - 120К»	1. Виконати загартування посадочних поверхонь при $t=800-820^{\circ}\text{C}$ з послідуочим відпуском. HRC 45-48 h0,8-1,0.
040 Кругло-шліфувальна	Круглошліфувальний верстат моделі 3М173 Хомутик 7107-0065 згідно стандарту	1. Встановити, закріпити і зняти деталь. 2. Шліфувати начисто поверхню 40. 3. Шліфувати начисто поверхню 41.
045 Кругло-шліфувальна	Круглошліфувальний верстат моделі 3М173 Хомутик 7107-0067 згідно стандарту	1. Перевстановити, закріпити і зняти деталь. 2. Шліфувати начисто поверхню 42.
050 Шпонково-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат моделі 6Т10 призми 7030-0087 згідно стандарту	1. Встановити, закріпити та зняти деталь. 2. Фрезерувати шпоночні пази 43 і 44.
055 Шпонково-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат моделі 6Т10 призми 7030-0087 згідно стандарту	1. Встановити, закріпити та зняти деталь 2. Фрезерувати шпоночні пази 45 і 46.
060 Мийна	Мийна машина ДНЕПР-Л1320	1. Промити деталь водним 3% розчином тринатрійфосфату. Температура розчину $t=85\pm 5^{\circ}\text{C}$ . 2. Просушити деталь стисненим повітрям.
065 Контрольна	Пристосування контрольне	1. Контролювати розміри згідно креслення (робоче креслення деталі).

Маршрут обробки деталі будуюмо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва, схем базування та призначення металорізальних верстатів. В технологічному маршруті вказана

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

нумерація поверхонь відповідає нумерації на ескізах креслень розроблених технологічних процесів.

## 2.7 Пропозиції щодо удосконалення виробництва

Способи удосконалення виробництва можуть стосуватися практично усіх аспектів виготовлення деталей від проектування до утилізації. Наприклад, можна винести наступні пропозиції по вдосконаленню виробництва:

### 1. Автоматизація виробничих процесів.

Замінити старі верстати на новіші моделі які будуть обладнані системами ЧПК. Наприклад на території України поширені верстати марки Haas та JUNKER, а саме наступні моделі:

Токарний верстат Haas ST-20 який має гарні показники точності обробки і виділяється гарною швидкістю обробки матерілу.

Фрезерний верстат Haas VF-4 також має чудові показники швидкості, якості та надійності, що робить його чудовим кандидатом для вдосконалення процесу.

Шліфувальний верстат JUNKER JUMAT 6L відносно простий та надійний верстат який зможе добре підвищити продуктивність виробництва.

Інтеграція роботизованих систем для автоматичного завантаження/розвантаження деталей.

### 2. Оптимізація технологічних операцій:

Перегляд послідовності обробки для зменшення часу простою верстатів.

Впровадження комбінованих операцій, де це можливо (наприклад, поєднання точіння і фрезерування).

### 3. Поліпшення якості матеріалів:

Використання сталі з покращеними механічними властивостями для зменшення зносу інструментів.

Впровадження нових методів термообробки для підвищення твердості та зносостійкості.

### 4. Впровадження сучасних технологій контролю якості:

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Використання систем автоматичного контролю розмірів та шорсткості (лазерні сканери, оптичні вимірювальні системи).

Регулярний аудит технологічних процесів з метою їх покращення.

5. Підвищення ефективності управління виробництвом:

Впровадження системи управління виробничими процесами (MES) для моніторингу та оптимізації всіх етапів виробництва.

Застосування принципів "Lean Manufacturing" для мінімізації втрат і підвищення ефективності.

6. Підвищення кваліфікації персоналу:

Регулярне навчання та підвищення кваліфікації працівників.

Впровадження програм мотивації для підвищення продуктивності праці.

7. Вдосконалення інструментів і оснастки:

Використання інструментів з покриттям для підвищення їх зносостійкості.

Регулярний моніторинг стану інструментів та їх своєчасна заміна.

8. Впровадження енергоефективних технологій:

Використання обладнання з низьким споживанням енергії.

Оптимізація режимів роботи печей для термообробки.

9. Поліпшення логістики і постачання матеріалів:

Використання системи "Just in Time" для зменшення запасів матеріалів.

Оптимізація процесів транспортування та зберігання матеріалів.

10. Аналіз і вдосконалення технологічної документації:

Регулярний перегляд і оновлення технічної документації.

Впровадження системи управління документацією для забезпечення її доступності і актуальності.

Впровадження цих заходів дозволить підвищити продуктивність, якість і конкурентоспроможність виробництва деталі "Вал".

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Проектування і обчислення механічних властивостей вала у SolidWorks Simulation

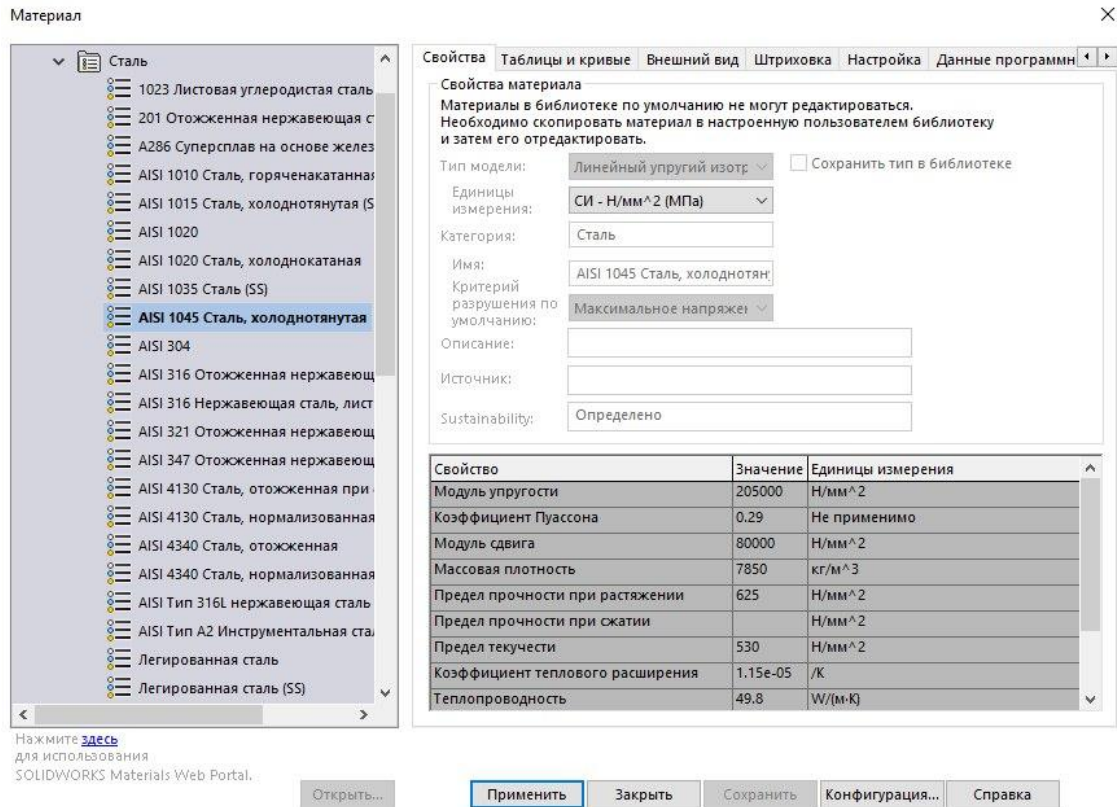


Рисунок 3.1 – Копія екрана вікна вибору матеріалу для Вала у САЕ-системі SolidWorks Simulation

Для майбутнього розрахунку у SolidWorks Simulation із каталогу матеріалів обираємо «AISI 1045 Сталь, холоднотягнута», яка найбільше відповідає обраному матеріалу заготовки (рис. 3.1). Межа текучості становить 530 Н/мм<sup>2</sup>.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.03.КЧ</i>			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Разроб.		Крутько			<i>Конструкторська частина</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кравцова						
Н. Контр.		Рязанцев			<i>Кафедра ТМ зр. ПМ-20</i>			
Затверд.		Нечаєв						

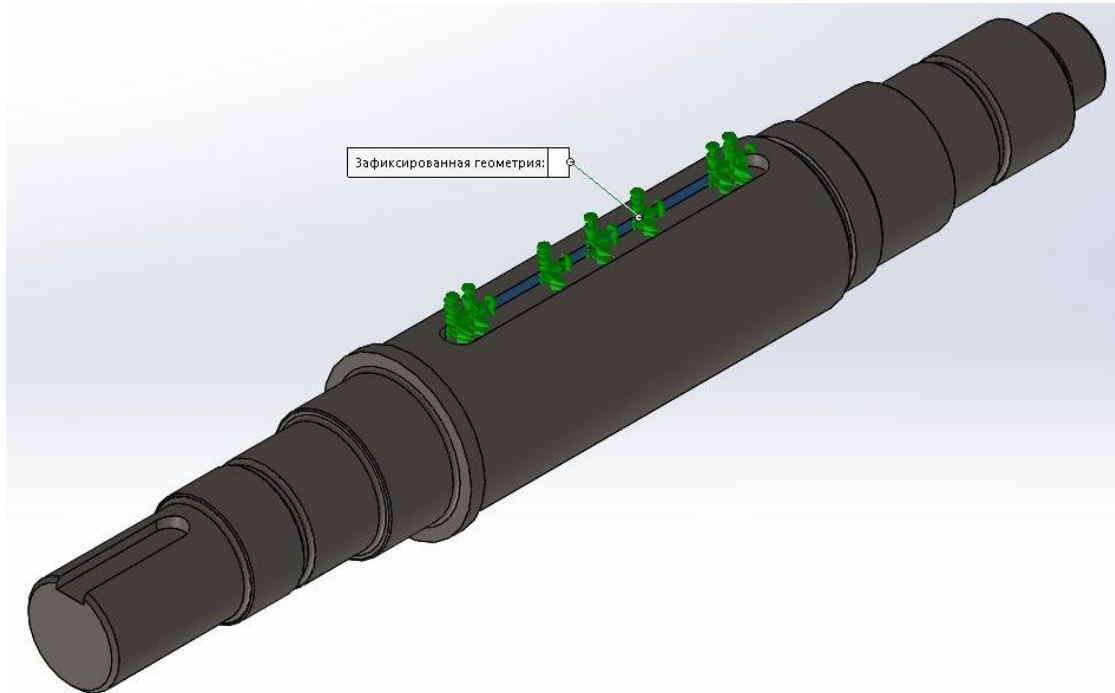


Рисунок 3.2 – Копія екрана вікна SolidWorks Simulation із налаштуванням закріплення в просторі поверхні дна шпоночного паза Вала

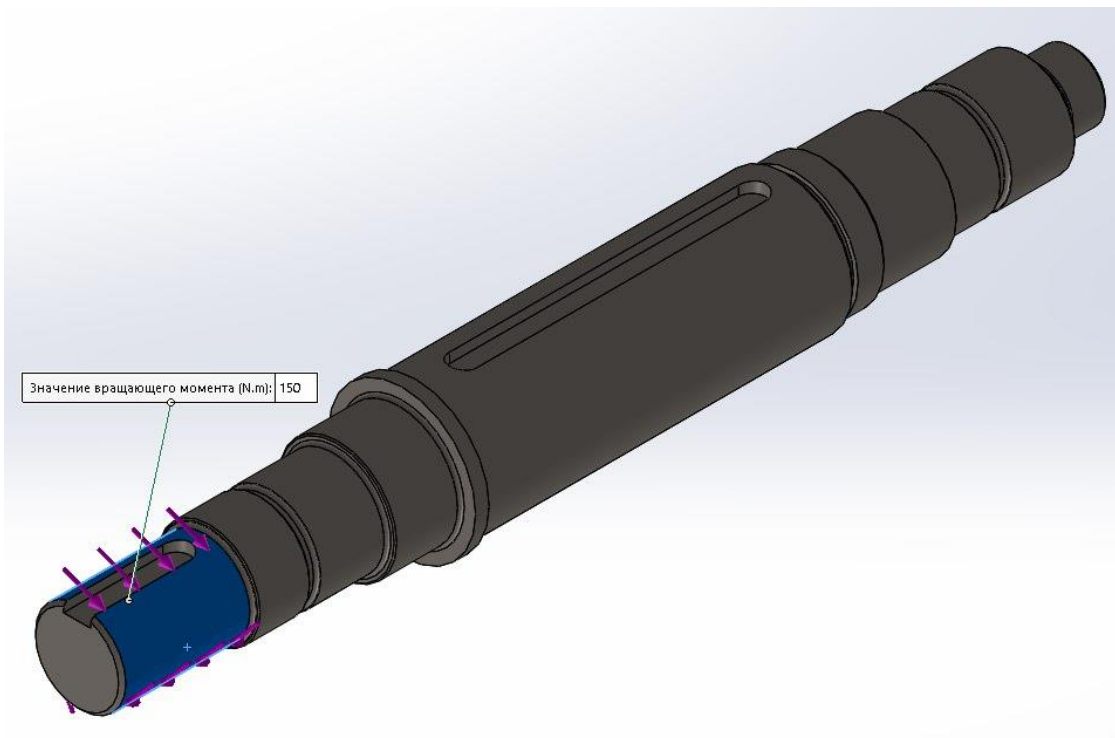


Рисунок 3.3 – Копія екрана вікна SolidWorks Simulation із налаштуванням навантаження на циліндричну поверхню вала

					КНУ.КБР.131.24.1-09.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Із метою імітувати супротив обертovому руху який приходить на вал від двигуна нами обрано тип закріплення Зафіксована геометрія для шпоночного паза Вала. Такий тип закріплення дозволить уникнути великих переміщень які часто є причиною помилки статичного дослідження у SolidWorks Simulation. Одночасно з тим у задовільній мірі зімітує супротив вала руху (рис. 3.2).

Із метою імітувати передачу крутного моменту від двигуна на циліндричну поверхню ступені валу, яка з'єднується з двигуном, прикладемо навантаження типу «Крутний момент» (рис. 3.3) величиною 150 Н·м.

3.2 Інтерпретація результатів обчислення вала у SolidWorks Simulation і пропозиції щодо удосконалення його конструкції

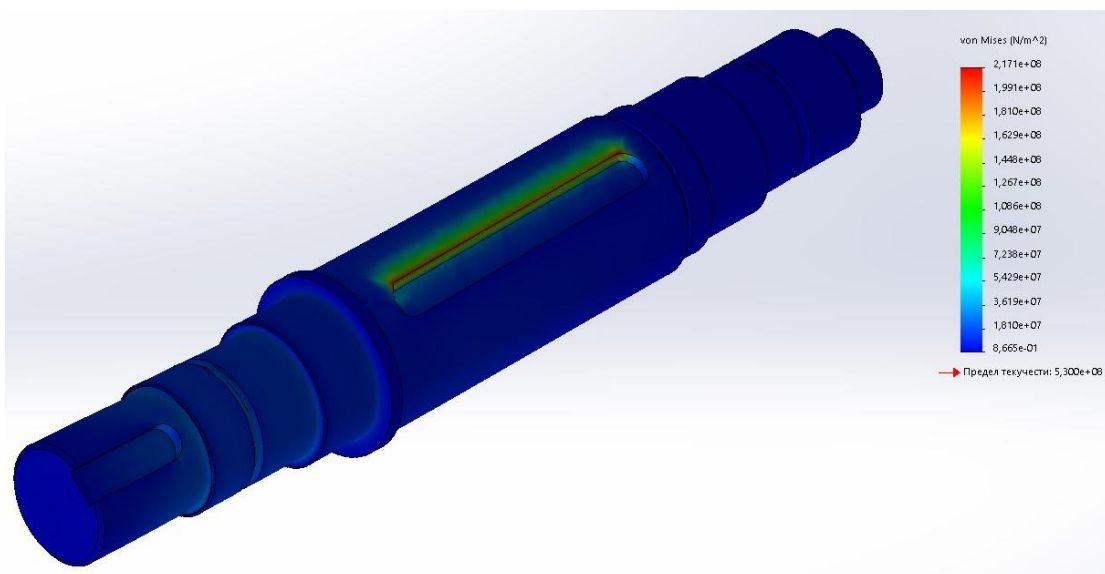


Рисунок 3.4 – Епюра розподілу внутрішніх напружень у матеріалі деталі Вал

На рис. 3.4 видно, що найбільші напруження поблизу поверхні деталі Вал з'являються на бічній грані паза, який чинить супротив руху. Межу текучості матеріалу не подолано, отже, вал витримує задані навантаження.

Для розгляду внутрішніх напружень, що вивникають всередині матеріалу згенеровано еп.ру Desiging Insite. Очікувано, що найбільші напруги, крім як в області кріплення, виникають у скругленнях і канавках (рис. 3.5).

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.03.КЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

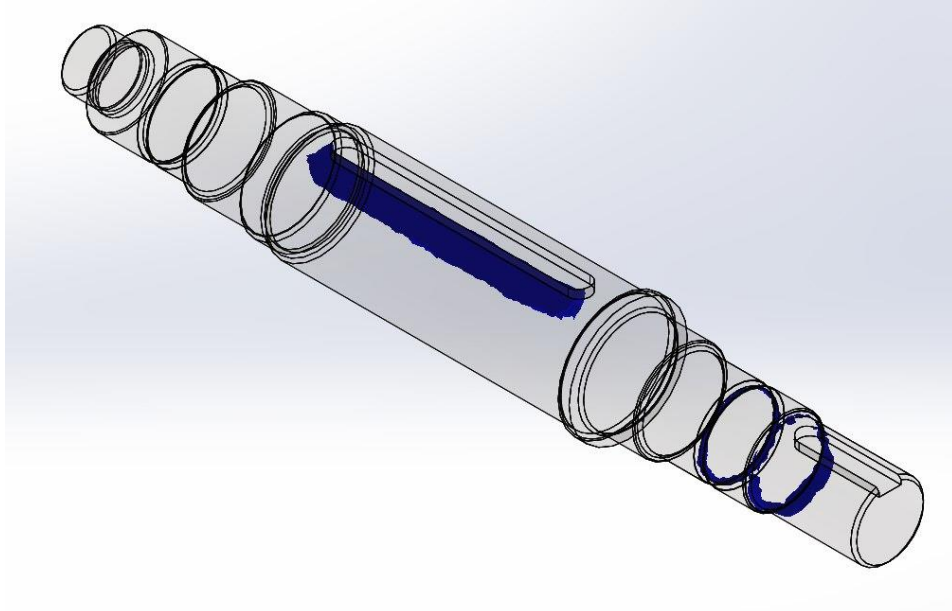


Рисунок 3.5 – Епюра найбільших внутрішніх напружень матеріалу

Имя модели: ВалКрутько

Название исследования: Статический 2(-Default-)

Тип эпюры: Запас прочности Запас прочности1

Критерий : Авто

Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 2,4

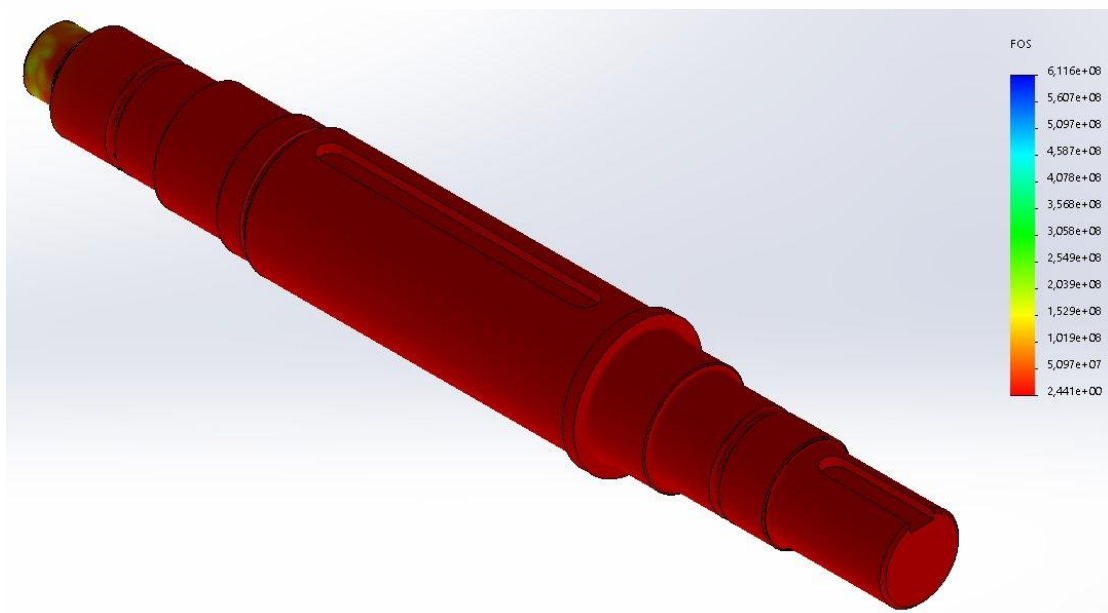


Рисунок 3.6 – Розподіл мінімального запаса міцності

Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-09.03.КЧ

Аркуш

На рис. 3.6 показано розподіл запасу міцності по деталі. Видно, що мінімальний запас міцності становить 2,4 і притаманний майже всьому тілу деталі. Такий запас міцності вважається достатнім, але у разі переконструювання геометрії деталі слід дещо збільшити мінімальний запас міцності.

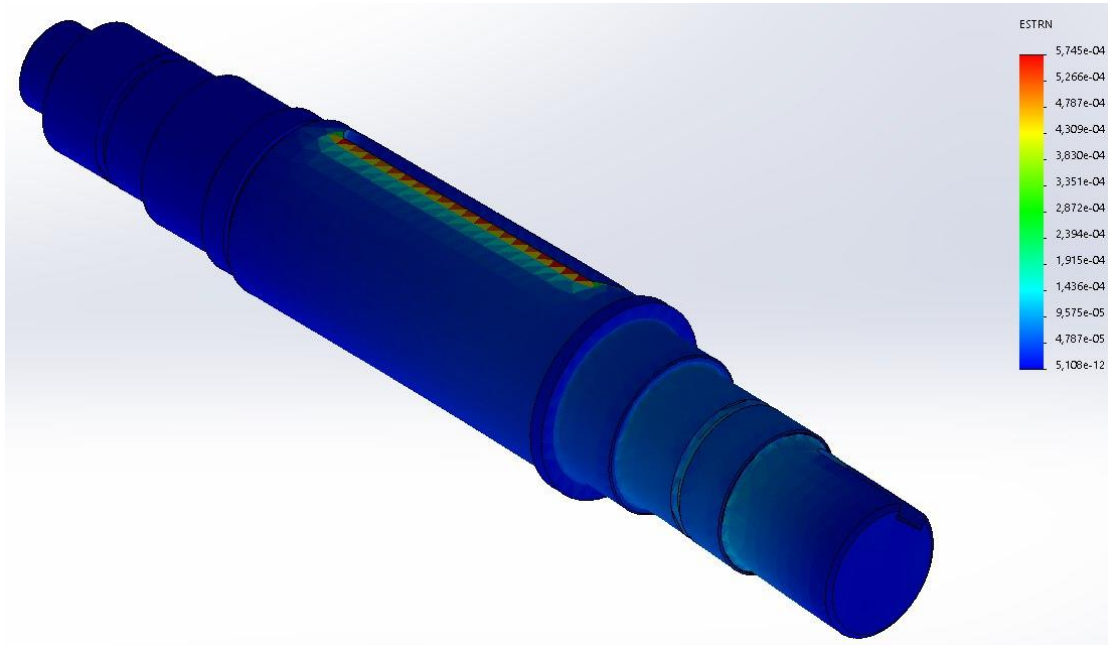


Рисунок 3.7 – Розподіл переміщення матеріалу деталі при прикладених навантаженнях

Із легенди епюри на рис. 3.7 видно, що максимальне переміщення матеріалу становить 0,5 мкм, що допустиме і є пластичною дефоормацією для даного матеріалу – після зняття навантаження матеріал деталі має прийняти вихідне положення.

					КНУ.КБР.131.24.1-09.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		



## 4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

### 4.1 Охорона праці та екологія виробництва

#### 4.1.1 Заходи пожежної безпеки

Оцінка вибухо- і пожежонебезпечності різних об'єктів полягає у визначенні можливих руйнівних наслідків пожеж та вибухів в цих об'єктах, а також небезпечних факторів цих явищ для людей.

Під пожежогасінням розуміють комплекс заходів, спрямованих на ліквідацію пожежі. В залежності від матеріалу, що горить, існують різні засоби гасіння. Для гасіння гуми можна використовувати будь-які засоби, перш за все – воду; для металів та їх сполук – порошки; для електрообладнання – хладони, діоксид вуглецю.

Для ефективної системи пожежогасіння потрібен комплекс інженерно – технічних споруд, призначених для забору води, очищення, збереження запасів води та подачі її до місць споживання. Протипожежне водопостачання полягає у забезпеченні об'єктів, що захищаються, необхідними витратами води під необхідним напором протягом нормативного часу гасіння пожежі. Розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння через гідранти на один пожар на промисловому підприємстві приймається в залежності від категорії вибухо- і пожежонебезпечності, ступеня вогнестійкості, об'єму та конструктивних особливостей будівель. Запас води на пожежогасіння повинен забезпечувати нормативні витрати води протягом 2 годин (для будівель I та II ступенів вогнестійкості категорій Г та Д). Максимальний строк відновлення недоторканого запасу води для таких будівель мусить бути не більше 36 годин. Напір в зовнішньому водопроводі мусить забезпечувати при довжині рукавів

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.04.0ЕПВ</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>	<i>Крутько</i>				<i>Організаційно-економічна підготовка виробництва</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Нечаєв</i>							
						<i>Кафедра ТМ зр. ПМ-20</i>		

150 м висоту струменя більше 10 м при розташуванні ствола на самому високому місці території, яка захищається водопроводом. Установки пожежогасіння передбачаються в процесі проектування.

Для виявлення початкової стадії пожежі передачі повідомлення про місце та час її виникнення існує пожежна сигналізація. Система пожежної сигналізації складається із пожежних оповіщувачів, що об'єднані в сигнальну лінію (шлейф), та перетворюють прояви пожежі (тепло, світ, дим) в електричний сигнал та вмикають світлову та звукову сигналізацію, а також автоматичні установки пожежогасіння. Найважливішим елементом сигналізації є датчики – пожежні оповіщувачі, які в залежності від проявів процесу поділяють на:

- теплові, які в свою чергу за принципом дії поділяються на максимальні, диференціальні, максимально-диференціальні. Вони можуть бути одноразові або багаторазового використання. Працюють на розрив, або на з'єднання електричного ланцюга. Теплові датчики повинні розташовуватися на висоті до 10 м, таких датчиків в приміщенні повинно бути не менше двох;

- димові – в якості чутливих елементів використовують фотоелементи або іонізаційні камери. Їх недоцільно встановлювати в приміщенні, де може утворитися пил, або випаровування луг чи кислот;

- ультразвукові – реагують на коливання полум'я, в основі лежить використання ефекту Добера, згідно якого частота сигналу, який повертається від рухомих частин відрізняється від початкової величини.

Відповідно до вимог "Правил пожежної безпеки України" на виробництві застосовують наступні засоби гасіння пожеж.

1. Пожежні гідранти, що живляться від кільцевого водопроводу високого тиску.
2. Внутрішні пожежні крани, розташовані уздовж робочих площадок усередині цеху, на висоті не менш 1,35 м від рівня підлоги;
3. Вогнегасники: - ОХП - 12; ОУ – 6.

У випадку виникнення пожежі його гасіння виконується силами внутрішньовідомчої пожежної охорони й добровільної пожежної дружини.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.04.0ЕПВ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Відповідальність за дотриманням правил пожежної безпеки покладена на начальників виробничих підрозділів.

4.1.2 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів, які виникають в процесі виготовлення деталей

Обрано найважливіші причини травматизму на виробництві у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Шкідливі та небезпечні фактори на виробництві

№ п/п	Назва та визначення фактору	Шкідливий (небезпечний) спосіб дії на людину	Можливі наслідки для працівника	Запобіжні пристосування
1	Виробничий пил, що являє собою розсіяні в повітрі дрібні часточки твердої речовини або рідини	Ураження органів дихання, шкіри, внутрішніх органів у різних формах прояву, отруєння	Тимчасова або постійна втрата працездатності, професійне захворювання	Вентиляція, огороження місць зберігання, спецодяг, обов'язкові та періодичні медогляди
2	Шум – одна з форм фізичного (хвильового) забруднення природного середовища, адаптація до якого практично неможлива	Вплив на нервову систему та більшість органів людини	Погіршення слуху, зниження працездатності, передчасне старіння	Звукоізоляція, акустична обробка приміщень, використання малошумних механізмів
3	Вібрація – вплив на організм людини коливань, спричинених роботою технічних пристроїв	Зміни в діяльності серцевої та нервової системи, спазми судин, суглобах	Вібраційна хвороба, передчасна втомленість, частота 6-12Гц	Огорожі, гасники вібрації, запобіжні пристосування, захисна ізоляція

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.04.0ЕПВ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4	Ураження електричним струмом призводить до пошкодження тканин та органів людини	Опіки, електро-металізація шкіри, ураження очей від дії електричної дуги	Утрата працездатності, як правило, буває довгочасною, можливий смертельний наслідок	Використання штучних та природних заземлюючих пристроїв
5	Горіння – це складний фізико-хімічний процес взаємодії горючих речовин та окис-лювача з виділенням великої кількості тепла і світла	Шкідливий вплив продуктів горіння на органи дихання, зір, численні опіки	Довготривала втрата працездатності, часті летальні випадки, опіки різних ступенів тяжкості	Використання вогнегасників різного типу, автоматичних систем гасіння, різноманітних попереджувальних датчиків

Один з найбільш загрозливих факторів при роботі на металорізальних верстатах – це електротравматизм. Так як майже усі верстати живляться від електромережі змінної напруги 380 В, то ураження електричним струмом має дуже тяжкі наслідки для людини, а в багатьох випадках є смертельним.

Особливу увагу необхідно приділяти при експлуатації підйомно-транспортних засобів. Вони також можуть бути причиною травматизму при невиконанні правил техніки безпеки при роботі з ними.

#### 4.2 Техніко-економічний розрахунок вартості обладнання

Загальні розміри витрат на обладнання визначають як суму вартості основного технологічного обладнання цеху (верстати, преси, конвеєри та ін.), енергетичного та підйомно-транспортного обладнання, а також засобів контролю та управління, інструментів, виробничого та господарського інвентарю. Вартість одиниці обладнання визначається за початковою (балансовою) вартістю, в яку вводять витрати на придбання обладнання, транспортно-заготівельні витрати, витрати на будівельні роботи, будову фундаментів та монтаж обладнання.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.04.0ЕПВ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Вартість обладнання для механічної обробки деталей визначається прямим рахунком по вибраному обладнанню. Підбір обладнання здійснюється з використанням даних, які знаходяться у “Нормативній базі експлуатації обладнання”. Результати підбору обладнання заносять у таблицю 6.2.

Вибране обладнання необхідно перевірити за його габаритами на відповідність площі цеху, яку займають метало-оброблювані верстати.

Таблиця 4.2 – Обладнання цеху

Найменування верстату	Модель	Р, кВт	Балансова вартість, грн	Габарити (довжина, ширина), м	Кільк. од.	Робітник. на 1 верстат	Зайнято робітн. (2 зм.)
<b>Основне обладнання</b>							
Токарно-гвинторізний із ЧПК	16K20T1	11	250000	3,08×1,7	3	0,5	2
Токарно-гвинторізний	16K20	10	160000	2,9×1,45	1	1	2
Горизонтально-розточувальний	2620	10	100000	5,47×2,98	2	1	2
Радіально-свердлильний	2Н55	4,5	45400	2,625×0,968	2	1	4
Фрезерно-центрувальний	MP-71	7,5	73380	2,64×1,45	1	1	2
Вертикально-фрезерний	6T10	3	74900	1,5×1,9	1	1	2
Довбальний	7A412	7,5	82000	2,2×1,5	2	0,5	2
Кругло-шліфувальний	3M173	7,5	93000	2,2×1,5	2	1	4
Протяжний	7Б66	18,5	74620	6,34×2,09	1	1	1
Відрізний	HDT 300S	1,5	20000	2,31×1,35	1	1	2
Відрізний	FORB 20×2500	37	170000	3,37×2,545	1	1	2
Листо-згинальний	IB2220	11	70000	2,8×0,78	1	1	2

## Допоміжне обладнання

Свердлильний	2А125	2,8	32000	0,98×0,825	1	1	2
Токарно-гвинторізний	1К62	12,6	68500	3,4×1,26	2	1	4
Шліфувальний	3А227	10	92000	2,5×1,47	1	1	2
Горизонтально-фрезерний	6М83Г	10	104000	2,265×2,135	1	1	2
Шліфувальний	3184	17,5	127000	2,03×1,9	1	1	2
Заточний	3А64	3,2	17540	2,4×1,26	1	1	2
	3В624	3,2	21700	1,8×1,26	1	1	2
	3659М	3,2	20350	2,4×1,8	1	1	2
Усього			2585290		27		45

Вартість виробничого обладнання буде складатися із сумарної вартості контрольно-вимірювальних пристроїв, вартості обладнання для механічної обробки деталей.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.04.0ЕПВ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було накреслено деталь Вал, вузол деталі, розроблено ТП (технологічний процес) виготовлення вала. Обґрунтовано обрання методу виготовлення заготовок. Виконано конструкторське дослідження Вала шляхом обчислення його механічних властивостей у Solid Works Simulation (CAE-системи).

Розглянуто детально значна кількість сучасних верстатів з ЧПК, зроблено їх порівняльний аналіз. Змінено базовий ТП з допомогою заміни універсальних старих верстатів на верстати з ЧПК.

Розраховано геометрію вала на стійкість до навантаження. Дано рекомендації для подальших розробок.

Обчислено вартість обладнання виробництва, яке зможе випускати деталь Вал.

Описано технічні і організаційні заходи по охороні та безпеці праці при роботі на виробництві.

Технічне завдання виконано у повному обсязі.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.В</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Крутько</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Нечаєв</i>						
						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</i>		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ANDRE Абразивный инструмент
2. GTURN Каталог Пластин 2019 Инструменты с механическим креплением многогранных сменных режущих пластин.
3. HSK to Capto PSK (PSC) Adapters
4. Sandvik 2015 Оснастка для вращающегося инструмента
5. SAUTER Direct Drive PL 62 0.5.437
6. Анурьев В.И. Справочник конструктора.-Т.1.-М: Машиностроение, 1978 г.
7. Бишутин С.Г. Прогнозування і забезпечення параметрів шорсткості шліфованої поверхні на основі моделювання процесів виправлення кола й обробки: автореферат до дисертації. – Брянськ, 1998. - 22с.
8. Боженко Л. І. “Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні”. – К.: НШКВО, 1990р.
9. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигірей, В.М.Сторожук, Л.В.Туряб Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред. канд. техн. наук, доцента В.Ц. Жидецького. – Львів, Афіша, 2005. – 352с.
10. Вульф А.Н. Резание металлов. – 2-е изд. – Л.: Машиностроение, 1973 г.
11. Гавриш А.П., Воронец В.М. Роботизированные механообрабатывающие комплексы машиностроительного производства. – Киев.: Техніка, 1984 г.
12. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення.
13. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
14. Економіка підприємства: Підручник/ За ред. С. Ф. Покропивного. — К.: КНЕУ, — 2001.
15. Жидецький В.Ц., Основи охорони праці. Підручник Київ 2002р.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.СВД</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разроб.</i>	<i>Крутько</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Список використаних джерел</i>							



16. Закон України “ Про охорону навколишнього природного середовища ”, 1991 року зі змінами № 554-ІХ від 13.04.2020 - вводится в дію з 1 січня 2021 року}
17. Закон України “ Про охорону праці ”, нова редакція, м. Київ, 21 листопада 2002 року, № 341-ІХ від 05.12.2019, ВВР, 2020, № 13, ст.68}
18. Каталог PRAMET 2016 Металлорежущий инструмент для точения фрезерования сверления.
19. Каталог SECO 2015 Обработка отверстий.
20. Каталог SECO 2015 Токарная обработка.
21. Каталог SECO 2015 Фрезерование.
22. Каталог YG-1 2017 Сверла Метчики Фрезы Режущий и вспомогательный инструмент.
23. Каталог Ирлинг Инжиниринг Вспомогательный инструмент к фрезерным станкам с ЧПУ.
24. Коваленко А.Д. Термоупругость. – К.: Вища шк., 1975. – 216 с.
25. Руденко П. О. “Проектування технологічних процесів у машинобудуванні” – К.: Вища школа, 1993р.
26. Логашев В.Г. Технологические основы гибких автоматических производств. –Л.: Машиностроение, 1985 г.
27. Маталин А.А. Технология машиностроения. – Л.: Машиностроение, 1985 г.
28. Мягков В.Д. и др. Допуски и посадки. – Л.: Машиностроение, 1982 г.
29. НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок.
30. Обработка металлов резанием /справочник технологий/ Под ред. Г.А. Монахова. –М.: Машиностроение, 1974 г.
31. Общий каталог YAMAHA 2016-17.
32. Охорона праці: Навчальний посібник/ За ред. В. Кучерявого. – Львів: Оріана-Нова, 2007. – 368 с.
33. Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація): Навчальний посібник. – Львів: Світ, 2001. – 232 с.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.СВД</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

34. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ-2009. Мінпаливенерго України. – К.: Форт. – 2009. – 704 с.
35. Размерный анализ технологических процессов /В.В. Матвеев, М.М. Тверской, Ф.И. Бойков и др. –М.: Машиностроение, 1982 г.
36. Режимы резания металлов /Справочник технолога/ Под ред. Ю.В. Барановского. – М.: Машиностроение, 1980 г.
37. Руденко П. О. “Проектування технологічних процесів у машинобудуванні” – К.: Вища школа, 1993р.
38. Руденко П. О. “Проектування технологічних процесів у машинобудуванні” – К.: Вища школа, 1993р.
39. Руденко П.А., Харламов Ю.А. / под общей ред. В.М. Плескача. – К.: Выща школа , 1991. – 247 с.: ил.
40. Рудь В. Д. “Курсове проектування з технології машинобудування”: Навчальний посібник: ІСДО, 1996р.
41. СНиП 2.04.05 – 91. Нормы проектирования. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М.: Стройиздат. – 1988. – 64 с.
42. Справочник нормировщика-машиностроителя. Т.2. – М.: Машиностроение, 1961 г.
43. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. А.А.Панова. Машиностроение, 2004 г.
44. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1. 3-е изд. /Под ред. А.М. Малова/. – М.: Машиностроение, 1985 г.
45. Справочник технолога-машиностроителя. Т.2. 3-е изд. /Под ред. А.М. Малова/. – М.: Машиностроение, 1985 г.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-09.СВД</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# ДОДАТКИ

					<i>КНУ.МВР.131.23.1-18.Д</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Додатки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Разроб.</i>	<i>Крутько</i>							<i>3</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Нечаєв</i>							
						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</i>		

## ДОДАТОК А

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
<i>Документація</i>						
А1			КНУ.КРБ.131.24.1-09.ГЗ	Складальне креслення	1	
<i>Складальні одиниці</i>						
А1		1		Корпус	1	
		2		Кожух	1	
		3		Сердечник	2	
		4		Крильчатка	1	
		5		Монтаж електричний	1	
		6		Дифузор	1	
		7		Ротор	1	
		8		Котушка	1	
<i>Деталі</i>						
А2		9	КНУ.КРБ.131.24.1-09.В	Вал	1	
		10		Фланець	1	
		11		Решітка	6	
		12		Щит підшипниковий	2	
		13		Знак "Обережно!"		
				Електрична напруга"	1	
		14		Кришка підшипника	1	
		15		Кришка підшипника	1	
		16		Кришка підшипника	1	
		17		Кришка підшипника	1	
<b>КНУ.КБР.131.24.1-09.Д</b>						
<b>Додаток</b>						
Літ.	Аркуш	Аркушів				
н	1	3				
Кафедра ТМ гр. ПМ-20						
Формат А4						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		18		Втулка	1	
		19		Прокладка	4	
		20		Знак заземлення	1	
		21		Шпонка	1	
		22		Фланець	1	
		23		Фланець	1	
		24		Прокладка	2	0,009 кг
				φ210×φ152×0,5		
				Картон електро- ізоляційний ЕВТ 0,5		
				згідно стандарту		
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Болти		
		25		M6-6d×20.58.019	12	
		26		M8-6d×18.58.019	1	
		27		M8-6d×35.58.019	10	
		28		M8-6d×65.58.019	12	
				Гайки		
		29		M8-6H.5.019	10	
		30		M30×1,5-6H.6.019	1	
		31		Гвинт VM6-6d×12.58	12	
				згідно стандарту		
		32		Заклепка 3×6.00	3	
				згідно стандарту		
		33		Кільце В45Кd9хр	2	
				згідно стандарту		
		34		Підшипник 309К	2	
				згідно стандарту		

Інв. № аркуз.	Підп. і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата
---------------	--------------	-------------	--------------	--------------

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
-----	------	----------	-------	------

КНУ.КБР.131.24.1-09.Д

Арк.

2



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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ  
АРКУШІВ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Прискорення конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення  
деталі «Вал» з використанням CAD/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

\_\_\_\_\_

(підпис)

Крутько Я.А.

Керівник КБР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Кравцова Д.Ю.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

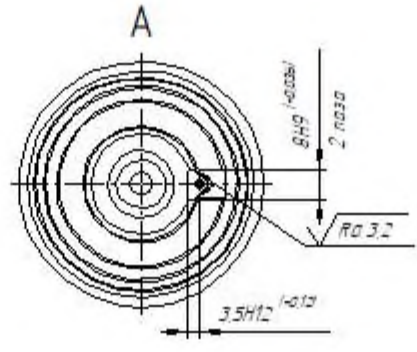
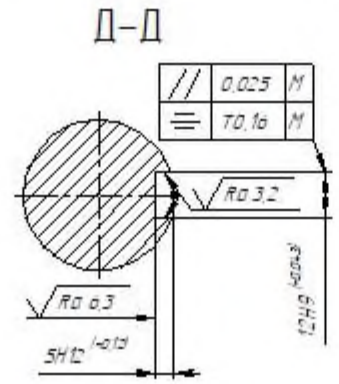
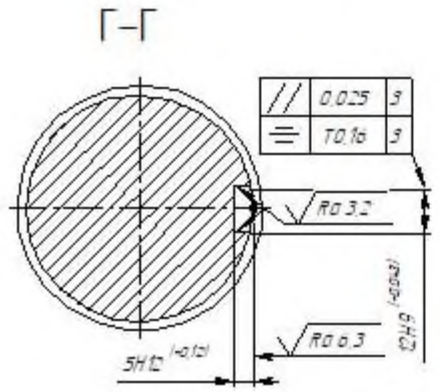
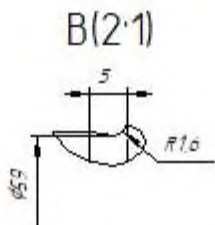
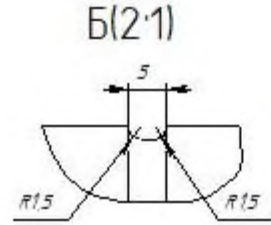
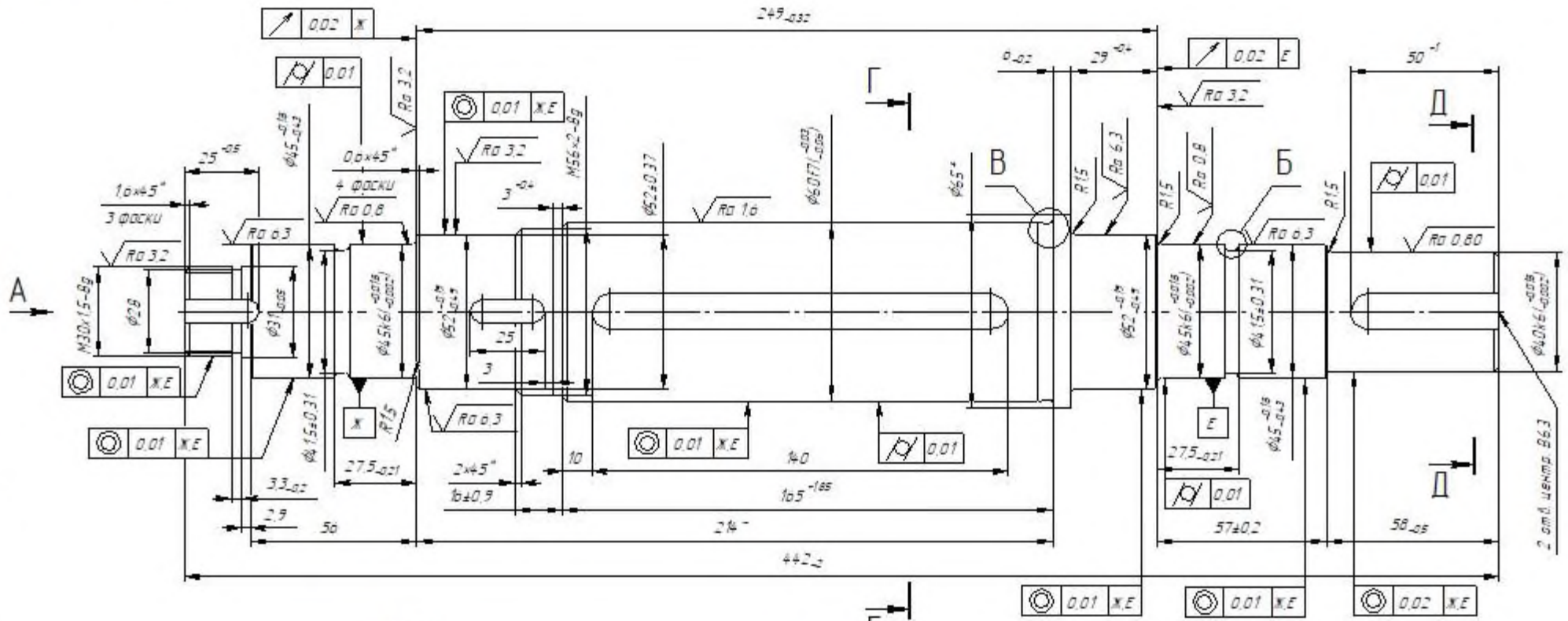
Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Нечаєв В.П.



1. НВ 280-320.
2. Допускається виготовляти зі сталі 40 ДСТУ 7809:2015.
3. \* Розміри для відбокс.
4. Невказані граничні відхилення Н14, н14, зТ14/2.
5. Неспіввідношення поверхні З відносно поверхонь Ж і Е не більше 0,02 мм, неспіввідношення поверхонь Р,Н,Л,К відносно поверхонь Ж і Е не більше 0,01 мм.

КНУКБР.13124.1-09.В				
Зм. Іл.	М.П. викон.	Підп.	Зам.	Масштаб
1				1:1
2				1:1
3				1:1
4				1:1
5				1:1
6				1:1
7				1:1
8				1:1
9				1:1
10				1:1
11				1:1
12				1:1
13				1:1
14				1:1
15				1:1
16				1:1
17				1:1
18				1:1
19				1:1
20				1:1
21				1:1
22				1:1
23				1:1
24				1:1
25				1:1
26				1:1
27				1:1
28				1:1
29				1:1
30				1:1
31				1:1
32				1:1
33				1:1
34				1:1
35				1:1
36				1:1
37				1:1
38				1:1
39				1:1
40				1:1
41				1:1
42				1:1
43				1:1
44				1:1
45				1:1
46				1:1
47				1:1
48				1:1
49				1:1
50				1:1
51				1:1
52				1:1
53				1:1
54				1:1
55				1:1
56				1:1
57				1:1
58				1:1
59				1:1
60				1:1
61				1:1
62				1:1
63				1:1
64				1:1
65				1:1
66				1:1
67				1:1
68				1:1
69				1:1
70				1:1
71				1:1
72				1:1
73				1:1
74				1:1
75				1:1
76				1:1
77				1:1
78				1:1
79				1:1
80				1:1
81				1:1
82				1:1
83				1:1
84				1:1
85				1:1
86				1:1
87				1:1
88				1:1
89				1:1
90				1:1
91				1:1
92				1:1
93				1:1
94				1:1
95				1:1
96				1:1
97				1:1
98				1:1
99				1:1
100				1:1

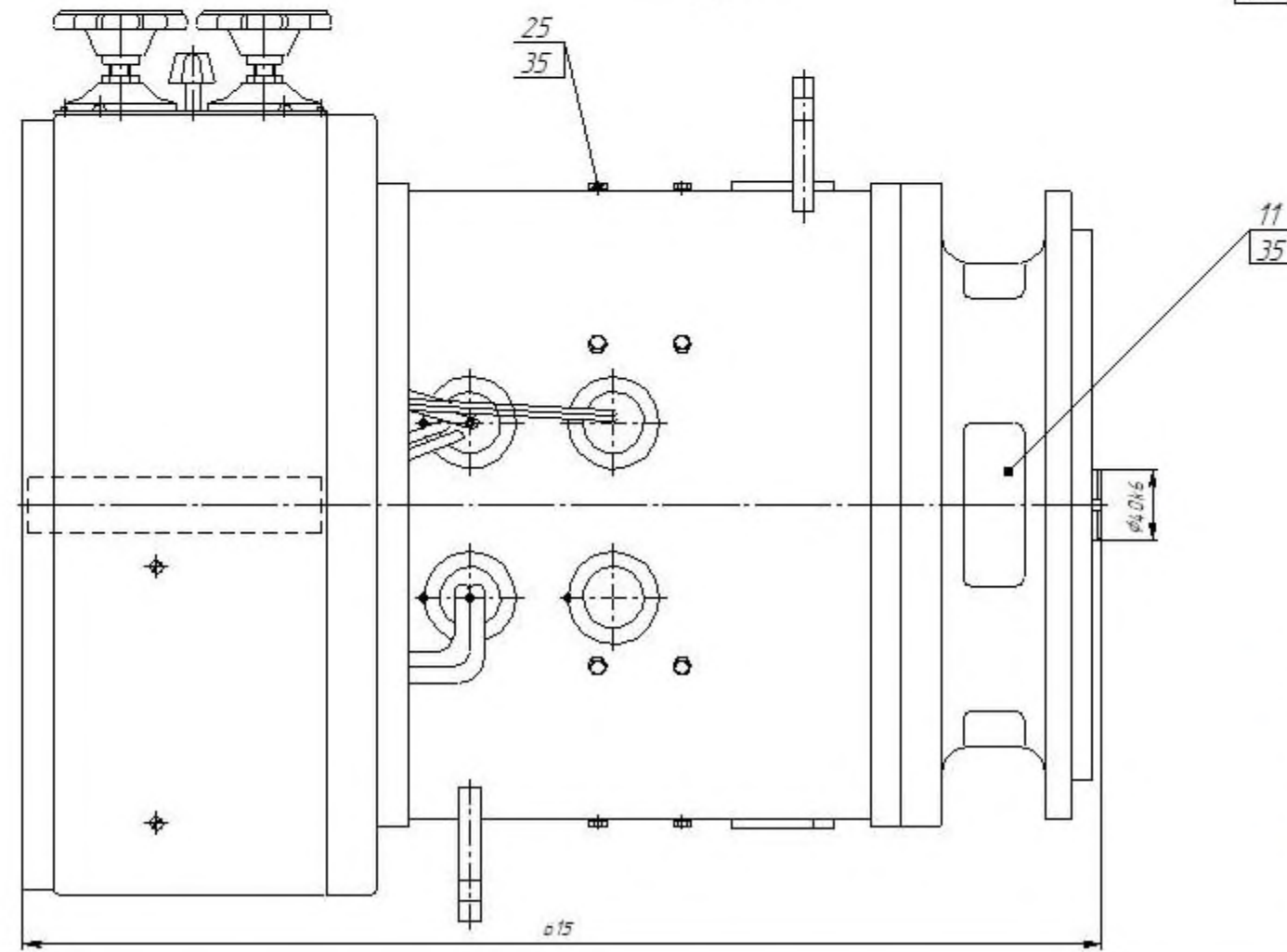
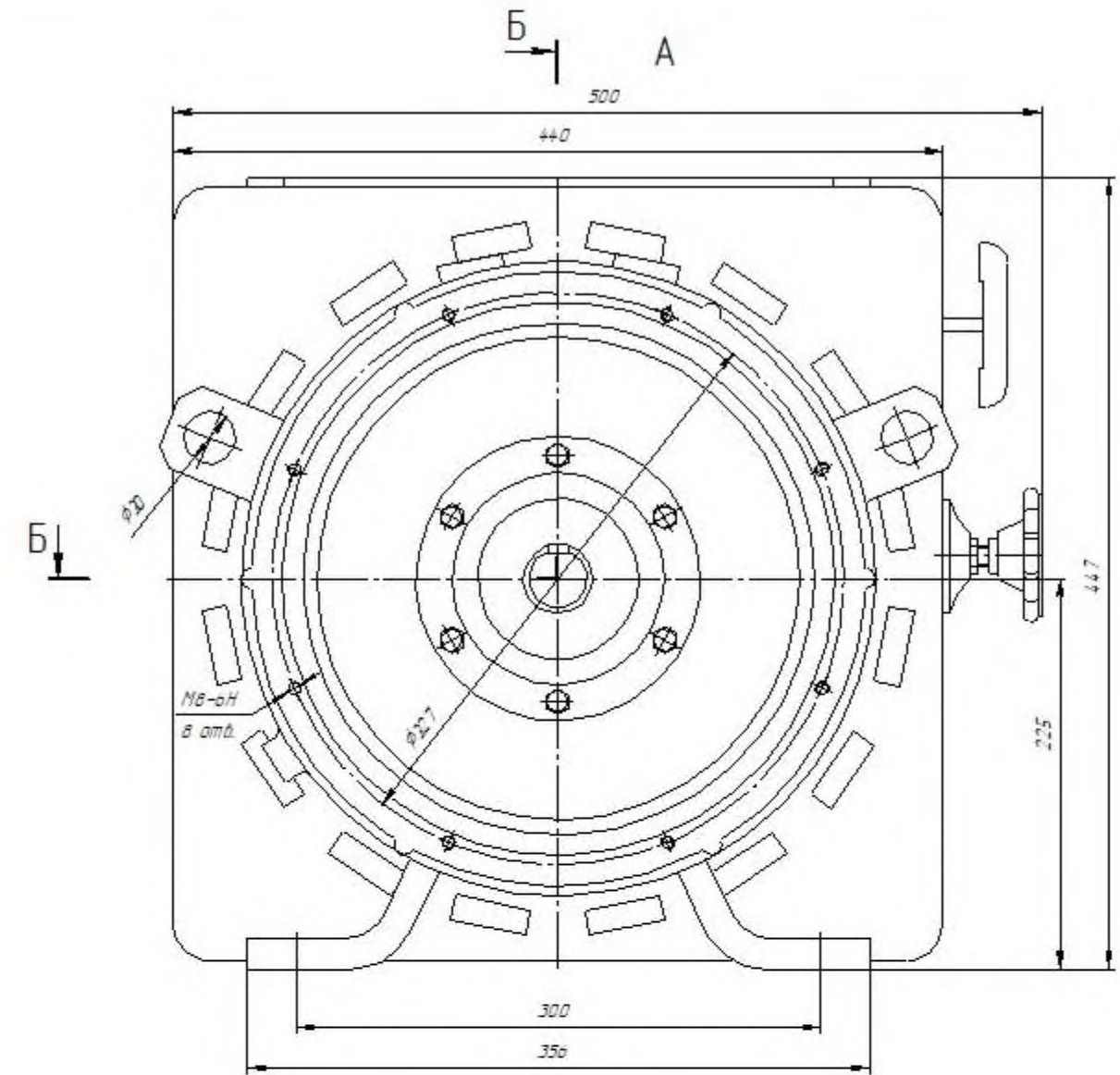
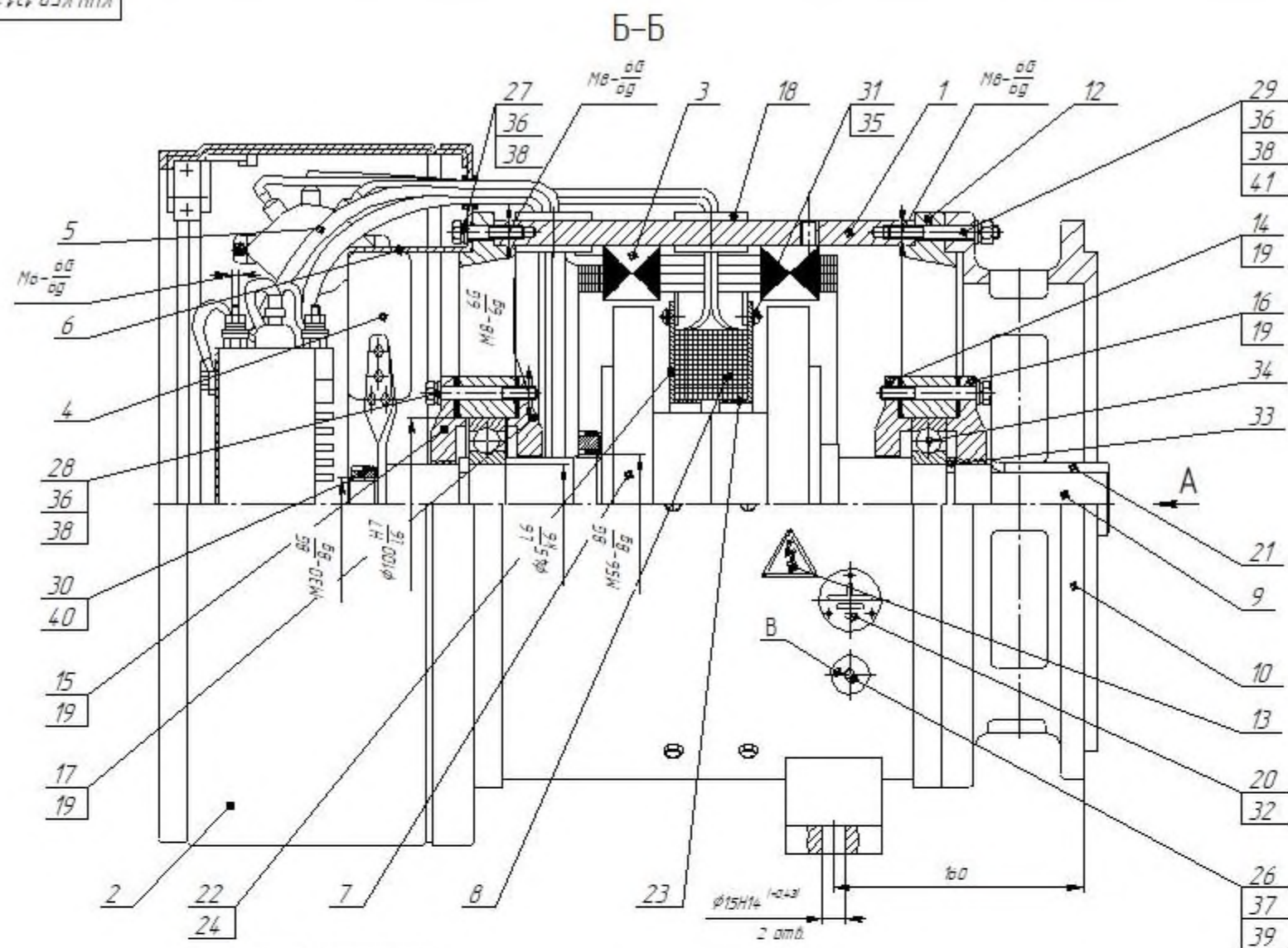
КНУКБР.13124.1-09.В

Вал

Сталь 45 ДСТУ 7809:2015

Коробка ТМ  
зр. ПМ-20





**Технічна характеристика**

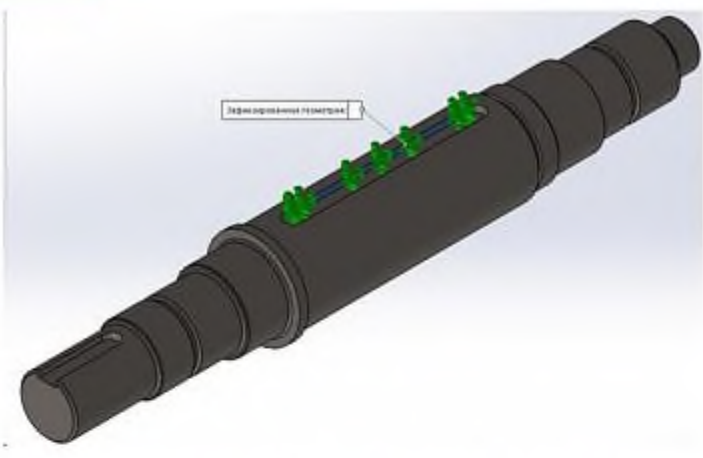
1. Номінальний зварювальний струм, А	400
2. Номінальне робоче напругання, В	30
3. Межі плавного регулювання зварювального струму, А:	
- малі межі	60-170
- великі межі	160-430
4. Найбільший зварювальний струм, не менше, А:	
- при ПН-100%	300
- при ПН-35%	430
5. Напругання холостого ходу, не більше, В	100
6. Номінальна тривалість циклу зварювання, хв	5
7. Номінальна відносна тривалість навантаження, ПН%	60
8. Потужність привідного двигуна, не менше, кВт(л.с.)	22/30/
9. Номінальна частота обертання, с <sup>-1</sup>	0/1800/
10. Коефіцієнт корисної дії в номінальному режимі, %	74
11. Вага, не більше, кг/кВт	240
12. Питоме вага, не більше, кг/кВт	10,91
13. Габаритні розміри, не більше, мм:	
- довжина	620
- ширина	510
- висота	450

**Технічні вимоги**

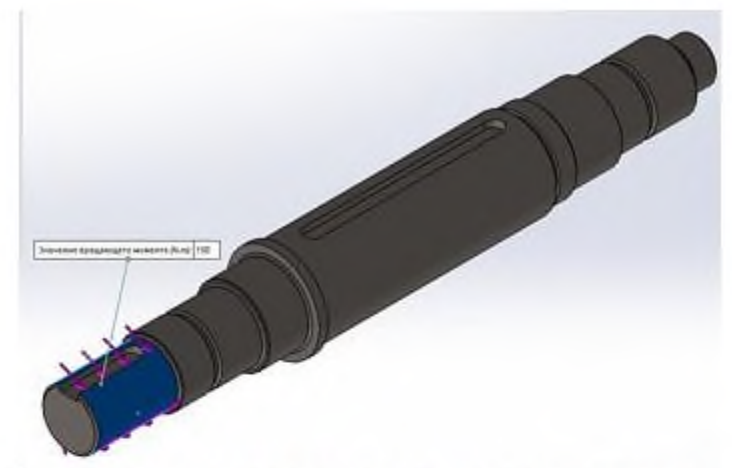
1. Розміри для вадбок.
2. Підшипники поз.34 перед встановленням протити бензином, висушити, змастити мастилом ЦИАТИМ-201. Мастилом заповнити 2/3 анзда підшипника. Допускається підшипники не протити бензином при наявності повного збереження із заводської консервації і упаковки.
3. Прокладки поз.19 перед встановленням на кришки прорасичити в турбінному мастилі 22.
4. Ротор поз.4 встановлюється в статор поз.2 при попередньому зняттю одному пакеті, котрий потім встановлюється на колишнє місце.
5. Поверхня в банкі під болт заземлення поз.26 зачистити до блиску і покрити мастилом ЦИАТИМ-201.
6. Покриття, окрім поверхні в' емаля ПФ-115 жовта, IV,У2, в 2 шари.

КНУКБР.13124.1-09Г3

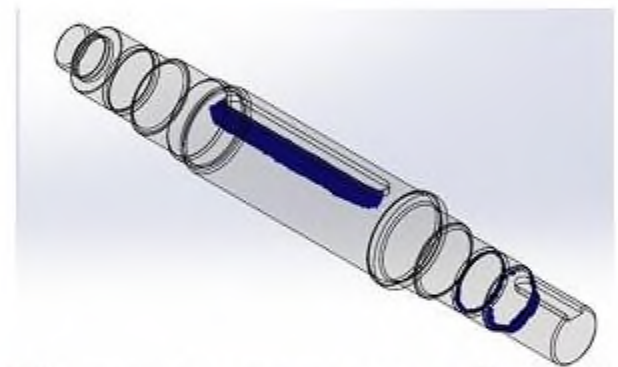
Генератор зварювальний ГД-4014		Іл	Маса	Масштаб
Зм. Іл	М.В.С.	Іл	Маса	1:2
Розроб.	Калітала	Іл	Маса	
Перев.	Калітала	Іл	Маса	
Інженер	Невдал	Іл	Маса	
Варт.	Невдал	Іл	Маса	
Коридор ТМ		Іл	Маса	
др. ПМ-20		Іл	Маса	
Іл		Іл	Маса	



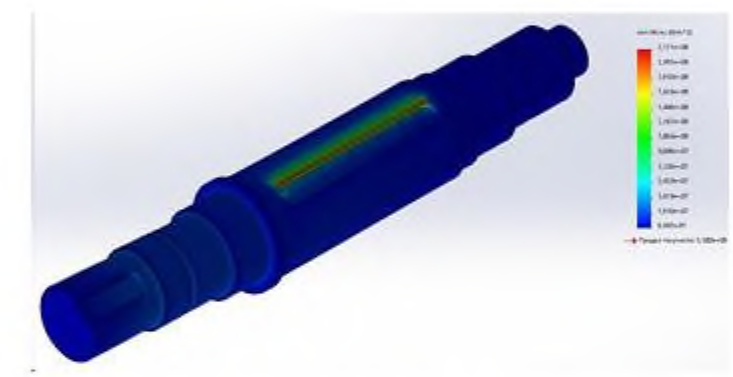
Копія екрана вікна SolidWorks Simulation із налаштуванням закріплення в просторі поверхні дна шпоночного паза Вала



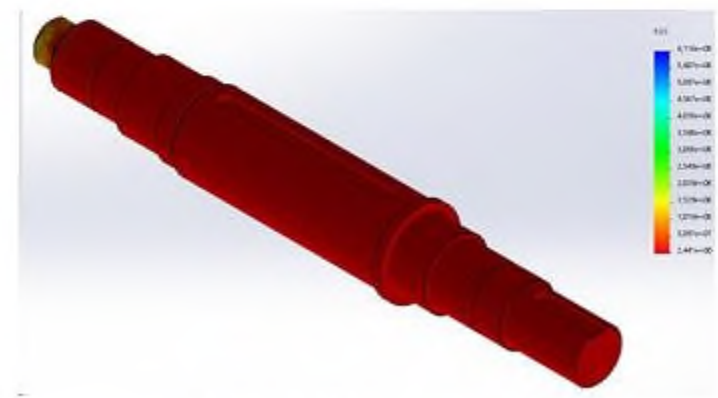
Копія екрана вікна SolidWorks Simulation із налаштуванням навантаження на циліндричну поверхню вала



Екюра найбільших механічних напруг (Design Insight)



Модель із розрахованими напругами у матеріалі



Екюра запасу міцності

					<b>КНУ.КБР.13124.1-09.АЕПР</b>			
Зм.	Арж.	№ докum.	Лист	Дата	Аналіз ефективності проектних рішень	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.		Крутько				Н		
Перев.		Кравцова				Аркуш	Аркушів	1
Н.контр.		Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-20			
Затв.		Нечасів			Формат А3			

# Структура та зміст технологічних операцій обробки деталі "Вал"

КНУ.КБР.13124.1-09.ТП

№ і назва операції	Модель верстата та пристосування	Операційний ескіз	Назва і зміст операцій та установ	Різальний інструмент	Засоби контролю та вимірювання
005 Заготівельна	Стрiчкава-пилкова вдiльний верстат-напiдавтомат моделi HDT 3005		1. Встановити, закріпити і зняти деталь. 2. Відрізати заготовку вказаних розмірів від напідвалятку (пракат сталевий сорячкотаний круглий φ70 <sup>+0,1</sup> ДСТУ 7809:2015, сталь 45 ДСТУ 7809:2015).	2. Стрiчкава полотна 1-10-0.65-10 зiдна стандарту Р6М5 зiдна стандарту.	1. Штансенциркуль ШЦ-II-125-0,05 зiдна стандарту 2. Лінійка - 300 зiдна стандарту
010 Штанпувальна	Горизонтально-кувальна машина ВВ 1134 Штанп закритий		1. Встановити, закріпити і зняти деталь. 2. Штанпувати заготовку на ГКМ. Сталь 45 ДСТУ 7809:2015		1. Штансенциркуль ШЦ-II-125-0,05 зiдна стандарту 2. Лінійка - 500 зiдна стандарту
015 Термічна	Термічна піч ПКМ 6.12.5/12.5		1. Виконати нормалізацію заготовки при t=830-860°C, НВ 280-320.		1. Твердомір Брінелля моделі ТВ 5004-03.
020 Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний напідваляток моделі МР-71 Призма 7030-0087 зiдна стандарту		1. Встановити, закріпити і зняти деталь. 2. Підрізати торці 1, 2. 3. Центрувати отвори 3, 4 з обох сторін одночасно.	2. Фреза торцева φ50 2210-0063 зiдна стандарту Р6М5 зiдна стандарту 3. Свердло центрувальне φ6.3 2317-0122 зiдна стандарту, Р6М5 зiдна стандарту.	1. Штансенциркуль ШЦ-II-500-0,1 зiдна стандарту.
025 Токарна з ЧПК	Токарно-свинтарічний верстат із ЧПК моделі ІаК20Т1 Подавковий патрон 1708-0021 зiдна стандарту		1. Встановити, закріпити і зняти деталь. 2. Точити початок поверхні в. 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 витримуючи відповідно розміри φ41 мм, R1 мм, 385 мм, φ46.4 мм, φ46.4 мм, R1 мм, 328 мм, φ53.4 мм, R1 мм, 298.6 мм. 3. Точити навісність поверхні в. 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 витримуючи відповідно розміри φ40.6 мм, R1 мм, φ45.6 мм, φ45.6 мм, R1 мм, 327.4 мм, φ52.4 мм, R1 мм. 4. Точити канавку 18. 5. Точити навісність поверхні в. 7, 10, 11, 12, 13, 15, 16 витримуючи відповідно розміри.	2. Різець 2112-0031 зiдна стандарту, Р6М5 зiдна стандарту 3. Різець 2112-0031 зiдна стандарту, Р6М5 зiдна стандарту 4. Різець спеціальний канавочний, Т5К10 зiдна стандарту. 5. Різець 2112-0084 зiдна стандарту, Т5К10 зiдна стандарту.	1. Штансенциркуль ШЦ-II-500-0,05 зiдна стандарту 2. Зразки шорсткості зiдна стандарту T Ra 0.3, T Ra 3.2.
030 Токарна з ЧПК	Токарно-свинтарічний верстат із ЧПК моделі ІаК20Т1 Подавковий патрон 1708-0021 зiдна стандарту		1. Передстановити, закріпити і зняти деталь. 2. Точити початок поверхні 20, 21, 22, 24, 25, 26, 27, 29, 30, 31, 33, 34, 35 витримуючи відповідно розміри φ31.2 мм, φ32 мм, 21 мм, φ46.4 мм, φ46.4 мм, R1 мм, 77 мм, φ53.4 мм, 112.2 мм, φ57.4 мм, φ61.4 мм, 291 мм, φ66 мм. 3. Точити навісність поверхні 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35 витримуючи відповідно розміри φ30.4 мм, φ31 мм, 22 мм, φ45.6 мм, φ45.6 мм, R1 мм, 77.6 мм, φ52.4 мм, φ56.4 мм, φ60.4 мм, φ65.4 мм. 4. Точити канавку 36. 5. Точити канавку 37. 6. Точити канавку 38. 7. Точити канавку 39. 8. Точити навісність поверхні 20, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 33, 35 витримуючи відповідно розміри. 9. Нарізати різьбу на поверхнях 20 і 31.	2. Різець 2112-0031 зiдна стандарту, Р6М5 зiдна стандарту. 3. Різець 2112-0031 зiдна стандарту, Р6М5 зiдна стандарту 4. Різець спеціальний канавочний, Т5К10 зiдна стандарту. 5. Різець спеціальний канавочний, Т5К10 зiдна стандарту. 6. Різець спеціальний канавочний, Т5К10 зiдна стандарту. 7. Різець спеціальний канавочний, Т5К10 зiдна стандарту. 8. Різець 2112-0084 зiдна стандарту, Т5К10 зiдна стандарту. 9. Різець 2660-0001 зiдна стандарту, Т5К10 зiдна стандарту.	1. Калібра-скоба 815-0144 φ60Г7 зiдна стандарту 2. Калібра-кільце за зiдна стандарту 8211-012 М30-8g ПР, 8211-012 М30-8g ПР, 8211-112 М30-8g HE, 8211-112 М30-8g HE. 4. Штансенциркуль ШЦ-II-500-0,05 зiдна стандарту 5. Зразки шорсткості зiдна стандарту T Ra 0.3, T Ra 3.2, T Ra 1.6.

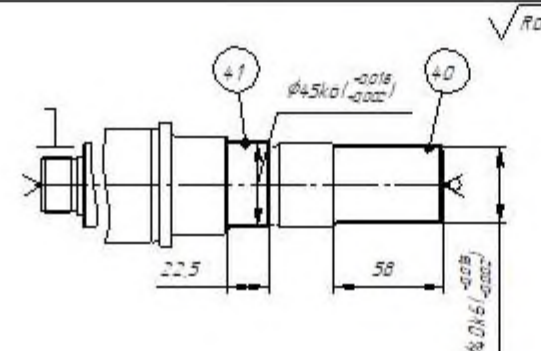
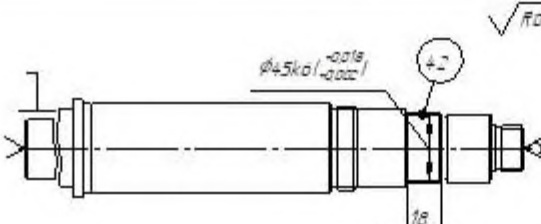
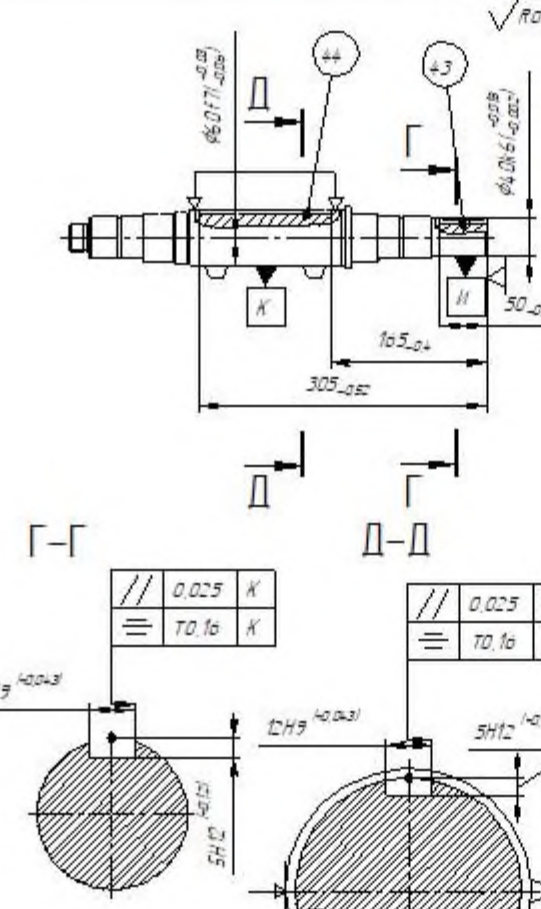
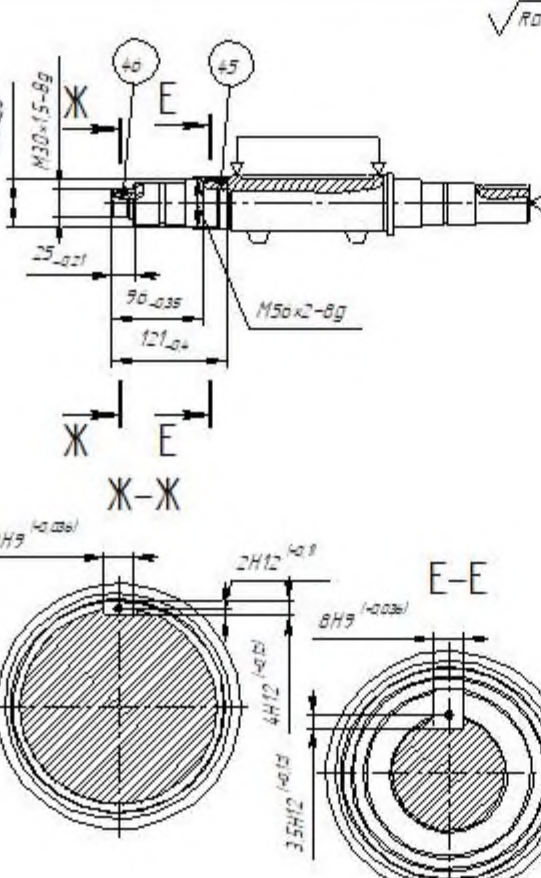
Лист 1 з 1  
Лист 2 з 2  
Лист 3 з 3  
Лист 4 з 4  
Лист 5 з 5  
Лист 6 з 6  
Лист 7 з 7  
Лист 8 з 8  
Лист 9 з 9  
Лист 10 з 10  
Лист 11 з 11  
Лист 12 з 12  
Лист 13 з 13  
Лист 14 з 14  
Лист 15 з 15  
Лист 16 з 16  
Лист 17 з 17  
Лист 18 з 18  
Лист 19 з 19  
Лист 20 з 20  
Лист 21 з 21  
Лист 22 з 22  
Лист 23 з 23  
Лист 24 з 24  
Лист 25 з 25  
Лист 26 з 26  
Лист 27 з 27  
Лист 28 з 28  
Лист 29 з 29  
Лист 30 з 30  
Лист 31 з 31  
Лист 32 з 32  
Лист 33 з 33  
Лист 34 з 34  
Лист 35 з 35  
Лист 36 з 36  
Лист 37 з 37  
Лист 38 з 38  
Лист 39 з 39  
Лист 40 з 40  
Лист 41 з 41  
Лист 42 з 42  
Лист 43 з 43  
Лист 44 з 44  
Лист 45 з 45  
Лист 46 з 46  
Лист 47 з 47  
Лист 48 з 48  
Лист 49 з 49  
Лист 50 з 50  
Лист 51 з 51  
Лист 52 з 52  
Лист 53 з 53  
Лист 54 з 54  
Лист 55 з 55  
Лист 56 з 56  
Лист 57 з 57  
Лист 58 з 58  
Лист 59 з 59  
Лист 60 з 60  
Лист 61 з 61  
Лист 62 з 62  
Лист 63 з 63  
Лист 64 з 64  
Лист 65 з 65  
Лист 66 з 66  
Лист 67 з 67  
Лист 68 з 68  
Лист 69 з 69  
Лист 70 з 70  
Лист 71 з 71  
Лист 72 з 72  
Лист 73 з 73  
Лист 74 з 74  
Лист 75 з 75  
Лист 76 з 76  
Лист 77 з 77  
Лист 78 з 78  
Лист 79 з 79  
Лист 80 з 80  
Лист 81 з 81  
Лист 82 з 82  
Лист 83 з 83  
Лист 84 з 84  
Лист 85 з 85  
Лист 86 з 86  
Лист 87 з 87  
Лист 88 з 88  
Лист 89 з 89  
Лист 90 з 90  
Лист 91 з 91  
Лист 92 з 92  
Лист 93 з 93  
Лист 94 з 94  
Лист 95 з 95  
Лист 96 з 96  
Лист 97 з 97  
Лист 98 з 98  
Лист 99 з 99  
Лист 100 з 100

КНУ.КБР.13124.1-09.ТП

Технологічний процес

Вн. ін.	М.Б.У.	П.І.	І.І.
Розроб.	Корект.		
Нормат.	Резерв.		
Зам.	Відп.		

Кафедра ТМ  
ср. ПМ-20  
Формат А1

№ і назва операції	Модель верстата та пристосування	Операційний ескіз	Номер і зміст переказів та установ	Різальний інструмент	Засоби контролю та вимірювання
035 Термічна	Установка СВЧ «ЗЛСНТ - 120К»		1. Виконати загартовування посадочних поверхонь при t=800-820 °С з наступним відпуском НРС 45-48 по В-10		1. Твердомір Роквелла моделі 210НН-150
040 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат моделі ЗМ173 Хомутик 7107-0065 згідно стандарту		1. Встановити, закріпити і зняти деталь 2. Шліфувати начисто поверхню 4.0. 3. Шліфувати начисто поверхню 4.1.	2. Круг 1 А1 150x3x5k5 /П /П2 С2 К 7 100 згідно стандарту 3. Круг 1 А1 150x25x5k5 /П /П2 С2 К 7 100 згідно стандарту.	1. Калібра-скоба за згідно стандарту 8113-0132 Ф40к6. 8113-0136 Ф45к6. 2. Зразок шорсткості Ш Ра 0.60 згідно стандарту
045 Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат моделі ЗМ173 Хомутик 7107-0067 згідно стандарту		1. Передстановити, закріпити і зняти деталь 2. Шліфувати начисто поверхню 4.2.	2. Круг 1 А1 150x20x5k5 /П /П2 С2 К 7 100 згідно стандарту	1. Калібра-скоба за згідно стандарту 8113-0136 Ф45к6. 2. Зразок шорсткості Ш Ра 0.60 згідно стандарту
050 Шпандова-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат моделі вТ10 Призма 7030-0087 згідно стандарту		1. Встановити, закріпити і зняти деталь. 2. Фрезерувати шпандовні пази 4.3 і 4.4.	2. Фреза 2234-0208 Ф12Н9 згідно стандарту Т5К10 згідно стандарту	1. Калібра-пробка за згідно стандарту 8313-0162 Ф12Н9. 2. Зразок шорсткості Ф Ра 3.2 згідно стандарту
055 Шпандова-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат моделі вТ10 Призма 7030-0087 згідно стандарту		1. Встановити закріпити і зняти деталь. 2. Фрезерувати шпандовні пази 4.5 і 4.0.	2. Фреза 2234-0206 Ф8Н9 згідно стандарту Т5К10 згідно стандарту	1. Калібра-пробка за згідно стандарту 8313-0156 Ф8Н9. 2. Зразок шорсткості Ф Ра 3.2 згідно стандарту
060 Мийна	Мийна машина ДНЕПР-11320		1. Промити деталь водним 3% розчином тринатрійфосфату. Температура розчину t=85±5 °С. 2. Просушити деталь стисненим повітрям.	1. Тринатрійфосфат згідно стандарту	
065 Контрольна	Пристосування контрольне спеціальне		Контролювати розміри згідно креслення (робоче креслення деталі)		КНУКБР.13124.1-09.В

$\Delta T_{шт.к} = 16,384 \text{ хв}$