

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

Конструювання стола карусельного верстата

з розробкою технологічного процесу виготовлення деталі

”Маточина заднього колеса ЛАЗ 695Н”

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МВ-41

спеціальності

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

		Денис В'ЮК
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Володимир КРУПА
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Володимир КОБЕЛЬНИК
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		Володимир КРУПА
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Володимир КРУПА
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавра
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва спеціальності)
студенту В'юку Денис Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Конструювання стола карусельного верстата
з розробкою технологічного процесу виготовлення деталі
"Маточина заднього колеса ЛАЗ 695Н"

Керівник роботи Крупа Володимир Васильович, канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » 01 2025 року № 4/7-35

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Креслення та базовий технологічний процес виготовлення деталі,
паспортні дані базової моделі верстата та аналогічних верстатів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

- Аналітичний розділ: Аналіз базової моделі верстата, кінематичної схеми та схеми обробки, Характеристика об'єкту виробництва, граничні режими різання
- Технологічний розділ: Аналіз базового технологічного процесу, вибір способу, методу та технологічних баз заготовки, розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення.
- Конструкторський розділ: Попередній розрахунок приводу, розрахунок зубчатих передач та валів, розрахунок шпиндельного вузла, розробка 3D моделей, розрахунок приводу стола за допомогою САЕ систем
- Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1 Кінематична схема верстата – 1 ф. А1; 2. Складальне креслення стола– 1 ф. А1;

3.Прийомування для обробки– 1ф. А1; 4. Деталювання – 1 ф. А1.

Плакатні листи- 3ф

6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Денис В'ЮК

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Володимир КРУПА

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В'юк Денис Володимирович. Кваліфікаційна робота на тему:

Конструювання стола карусельного верстата з розробкою технологічного процесу виготовлення деталі "Маточина заднього колеса ЛАЗ 695Н", сторінок 90, формул 50, таблиць 21, малюнків 18, використано джерел літератури 70

Об'єктом дослідження є процес механічної обробки деталі "Маточина заднього колеса 695Н-3104015-10" та стіл токарно-карусельного верстата.

У дипломній роботі:

- Проведено аналіз конструкції та технічних характеристик одностоечного токарно-карусельного верстата моделі 1510 та існуючих технологічних процесів обробки деталі. Розроблено технологічний процес виготовлення маточини заднього колеса з обґрунтуванням вибору обладнання та режимів різання. Здійснено проектування та комплексний розрахунок приводу стола токарно-карусельного верстата, включаючи кінематичний та силовий. Виконано проектування приводу в САПР SolidWorks та його симуляцію в SolidWorks Simulation. Обґрунтовано заходи з безпеки життєдіяльності та охорони праці на машинобудівному виробництві.

Ключові слова: токарно-карусельний верстат, маточина, технологічний процес, привід стола, SolidWorks, SolidWorks Simulation.

ANNOTATION

Viuk Denys Volodymyrovych. Thesis topic on:

Design of a rotary machine table with the development of a technological process for manufacturing a part “Rear wheel hub LAZ 695N”, 90 pages, 50 formulas, tables 21, drawings 18, sources of literature used 70.

The object of the study is the process of machining a part “Rear wheel hub 695N-3104015-10” and a table of a rotary lathe.

In the diploma work:

- An analysis of the design and technical characteristics of a single-column rotary lathe model 1510 and existing technological processes for machining the part was carried out. A technological process for manufacturing a rear wheel hub was developed with a justification for the choice of equipment and cutting modes. A design and comprehensive calculation of the drive of the rotary lathe table, including kinematic and power, was carried out. The drive was designed in SolidWorks CAD and simulated in SolidWorks Simulation. Safety and health measures in machine-building production were substantiated.

Keywords: rotary lathe, hub, technological process, table drive, SolidWorks, SolidWorks Simulation.

ЗМІСТ

Вступ.....	
Розділ 1 Аналітичний розділ.....	
1.1 Аналіз базової моделі верстата.....	
1.2 Аналіз кінематичної схеми.....	
1.3 Аналіз конструкцій столів токарно – карусельних верстатів.....	
1.4 Схеми обробки.....	
1.5 Схеми робочої зони верстата.....	
1.6 Патенти.....	
1.7 Сучасні досягнення в області технології, обладнання і оснащення при виготовленні подібних деталей.....	
1.8 Характеристика об'єкту виробництва , службове призначення.....	
1.9 Висновки та постановка задачі виготовлення деталі.....	
1.10 Визначення технічних параметрів приводу, що проектується.....	
Розділ 2 Технічний розділ.....	
2.1 Аналіз базового технологічного процесу.....	
2.2 Попереднє встановлення типу та організаційної форми виробництва.....	
2.3 Відпрацювання деталі на технологічність.....	
2.4 Вибір способу отримання заготовки.....	
2.5 Вибір методу обробки поверхонь.....	
2.6 Вибір та розрахункове обґрунтування технологічних баз.....	
2.7 Детальна розробка оптимального варіанту технологічного процесу.....	

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ									
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата										
Розроб.		В'юк Д.В.			Зміст				Літ		Аркуш		Аркушів	
Перевір.		Крупа В.В.												
Реценз.														
Н. контр.		Кобельник В.Р.												
Зав. каф.		Крупа В.В.												
					ТНТУ, ФМТ, МВ-41									

2.7.1	Визначення допусків, припусків і операційних розмірів.	
	Проектування заготовки.....	
2.7.2	Розмірний аналіз технологічного процесу.....	
2.7.3	Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та	
	оснащення.....	
2.7.4	Встановлення контрольних допоміжних і транспортних	
	операцій.....	
	Розділ 3 Конструкторський розділ.....	
3.1	Попередній розрахунок приводу.....	
3.1.1	Встановлення розрахункового ланцюга приводу.....	
3.1.2	Визначення крутного моменту на валах.....	
3.2	Проектувальні розрахунки зубчастих передач.....	
3.2.1	Розрахунок зубчастих передач.....	
3.3	Проектувальні розрахунки валів.....	
3.4	Попередній вибір матеріалу для виготовлення елементів	
	приводу.....	
3.5	Обґрунтування головних розмірів і конструкції шпиндельного	
	вузла.....	
3.5.1	Формування переднього кінця шпинделя згідно з діючими	
	стандартами. Приєднувальні розміри.....	
3.6	Вибір типу підшипників для опор шпинделя, обґрунтування схеми	
	встановлення підшипників в опорах.....	
3.7	Уточнені розрахунки шпиндельного вузла.....	
3.7.1	Напівконструктивна схема шпиндельного вузла, розрахунок сил	
	різання та сил на приводному елементі.....	
3.8	Розрахунок шпиндельного вузла на жорсткість. Висновки з	
	розрахунку.....	

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

3.9 Розробка 3D моделі стола в середовищі SolidWorks.....	
3.10 Розрахунок елементів стола засобами SolidWorks simulation	
3.9.1. Розрахунок приводного вузла.....	
3.9.2 Розрахунок шпиндельного вузла.....	
Розділ 4 БЖД і Охорона праці.....	
Висновки.....	
Перелік посилань.....	
Додатки.....	

Вступ

Сучасне машинобудування вимагає постійного вдосконалення технологічних процесів та обладнання для забезпечення високої точності, продуктивності та економічності виробництва. Металорізальні верстати є основою для виготовлення різноманітних деталей, а їхня надійність та ефективність значною мірою залежать від якості конструкторських рішень та оптимізації технологічних процесів.

Токарно-карусельні верстати відіграють ключову роль в обробці великогабаритних деталей, що використовуються у важкій промисловості, зокрема у виробництві автомобільної техніки. Ефективна обробка таких компонентів, як маточини заднього колеса, вимагає не лише відповідного обладнання, а й ретельно розробленого технологічного процесу та надійного приводу верстата.

Основне завдання випускника-бакалавра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування полягає у набутті компетентностей для кваліфікованого розрахунку та конструювання ключових вузлів і механізмів машин, зокрема металорізальних верстатів."

Метою кваліфікаційної роботи є конструювання стола токарно-карусельного верстата моделі 1510 з використанням сучасних методів розрахунку та програмного забезпечення.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі **основні завдання**:

- Провести аналіз конструкції та технічних характеристик одностоечного токарно-карусельного верстата моделі 1510,.
- Здійснити комплексний інженерний розрахунок приводу стола токарно-карусельного верстата, включаючи кінематичний та силовий.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ						
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Вступ			Літ		Аркуш	Аркушів
Розроб.	В'юк Д.В.										
Переір.	Крупа В.В.										
Реценз.								ТНТУ, ФМТ, МВ-41			
Н. контр.	Кобельник В.Р.										
Зав. каф.	Крупа В.В.										

3. Виконати проектування та візуалізацію приводу у САПР SolidWorks, а також провести його симуляцію за допомогою SolidWorks Simulation.

4. Розробити складальне креслення стола верстата.

5. Розробити робочі креслення окремих елементів стола верстату

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз базової моделі верстата

Одноствосний токарно-карусельний верстат моделі 1510 є універсальним верстатом і призначений для обробки важких деталей великого діаметру та порівняно невеликої довжини з чорних та кольорових металів в умовах дрібносерійного та серійного виробництва. Загальні принципи роботи машин та їх динамічні характеристики детально викладені у [1, 2].

Призначений для токарної обробки деталей у вигляді виливків, корпусів, маховиків, зубчастинних коліс, бандажів тощо [3].

На верстаті можна проводити циліндричне та конічне обточування та розточування, проточування площин - як внутрішніх, так і зовнішніх, свердління, зенкерування та розгортання центральних отворів, а також напівчистове та чистове обточування плоских торцевих поверхонь [4].



Рисунок 1.1 Токарно карусельний верстат 1510

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ							
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата								
Розроб.		В'юк Д.В.			АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ				Літ		Аркуш	Аркушів
Переір.		Крупа В.В.										
Реценз.												
Н. контр.		Кобельник В.Р							ТНТУ, ФМТ, МВ-41			
Зав. каф.		Крупа В.В.										

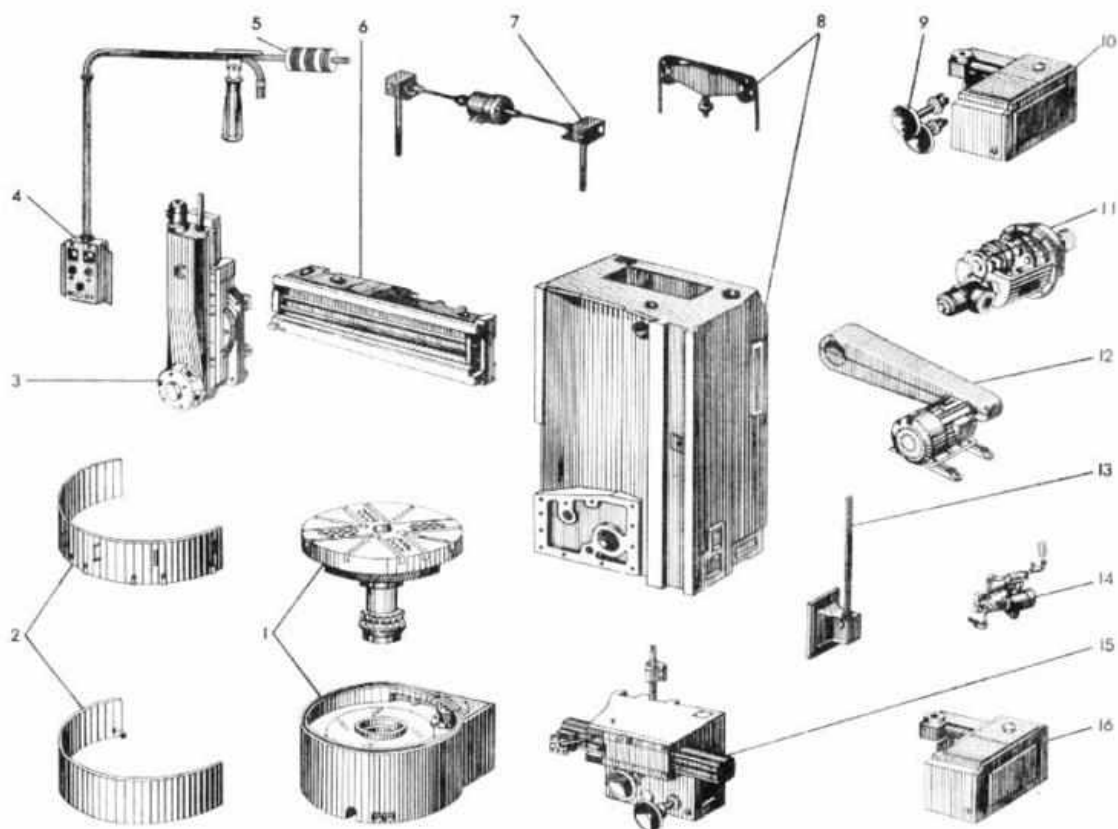


Рисунок 1.2 Складові частини верстата 1510

1. Стіл - 30
2. Огорожа планшайби - 31
3. Вертикальний супорт - 650
4. Підвісний пульт керування - 990
5. Підвіска пульта керування - 99
6. Поперечина - 50
7. Механізм переміщення поперечки - 57
8. Станина - 10
9. Механізм ручного переміщення вертикального супорта - 420
10. Коробка подач вертикального супорта – 40
11. Коробка швидкостей - 21

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

12. Кожух - 25
13. Механізм передачі руху на подачу - 15
14. Чорнило - 34
15. Горизонтальний супорт (бічний) – 66
16. Коробка подач горизонтального супорта (бічного) – 46

Технічні характеристики верстата 1510 подані в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 Технічні характеристики верстата 1510

Параметр	Значення
Найбільший діаметр оброблюваної деталі, мм	1000
Найбільша висота оброблюваної деталі, мм	800
Найбільша маса оброблюваної деталі, кг	2500
Частота обертання планшайби, хв^{-1}	8 — 400
Кількість щаблів частот обертання планшайби	2
Регулювання частоти обертання планшайби	Безступеневе
Найбільший крутний момент на планшайбі, $\text{кН} \cdot \text{м}$	20
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	55
Вертикальне переміщення траверси (поперечені), мм	660
Швидкість переміщення траверси, м/хв	0,45
Верхній супорт	
Хід супорту по горизонталі, мм	775
Хід повзуна супорту по вертикалі, мм	700
Найбільше допустиме зусилля різання, кН	35
Найбільший кут повороту повзуна, градусів	± 45
Кількість позицій револьверної головки	5

Параметр	Значення
Бічний супорт із коробкою подач	
Хід супорту по вертикалі, мм	1000
Хід повзуна по горизонталі, мм	630
Найбільше зусилля різання, кН	25
Кількість позицій різцетримача	4
Потужність електропривода подавання шпинделя, кВт	22
Клас точності верстата за ГОСТ 8-82	Н
Габаритні розміри верстата (Д х Ш х В), мм	2370 × 2365 × 3210
Маса верстата, кг	10500

Схема робочої зони верстата

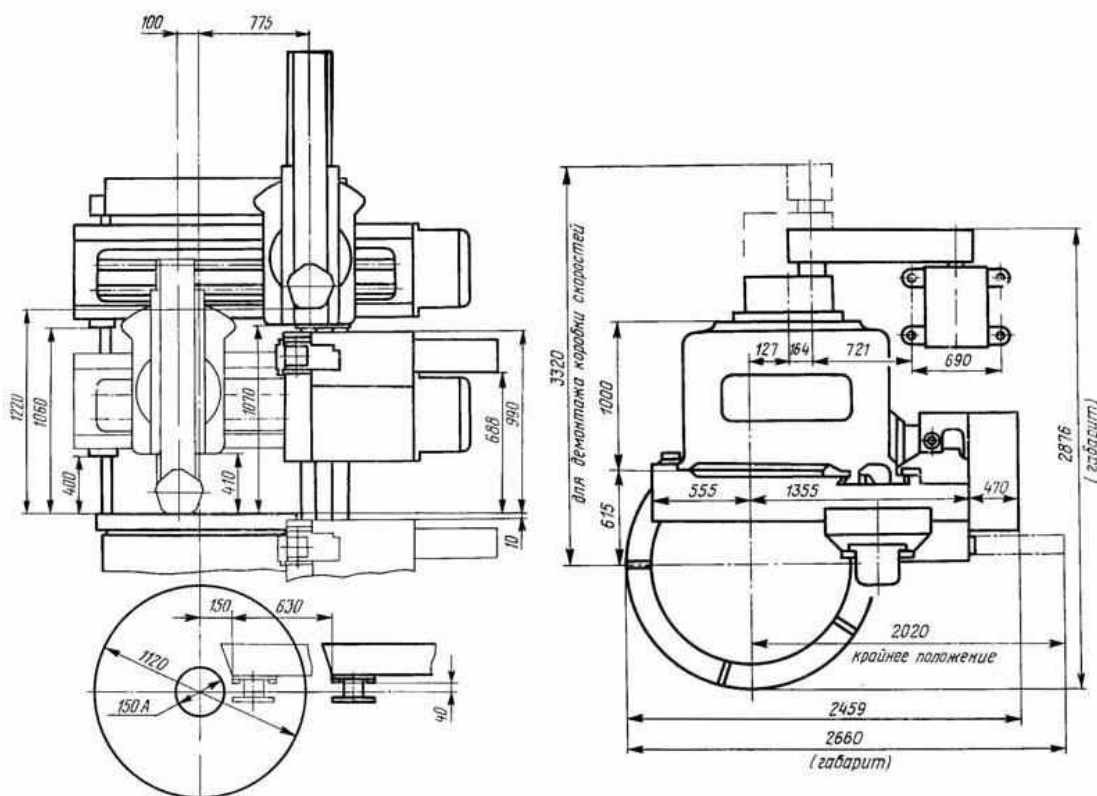


Рисунок 1.4 Схема робочої зони токарно-карусельного верстата 1510

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз кінематичної схеми

Коробка швидкостей служить задля забезпечення обертання план-шайби. Обертання на вхідний вал коробки швидкостей передається від електродвигуна головного приводу через клинопасову передачу [5]. Коробка швидкостей включає план-шайбу 18 ступенів обертів [6]..

Наявність у коробці швидкостей електромагнітних муфт дозволяє перемикати швидкості на ходу і тим самим забезпечити підтримку ступінчасто-постійної швидкості різання при обробці торцевих поверхонь. Коробка швидкостей має шість валів, змонтованих на підшипниках кочення в корпусі з площиною роз'єму по осях валів для зручності збирання [7]. При більш високих числах оборотів пуск здійснюється східчасто у два, три чи чотири етапи [8]..

Кількість щаблів розгону зростає зі збільшенням числа оборотів планшайби. Перемикання муфт під час здійснення ступінчастого розгону здійснюється автоматично. Зміна чисел оборотів з 1 по 12 ступінь проводиться включенням відповідних комбінацій електромагнітних муфт [9].

Головний рух:

Електродвигун → коробка швидкостей → вертикальний шпиндель → планшайба

Це забезпечує обертання деталі навколо вертикальної осі.

Рух подачі:

Від окремого приводу або через систему механічної подачі рух передається на супорти (лівий і правий) через пару або рейково-зубчасту передачу [10].

Можлива подача як у горизонтальному, так і вертикальному напрямку.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

1.3 Аналіз конструкцій столів токарно – карусельних верстатів

Стіл токарно-карусельного верстата є однією з основних його складових частин і відіграє ключову роль у забезпеченні точності, жорсткості та надійності всього верстата [11].

Основні конструктивні особливості столів токарно-карусельних верстатів:

Форма та розміри столу:

Зазвичай має круглу форму для забезпечення рівномірного обертання.

Діаметр столу залежить від типорозміру верстата і може сягати кількох метрів (у важких верстатах – до 10 м і більше).

Привід столу:

Може бути виконаний у вигляді електромеханічного або гідравлічного приводу.

Часто використовуються зубчасті передачі з редукторами для забезпечення потужного та точного обертання.

У сучасних верстатах широко застосовуються серводвигуни та черв'ячні передачі для підвищення точності позиціонування [12].

Підшипникова опора:

Стіл опирається на гідростатичні або гідродинамічні підшипники, які забезпечують високу жорсткість та зменшення зношування [13]..

У деяких конструкціях застосовуються роликові чи радіально-упорні підшипники, особливо у середніх та легких верстатах.

Напрявні та система центрування:

На поверхні столу передбачені Т-подібні пази або кільцеві напрямні для кріплення заготовок.

Для точного центрування заготовки можуть використовуватись центричні кільця чи регульовальні механізми [14]..

Гальмівна система:

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

У багатьох конструкціях передбачено гальмування столу для фіксації у певному положенні.

Це необхідно при зупинці обертання для виконання операцій свердління, фрезерування тощо.

Матеріали:

Стіл зазвичай виготовляється з високоміцного чавуну або сталі, іноді з термічно обробленою поверхнею для підвищення зносостійкості [15].

Таблиця 1.2 Характеристики карусельних верстатів

Тип конструкції	Характеристика	Застосування
Одностоєчні	Один шпindel, простіша конструкція	Легкі та середні верстати
Двостоечні	Підвищена жорсткість, великі діаметри столу	Тяжкі та габаритні заготовки
З гідростатичною опорою	Висока точність, мінімальний знос	Високоточне оброблення
З поворотним столом (С-вісь)	Дозволяє обробку під різними кутами	Сучасні ЧПК-верстати

1.4 Схеми обробки на карусельних верстатах

Верстати є широкоуніверсальними і дозволяють проводити різні види робіт [16]. На верстатах можна обточувати циліндричні, торцеві, конічні та фасонні поверхні (рис. 1.3, а); свердлити і розточувати центрові отвори і канавки (рис. 1.3, б) [17].

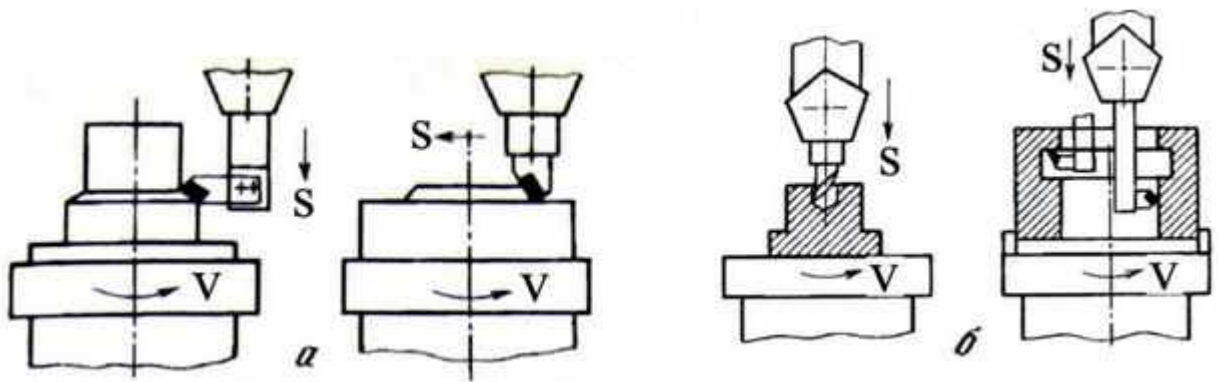


Рисунок 1.3 Схеми обробки різних поверхонь на токарно-карусельних верстатах

1.5 Аналіз патентів

Патент CN101829907A стосується гідростатичної двопривідної числової системи керування шпиндельною головкою. Його суть — у створенні високоточного, стабільного та потужного механізму коливання головки, який використовує два незалежні приводи та гідростатичні підшипники для зменшення тертя та підвищення точності позиціонування [18].

Як це можна застосувати в токарно-карусельному верстаті:

- Інтеграція шпиндельної головки: Встановлення такої головки на супорт дозволяє виконувати складні обробки під кутом, наприклад, фаски, сферичні поверхні або похилі отвори [19].
- Підвищення точності: Гідростатичні підшипники зменшують вібрації та зношування, що особливо важливо при обробці великогабаритних деталей.
- Гнучкість обробки: Завдяки двопривідній системі можна досягти більшої свободи руху та точного контролю кута нахилу інструменту.
- Зменшення теплових деформацій: Гідростатика допомагає стабілізувати роботу за тривалих циклів.

Це рішення особливо корисне для високоточних токарно-карусельних верстатів, які працюють із важкими деталями в енергетиці, авіації чи

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

машинобудуванні.

Патент KR20110110397A описує обладнання з консоллю для автоматичного повороту з підвійним валом, призначене для високоточної обробки деталей. Його ключова особливість — двовальна система обертання з незалежним приводом, що дозволяє точно позиціонувати деталь або інструмент під час обробки [20].

Застосування в токарно-карусельному верстаті:

- Поворотний стіл з підвійним приводом: можна інтегрувати як частину основного столу верстата для обробки деталей з різних боків без переналагодження.

- підвищення точності позиціонування: завдяки незалежному керуванню обома осями досягається точне налаштування кута обробки.

- Гнучкість при складних операціях: наприклад, при обробці деталей з асиметричною геометрією або при свердлінні під кутом.

- Компактна конструкція: консольна архітектура дозволяє зменшити габарити обладнання, що є важливим для модернізації існуючих верстатів [21].

Це рішення є особливо ефективним для автоматизованих виробничих ліній, де потрібна швидка зміна положення деталі без втрати точності.

1.6 Сучасні досягнення в області технології, обладнання і оснащення при виготовленні подібних деталей

Головним напрямком розвитку технології виготовлення деталей машин є підвищення якості отримання заготовки, наближення їх форми готової деталі, зменшення припусків для зниження трудомісткості технологічної обробки, підвищення її продуктивності, зниження трудомісткості збирання [22].

В останній час успішно вирішують питання пов'язані з розробкою системи автоматизованого проектування технологічної підготовки виробництва (САПР ТПВ) із розробкою гнучких виробничих систем (ГВС) [23].

Створення нових і вдосконалення старих конструкцій ріжучих інструментів,

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

застосування нових інструментальних матеріалів (швидкоріжуча сталь підвищеної зносостійкості, дрібнозернисті дрібні сплави, металокераміка надтвердих матеріалів на основі кубічного нітриду бору і т.д.) та використання науково обґрунтованих режимів різання є вирішальними факторами в підвищенні періоду стійкості ріжучого інструменту [24] [25] і підвищення продуктивності праці при обробці деталей із різних матеріалів.

В області застосування обладнання широко використовують верстати-автомати і напівавтомати, агрегатні верстати, верстати з ЧПК, оброблювальних центрів для підвищення продуктивності праці, скорочення часу на обробку, зниження собівартості [26].

Найбільш повно і економічно досягнути застосування універсальної збиральної і переналагоджувальної оснастки багаторазового використання замість спеціальної. У багатосерійному й масовому виробництві використовують головним чином спеціальні пристрої, які зменшують допоміжний і основний час більше ніж універсальні при більш високій точності [27].

На кожній операції вибираємо ріжучий інструмент, який забезпечує високу продуктивність, точність і якість оброблюваних поверхонь [28].

Вимірювальний інструмент вибираємо в залежності від вимірювальної поверхні та необхідної точності.

Вид одержання заготовки залежить від конфігурації, кількості, матеріалу заданим кресленням деталі.

1.7 Характеристика об'єкту виробництва , службове призначення.

Деталь „Маточина заднього колеса 695Н-3104015-10” є складовою частиною вузла „Гальма та маточина колеса „695Н-3500002-30СБ” автобусу ЛАЗ 695Н і є одним із вузлів заднього моста. Мости служать для підтримки рами та передачі від них на колеса вертикального навантаження, а також передачі від коліс на раму штовхаючих, гальмівних і бокових сил.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

У задній міст входять піввісі для передавання крутного моменту від піввісевої шестерні диференціалу безпосередньо до колеса. Піввісь розвантажена від дії радіальних і осьових сил за рахунок встановлення маточини колеса на підшипниках півосьового рукава балки моста, який і сприймає навантаження.

Балка заднього моста на кінцях має фланець для кріплення опорних дисків колісних гальмівних механізмів. У свою чергу, маточина заднього колеса служить для забезпечення закріплення заднього колеса і встановлення підшипників піввісі колеса автобуса.

Стосовно вузла гальма та маточина колеса 695Н-3500002-30СБ деталі, які подаються на складання, повинні бути чистими без забоїв і задирок, робочі поверхні фрикційних накладок і гальмівних барабанів не повинні бути замаслені, набір регульованих шайб розтискного кулака не повинен мати осьовий зазор більше 1 мм. При встановленні колодок на вісі і роликів в опори робочі поверхні осей і шийки повинні бути змащені тонким шаром мастила ЛІТОЛ-24 ДСТУ 21150-87, допускається нанесення мастила на опорні поверхні колодок гальма. Після регулювання маточина повинна провертатися вільно, але не мати помітного покачування. По закінченні регулювання затягнути контргайку до відказу довжиною 500 мм. При складанні підшипники повинні бути змащені. Технічні умови до затягування різьбових з'єднань за ДСТУ 37.001.031-72.

Відповідно до службового призначення деталі маточина заднього колеса 695Н-3104015-10 жорсткі вимоги ставлять до поверхні, яка безпосередньо контактує з кільцями підшипника, характеристика цієї поверхні $R_a 2,5$. Радіальне биття становить 0,12 мм, допуск на виготовлення поверхні 0,040 мм. Всі решта поверхонь деталі оброблюється чотирнадцятим квалітетом точності, із шорсткістю $R_a 12,5$ [29].

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

1.8 Висновки та постановка задачі виготовлення деталі

Отже, проаналізувавши існуючий заводський ТП виготовлення деталі, при збільшенні річної програми випуску маточини заднього колеса до 50 000 штук доцільним буде використання багатошпindelних свердлильних головок, а саме десятишпindelної головки для свердління десяти отворів діаметром $20^{+0,052}$ мм, тришпindelна свердлильна головка для трьох отворів з нарізанням різі М10, багатошпindelної головки для свердління дванадцяти отворів з нарізанням різі М16 і п'яти отворів діаметром $6^{+0,3}$ мм; також будуть доцільними токарні верстатні пристрої, устаткування для швидкого установлення і центрування деталі на верстаті [30].

Також можна використати багаторізцеві державки для розточування отворів. Доцільним також буде заміна одних моделей верстатів на інші [31].

Після розробки технологічного процесу, визначення обладнання, верстатної і контрольної оснастки прорахуємо економічні показники роботи дільниці.

1.9 Визначення технічних параметрів приводу, що проектується.

Розрахунок граничних режимів різання.

Розрахуємо граничні режими різання для характерних операцій [32].

Найбільший діаметр оброблюваної заготовки згідно з завданням

$$D_{max} = 1000 \text{ мм.}$$

Максимальна розрахункова глибина різання

$$t_{max} = 0.7 D_{max}^{0.33} \quad (1.1)$$

$$t_{max} = 0.7 \cdot 1000^{0.33} = 6.84 \text{ мм}$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Приймаєм $t_{max}=7$ мм

Максимальна розрахункова подача

$$S_{max} = 0.17 \cdot D_{max}^{0.33} + 0.15 \cdot (t_{max} - 2) \quad (1.2)$$

$$S_{max} = 0.17 \cdot 1000^{0.33} + 0.15 \cdot (7 - 2) = 2.41 \text{ мм/об}$$

Приймаєм $S_{max} = 2.5$ мм/об

Подальший розрахунок режимів різання ведемо у програмі CoroGuide фірми Sandvik Coromant.

Рисунок 1.5 Параметри різання для чорнової обробки

Частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d} \quad (1.3)$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

де $V=32$ м/хв – швидкість різання;

$d=1000$ мм – діаметр заготовки;

$$n = \frac{1000 \cdot 32}{3.14 \cdot 1000} = 10.19 \text{ об/хв}$$

Висновки до розділу

1. У першому розділі проведено детальний аналіз одностоечного токарно-карусельного станку моделі 1510. Розглянуто його технічні характеристики.

2. Проаналізовано кінематичну схему верстата, зокрема коробку швидкостей. Детально описано конструктивні особливості столів токарно-карусельних станків, наголошено на їх ключовій ролі в забезпеченні точності та жорсткості, а також застосування гідростатичних підшипників для підвищення надійності.

3. Розглянуто схеми обробки та робочу зону верстата. Проаналізовано сучасні патенти, що стосуються удосконалення токарно-карусельних верстатів. Висвітлено сучасні досягнення у технології виготовлення деталей.

4. Охарактеризовано об'єкт виробництва – маточину заднього колеса автобуса ЛАЗ 695Н, визначено її службове призначення та жорсткі вимоги до точності обробки певних поверхонь.

5. Визначено технічні параметри проектного приводу та розраховано граничні режими різання для чорнової обробки, що є основою для подальших розрахунків у програмі CoroGuide.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Аналіз базового технологічного процесу

Розглянемо існуючий заводський технологічний процес механічного оброблення деталі маточина заднього колеса 695Н-3104015-10 (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 Існуючий заводський технологічний процес виготовлення деталі

<i>№ опер.</i>	<i>Назва операції</i>	<i>Зміст операції</i>	<i>Модель верстату</i>
1	2	3	4
010	Токарно-револьверна	1. Обточити пов. 1, витримати розмір $\varnothing 371-1,4$ 2. Підрізати торець 2 до $\varnothing 230-1,15$ 3. Підрізати торець 3 в р/р 57 4. Підрізати торець 4 до $\varnothing 149-0,2$ 5. Точити пов. 5 до $\varnothing 148-0,2$ 6. Точити пов. 6 до $\varnothing 158-0,2$ витримавши R 4 7. Обточити пов. 7 до $\varnothing 166 - 0,2$	1П371
020	Токарно-карусельна	1. Підрізати торець 1, витримати р-р 147-1,0 2. Підрізати торець 2, витримати р-р 37-0,52 3. Обточити пов. 3, витримати р-р $\varnothing 301-0,81$ 4. Зняти фаски 6 і 7 2×45; $3,5 \times 45$ 5. Точити канавку 5, витримати р-ри $\varnothing 311,5-0,52$ і глибину $5 \pm 0,30$ і ширину $23,5 - 0,52$ 6. Точити пов. 8, витримати $\varnothing 132-0,2$	1510

					<i>КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	В'юк Д.В.							
<i>Переір.</i>	Крупа В.В.							
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ, ФМТ, МВ-41</i>		
<i>Н. контр.</i>	Кобельник В.Р							
<i>Зав. каф.</i>	Крупа В.В.							

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
030	Токарна з ЧПУ	1. Підрізати торець 1, витримати р-р 174-0,63 2. Розточ. пов. 3 до $\varnothing$ 134+1,0 на довж. 34±0,310 3. Підрізати торець 2, в р-р 8,5±0,36 до $\varnothing$ 134+1,0 4. Розточити пов. 4 до $\varnothing$ 135+1,0 на вихід 5. Розточити факсу 5 2*45 6. Розточити пов. 3 до $\varnothing$ 135^{-0,028}_{-0,068} і 34±0,310 7. Повторити перехід 2, витримати р-ри 8±0,18 $\varnothing$ 135^{-0,028}_{-0,068} 8. Розточити пов. 4 до $\varnothing$ 136+0,25 на вихід 9. Обточити пов. 6 витримати р-р $\varnothing$ 298-0,21	16K20Ф3
040	Токарна з ЧПУ	1. Підрізати торець 1, витримати р-р 23 $\varnothing$-0,72 2. Розточити пов. 2 до $\varnothing$ 166+0,10 на L=15 3. Підрізати торець 3 в р-р 42,5±0,31 до $\varnothing$ 166+1,0 4. Розточити пов. 4 до $\varnothing$ 160+1,0 на L=12 5. Розточити пов. 5 до $\varnothing$ 148^{-0,028}_{-0,038} на вихід 6. Підрізати торець 6 в р-р 101-0,87 до $\varnothing$ 148+1,0 7. Зняти фаски 7 2*45 8. Зняти фаски 8 3*45 9. Розточити пов. 9 до $\varnothing$ 168+1,0 10. Підрізати торець 3 в р-р 42±0,310 до $\varnothing$ 150^{-0,028}_{-0,068} 11. Розточити поверхню 2 до $\varnothing$ 150^{-0,028}_{-0,068} на вихід 12. Підрізати торець 3 в р-р 172-0,03 до $\varnothing$ 150^{-0,028}_{-0,068}	16K20Ф3

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

1	2	3	4
050	Радіально-свердловальна	1. Свердлити послідовно 10 отв. Ø 20+0,052 на прохід	258
060	Радіально-свердловальна	2. Свердлити послідовно 3 отв. Ø 8,5+0,3	258
070	Радіально-свердловальна	3. Свердлити послідовно 5 отв. Ø 6+0,3	258
080	Радіально-свердловальна	1. Свердлити послідовно 12 отв. Ø 14+0,3 в р-р 36±0,3	258
090	Радіально-свердловальна	1. Свердлити одночасно 6 отв. Ø 11+0,43 на глибину 15±0,215 2. Зенкування послідовне 6 отв. Ø 11,2 на глибину 15±0,215 3. Розвернути 6 отв. до Ø 11,92+0,03 на глибину 15±0,215 4. Розвернути одночасно 6 отв. до Ø 12 ^{-0,03} _{-0,06} на глибину 15±0,215	258
100	Радіально-свердловальна	1. Зенкувати фаску 7 1,6×45 10 отв. Ø 20+0,52 2. Зенкувати фаску 2 2×45 12 отв. Ø 14,1 3. Зенкування фаски 3 2×45 3 отв. Ø 8,5 4. Нарізати різь М16-Н6 в 12 отв. Ø 14,1 на глибину 30+30 послідовно	258
110	Радіально-свердловальна	5. Нарізати різь М10-Н6 в 3 отв. Ø 8,5 на вихід послідовно	258

2.2 Попереднє встановлення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва, як найбільш загальна організаційно-технічна характеристика виробництва, визначається рівнем спеціалізації робочих місць, номенклатурою об'єктів виробництва, формою переміщення виробів за робочими місцями. [33] Рівень спеціалізації робочих місць характеризується коефіцієнтом закріплення операцій, тобто кількість різних операцій, що

виконуються на одному робочому місці протягом місяця.

Коефіцієнт закріплення операцій для групи робочих місць визначається за формулою [34]:

$$K_{з.о.} = K_o / K_{р.м.} = \sum_{i=1}^r O_i / \sum_{i=1}^r c_p, \quad (2.1)$$

де K_o – загальна кількість операцій, закріплених за робочим місцем;

$K_{р.м.}$ – загальна кількість робочих місць;

O_i – кількість операцій, закріплених за одним робочим місцем;

C_p – кількість одиниць технолог. обладнання;

$$O_i = \eta_{зн} / \eta_{зф}, \quad (2.2)$$

де $\eta_{зн}$ – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$\eta_{зф}$ – коефіцієнт фактичного завантаження обладнання.

$$\eta_{зф} = C_p / C_{п}, \quad (2.3)$$

де $C_{п}$ – кількість робочих місць на кожній операції

$$C_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_g \cdot \eta_{зн}}, \quad (2.4)$$

де N – річна програма випуску

$T_{шт}$ – штучний час

F_g – річний фонд часу

$$T_{шт} = \varphi_k \cdot T_o, \quad (2.5)$$

де T_o – основний час оброблення по операціях ;

φ_k - коефіцієнт .

Дані для розрахунку $T_{шт}$ зводимо в таблиці 2.1 і 2.2.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 Попередній маршрут оброблення заготовки

№	Назва операції	Зміст операції	Наближ. формула та обг. T_o , хв.	ϕ_k	$T_{шт}$, хв.
1	2	3	4	5	6
010	Токарно-револьверна	1. Обчислити пов. 1 витримуючи р-р $\varnothing 371-1,4$ 2. Підрізати торець 2 до $\varnothing 220-1,15$ 3. Підрізати торець 3 в р-р 57 4. Підрізати торець 4 до $\varnothing 148-0,2$ 5. Точити поверхню 5 до $\varnothing 148-0,2$ 6. Точити поверхню 6 до $\varnothing 158-0,2$ витримавши R 4 7. Обточити пов. 7 до $\varnothing 166-0,2$	$0,00017 dl = K$ $371 \cdot 37 = 2,39$ $0,000037 (D^2 - d^2) = K (371^2 - 220^2) = 3,30$ $0,000052 (178^2 - 150^2) = 0,48$ $0,000052 (D^2 - d^2) = K (148^2 - 116^2) = 0,44$ $0,00018 dl = K$ $148 \cdot 58 = 1,55$ $0,00018 dl = K$ $158 \cdot 28 = 0,76$ $0,00018 dl = K$ $166 \cdot 16 = 0,48$	1,35	3,14 4,46 0,64 0,59 2,08 1,03 0,65
			9,33		12,59
020	Токарно-карусельна	1. Підрізати торець 2 витримавши р-р 176-1,0 2. Підрізати торець 2, витримавши р-р 27-0,52 3. Зняти фаски 8, 9 2×45 ; $3,5 \times 45$ 4. Точити канавку 10, витрим. р-р $\varnothing 311,5-0,52$ і глибину $5 \pm 0,30$ і ширину $23,5 \pm 0,52$ 5. Точити пов. 11, витримавши $\varnothing 132-0,2$	$0,000037 (176^2 - 166^2) = 0,13$ $0,000037 (371^2 - 298^2) = 1,31$ $0,00017 dl = K$ $371 \cdot 3,5 = 0,22$ $0,00017 dl = K$ $298 \cdot 2 = 0,10$ $0,00017 dl = K$ $311 \cdot 5 = 0,26$ $0,00017 dl =$ $0,00017 \cdot 132 \cdot 72 = 1,61$	1,50	0,19 2,71 0,15 0,33 0,39 2,42
			4,13		6,2

1	2	3	4	5	6
030	Токарна ЗЦ ПУ	1. Підрізати торець 15 в р-р 174-0,03 2. Розточити пов. 11 до Ø 134+1,0 до довж. 34±0,310 3. Підрізати торець 13 в р-р 8,5±0,36 до Ø 134+1,0 4. Розточити пов. 14 Ø 135+1,0 на вихід 5. Розточити фаску 12 2×45 6. Розточити пов. 11 до Ø 135 ^{-0,028} _{-0,068} 34±0,310 7. Повторити перехід 2, витримуючи р-р 8±0,18, Ø 135 8. Розточити пов. до Ø 136+0,25 на вихід 9. Обточити пов. витримуючи р-р Ø298-0,81	0,000052 ($D^2 - d^2$) = K (195 ² - 132 ²) = 1,07 0,00018 dl = K 134 · 34 = 0,82 0,000052 ($D^2 - d^2$) = K (134 ² - 116 ²) = 0,23 0,00018 dl = K 135 · 72 = 1,75 0,00018 dl = K 135 · 2 = 0,05 0,00018 dl = K 135 · 34 = 0,83 0,00018 dl = K 134 · 34 = 0,82 0,00018 dl = K 136 · 30 = 0,93 0,00018 dl = K 136 · 30 = 0,93 0,00018 dl = K 298 · 10 = 0,29	1,36	1,46 1,12 0,32 2,37 0,07 1,12 1,12 1,13 0,41
			6,71		9,2
040	Токарна ЗЦ ПУ	1. Підрізати торець 3, витримуючи р-р 230-0,42 2. Розточити пов. 7 до Ø 166+1,0 на L = 15 3. Підрізати торець 16 в р-р 42,5±0,31 до Ø 166+1,0 4. Розточити пов. 5 до Ø 148 ^{-0,028} _{-0,068} 5. Підрізати торець 4 в р-р 101-0,87 до Ø 148+1,0 6. Зняти фаски 3×30 7. Зняти фаски 2×45	0,000052 ($D^2 - d^2$) = K (193 ² - 136 ²) = 1,112 0,00018 dl = K 166 · 15 = 0,45 0,000037 ($D^2 - d^2$) = K (148 ² - 116 ²) = 0,31 0,00018 dl = K 148 · 30 = 0,8 0,000037 ($D^2 - d^2$) = K (148 ² - 116 ²) = 0,31 0,00017 dl = K 163 · 3 = 0,09 0,00017 dl = K	1,36	1,38 0,61 0,14 0,43 0,12 0,06

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

		8. Розточити пов. 7 до Ø 168+1,0 9. Підрізати торець 16 p-p 42±0,3 до 168 ^{-0,028} _{-0,068} 10. Розточити пов. 5 до Ø 150 ^{0,028} _{-0,068} на вихід 11. Підрізати торець 4 в p-p 172 – 0,03 до Ø 150 ^{-0,028} _{0,068}	$150 \cdot 2 = 0,05$ $0,00018 \text{ dl} = K$ $168 \cdot 15 = 0,45$ $0,000052 (D^2 - d^2) = K (168^2 - 160^2) = 0,176$ $0,00018 \text{ dl} = K$ $150 \cdot 30 = 0,81$ $0,000052 (D^2 - d^2) = K (150^2 - 116^2) = 0,47$		0,62 0,19 1,10 0,64
			4,7		6,39
050	Радіально-свердлувальна	1. Свердлити одночасно 10 отв. Ø 20+0,052 на прохід	$0,00052 \text{ dl} = K$ $20 \cdot 22 = 0,23$	1,01	0,32
060	Радіально-свердлувальна	2. Свердлити одночасно 3 отв. Ø 8,5+0,3	$0,00052 \text{ dl} = K$ $85 \cdot 27 = 0,23$	1,41	0,16
070	Радіально-свердлувальна	3. Свердлити одночасно 5 отв. Ø 6+0,3	$0,00052 \text{ dl} = K$ $\cdot 37 = 0,12$	1,41	0,16
080	Радіально-свердлувальна	4. Свердлити одночасно 12 отв. Ø 14,1+0,3 в p-p 36±0,310	$0,00052 \text{ dl} = K$ $14,1 \cdot 36 = 0,26$	1,41	0,37
			0,26		0,31
090	Радіально-свердлувальна	5. Нарізання різі М 16-64 в 12 отв. Ø 14,1 на глибину 30+30	$0,00052 \text{ dl} = K$ $16 \cdot 30 = 0,192$		0,27
100	Радіально-свердлил.	6. Нарізати різі М 10-64 в 3 отв. Ø 8,5 на вихід	$0,0004 \text{ dl} = K$ $\cdot 27 = 0,103$		0,15
			РАЗОМ:		35,73

Таблиця 2.4 Таблиця для розрахунку типу виробництва

№ п/п	Операція	Назви операції	T шт. хв.	Cp шт.	Cn шт.	Ю _{3φ}	O ₁
1	010	Токар- револьверна	0,59	7,03	8	0,92	0,86
2	020	Токар- револьверна	6,20	3,46	4	0,90	0,87
3	030	Токарна з ЧПУ	9,12	5,26	6	0,98	0,85
4	040	Токарна з ЧПУ	6,39	3,45	4	0,93	0,87
5	050	Радіально- свердлил.	0,32	0,18	1	0,15	4,17
6	060	Радіально- свердлил.	0,16	0,09	1	0,07	8,33
7	070	Радіально- свердлил.	0,16	0,08	1	0,08	8,33
8	080	Радіально- свердлил.	0,37	0,90	1	0,16	3,75
9	090	Радіально- свердлил.	0,87	0,12	1	0,18	5
10.	100	Радіально- свердлил.	0,15	0,07	1	0,118	9,37
		ВСЬОГО:	35,73	19,99	22	-	42,4

Приклад розрахунку на 010 операцію

$$Cp = \frac{50000 \cdot 3,14}{60 \cdot 4055 \cdot 0,75} = 7,03 \text{ шт.}$$

Приймаю Cn = 8 шт.

$$Ю_{3\phi} = \frac{Cp}{Cn} = \frac{7,03}{8} = 0,87$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ		Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата			

$$O_1 = \frac{\eta_{3H}}{\eta_{3\phi}} = \frac{0,75}{0,87} = 0,86$$

$$K_{30} = \frac{\sum_{i=1}^r O_i}{\sum_{i=1}^r C_p} = \frac{42,4}{19,99} = 2,12$$

Отже, приймаю тип виробництва – великосерійне виробництво.

Визначимо тах випуску продукції

$$r = \frac{60 \cdot Fg}{N} = \frac{60 \cdot 4150}{50000} = 2,49 \text{ хв.}$$

Потокова форма характеризується спеціалізацією кожного робочого місця на виконання певної операції, узгодженням цих операцій ТП на основі тах випуску і розміщення робочих місць у послідовності, яка відповідає ТП.

Попередньо виконуємо перевірку можливості використання потокової форми організації виробництва при застосуванні однономенклатурної потокової лінії, тобто перевіряємо можливості завантаження обладнання потокової лінії менше, ніж на 0%.

Добова програма:

$$Ng = \frac{N}{D} = \frac{50000}{254} = 393,7 \text{ шт.}$$

де D – кількість робочих днів в році.

Добова продуктивність:

$$Qq = \frac{V \cdot Fe \cdot \eta_{3л}}{\sum T_{иии}}, (2.6)$$

де V – кількість операцій ТП;

F_e – факт. часу добової роботи обладнання;

$\eta_{3л}$ – коефіцієнт використання обладнання лінії

$$Qq = \frac{10 \cdot 952 \cdot 0,6}{36,76} = 155,38 \text{ шт./хв.}$$

Оскільки $N_g \geq Q_q$ – використовуємо потокову організаційну форму

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

виробництва.

2.3 Відпрацювання деталі на технологічність

Метод аналізу конструкції деталі на технологічність є виявлення недоліків по всіх даних, які представлені на кресленні деталі і в технічних вимогах, а також здійснити можливе вдосконалення. Основним завданням при проведенні аналізу і відпрацюванні конструкції на технологічність є зменшення трудомісткості і металоємкості, можливості оброблення деталі високопродуктивними методами [35]. Крім цього чим менша собівартість виготовлення виробу, тим більше він вважається технологічним. Види і показники технологічності конструкції приведені в ДСТУ 14.205-83 [36], суть яких полягає у широкому використанні уніфікованих складальних одиниць, стандартизованих та нормалізованих деталей і їх елементів, мінімальної кількості оригінальних деталей тощо.

Оцінка технологічності конструкції чи деталі буває двох видів: якісна і кількісна. Якісна характеризує технологічність деталі узагальнено на підставі досліду виконавця і проводиться на всіх стадіях проектування. Кількісна оцінка дається згідно рекомендацій ДСТУ 14.201-83 за наступними коефіцієнтами.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі

$$K_{ye} = \frac{Q_{yu}}{Q_e}, \quad (2.7)$$

де Q_{ye} – число уніфікованих типорозмірів конструктивних елементів;

Q_e – число типорозмірів конструктивних елементів;

$$K_{ye} = \frac{30}{46} = 0,65$$

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_m = \frac{m}{M}, \quad (2.8)$$

де m – маса деталі (кг);

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

M – маса заготовки (кг).

$$K_m = \frac{23}{28} = 0,79$$

Коефіцієнт точності обробки

$$K_m = 1 - \frac{1}{A_m}, \quad (2.9)$$

де A_m – середній квалітет обробки поверхні

$$A_m = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 19n_{19}}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_{19}}, \quad (2.10)$$

де n – кількість поверхонь з i -тим квалітетом обробки

$$A_m = \frac{6 \cdot 15 + 7 \cdot 2 + 8 \cdot 1 + 9 \cdot 10 + 10 \cdot 3 + 11 \cdot 1 + 13 \cdot 2 + 14 \cdot 12}{15 + 2 + 1 + 10 + 3 + 1 + 2 + 12} = 9,5$$

$$K_r = 1 - \frac{1}{9,5} = 0,894 \quad K_r > 0,8$$

Коефіцієнт шорсткості поверхонь деталі

$$K_u = \frac{1}{B_u}, \quad (2.11)$$

$$B_u = \frac{0,01 \cdot n_{0,01} + 0,02 \cdot n_{0,02} + \dots + 80n_{80}}{n_{0,01} + n_{0,02} + \dots + n_{80}}$$

$$B_u = \frac{2,5 \cdot 15 + 6,3 \cdot 1 + 10 \cdot 4 + 12,5 \cdot 18 + 20 \cdot 8}{15 + 1 + 4 + 18 + 8} = 10,19$$

$$K_u = \frac{1}{10,19} = 0,098 \quad K_u < 0,36$$

Для зручності розрахунку показників технологічності деталі дані її заносимо в таблицю 2.5.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 - Дані для розрахунку показників технологічності

№	Констр. Елемент деталі	К-сть однотипн их елементів		К-сть уніфікова них пов.		Квалітет		Шорсткіс ть	
		доб .	мод .	доб .	мод .	доб.	мод.	доб .	мод .
1	Пов. 1 Ø 371	1	1	0	0	14	14	20	20
2	Тор. 2	1	1	0	0	14	14	10	10
3	Тор. 3	1	1	0	0	13	14	12,5	12,5
4	Тор.4	1	1	0	0	13	14	2,5	2,5
5	Пов. 5 Ø 150	1	1	0	0	7	7	2,5	2,5
6	Пов. 6 Ø 160	1	1	0	0	14	14	12,5	12,5
7	Пов. 8 Ø 186	1	1	0	0	9	9	2,5	2,5
8	Тор. 827-0,5	1	1	0	0	14	14	10	10
9	Пов.11 Ø135	1	1	0	0	7	7	2,5	2,5
10	Торець 12	1	1	0	0	13	14	10	10
11	Торець 13	1	1	0	0	10	10	2,5	2,5
12	Поверх. 14	1	1	0	0	11	11	2,5	2,5
13	Пов.15 Ø298	1	1	0	0	10	10	10	10
14	Торець 16	1	1	0	0	14	14	20	20
15	10 отв. Ø 20	10	10	10	10	9	9	2,5	2,5
16	3 отв. Ø 10	3	10	3	3	6	6	12,5	12,5
17	5 отв. Ø 6	5	5	5	5	14	14	20	20
18	12 отв. Ø 16	12	12	12	12	6	6	12,5	12,5

Висновок: деталь технологічна за точністю виготовлення, за шорсткістю

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ				Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата					

поверхонь, за використанням матеріалу, нетехнологічна за кількістю уніфікованих елементів.

Оскільки в даному дипломному проєкті детального розроблення ділянки складання непередбачено, відпрацювання конструкції вузла на технологічність проводити не будемо.

2.4 Вибір способу отримання заготовки

При виборі способу отримання заготовки враховуємо конфігурацію, розміри, масу, матеріал заготовки, кількість одержуваних за програмою випуску деталей, необхідну точність, шорсткість і якість її поверхні, крім цього звертається увага на час, відведений на технологічну підготовку виробництва та наявність відповідного технологічного обладнання.

Вибір способу одержання заготовки проводимо згідно порівняння вартості встановленої для різних способів. Оскільки деталь „Маточина заднього колеса 695Н-3104015-10” виготовляється із високоміцного чавуну ВЧ40 заготовку можемо отримати литтям [37]:

- в пісчано-глиняній формі;
- за литими моделями.

Розрахунок вартості заготовок проводиться по формулі [33]:

$$S_{зза.} = \frac{C_i}{1000} (Q \cdot K_T \cdot K_c \cdot K_6 \cdot K_m \cdot K_n) - (Q - q) \frac{S_{сви}}{1000}, \quad (2.11)$$

де C_i – базова вартість чавуну ;

Q – маса заготовки в кг.

K_T - коефіцієнт, що залежить від класу точності прийнятого способу одержання заготовки ;

K_c - коефіцієнт, що вказує на ступінь складності заготовки ;

K_6 – коефіцієнт маси заготовки;

K_m – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу ;

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

K_n – коефіцієнт, що залежить від програми випуску ;

q – маса деталі в кг.

$S_{від}$ – вартість однієї тони відходів ;

Для порівняння двох способів складаємо таблицю 2.5.

Таблиця 2.6 - Порівняльна таблиця двох способів отримання заготовки

№ п/п	Показник	Спосіб одержання заготовки	
		лиття в пісчано-глинястій формі	лиття за литими моделями
1	q, кг.	23	23
2	марка матеріалу	13440	13440
3	C, грн.	7600	7600
4	Q, кг.	28	27,5
5	S від, грн.	80	80
6	R _T	1,05	1,10
7	R _c	1,45	1,54
8	K _B	0,8	0,98
9	K _M	1,24	1,45
10	K _n	0,52	0,83
11	Вартість заготовки, грн	124,3	187,9

2.5 Вибір методу обробки поверхонь

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 методів обробки, їх вибирають з урахуванням габаритних розмірів, характеру та точності вихідної заготовки, властивостей матеріалу, наявності обладнання та інших факторів.

Правильність встановлення методів обробки визначається при витримуванні умови $E_p \leq \prod_{i=1}^n E_i$ і розрахунку за формулою [38]:

$$\prod_{i=1}^n E_i = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3 \dots E_n, \quad (2.12)$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

де E_p – розрахунковий коефіцієнт уточнення;

n – число ступенів (переходів) оброблення;

E_i – окремі ступені (переходи) коефіцієнта уточнення

$$E_1 = T_1 / T_2; \quad E_2 = T_2 / T_3; \quad E_3 = T_3 / T_4; \dots\dots\dots$$

де T_1, T_n – допуск на виготовлення даного технологічного переходу

$$E_p = T_{заг} / T_{дет}, \quad (2.13)$$

де $T_{заг}$ – допуск заготовки ;

$T_{дет}$ - допуск деталі.

Таблиця 2.7 Встановлення методів обробки поверхонь деталі „Маточина заднього колеса 695Н-3104015-10”

№	Назва поверхні метод. обробки	Квалітет	Допуск		Уточнення	
			Позначення	Величини	Формула	Значення
1	2	3	4	5	6	7
1	Пов. 1Ø 371	14	Tg	1,4	$E_p = T_3 / T_g$	2,9
	I314	16	T ₃	4,0	$E_1 = T_3 / T_g$	2,9
	Заготовка	14	T ₁ ¹	1,4		
2	Тор. 2 р-р	14	Tg	0,59	$E_p = T_3 / T_g$	4,23
	27 п 14	16	T ₃	2,2	$E_1 = T_3 / T_2^{11}$	4,23
	Заготовка	14	T ₂ ¹	0,52		
3	Тор. 3 р-р	13	Tg	0,72	$E_p = T_3 / T_g$	5
	230 п 13	16	T ₃	3,6		
	Заготовка	14	T ₃ ¹	0,74	$E_1 = T_3 / T_3^{11}$	4,86
	Тог. чорн.	13	T ₃ ²	1,0	$E_2 = T_3^{11} / T_3^{22}$	0,74
	Тог. чорн.	13	T ₃ ³	0,72	$E_3 = T_3^{22} / T_3^{11}$	1,39
4	Тор. 4 р-р	13	Tg	0,63	$E_p = T_3 / T_3$	5,7
	172 п/3	16	T ₃	3,6		
	Заготовка	14	T _u ¹	1,00	$E_1 = T_3 / T_4^{11}$	3,6
	Тог. чорн.	14	T _u ²	0,87	$E_2 = T_4^{11} / T_4^{22}$	1,15
	Тог. чорн.	13	T _u ³	0,63	$E_3 = T_4^{22} / T_4^{11}$	1,38

Продовження таблиці 2.8

	Пов 5 Ø 150 I 7	7	Tg	0,04	$Ep = T_3/Tg$	80
	Заготовка	16	T ₃	3,2		
	Тог. чорн.	11	T ₃ ¹	0,2	$E_1 = T_3/T_3^1$	16
	Тог. тонке	7	T ₅ ²	0,04	$E_2 = T_5^1/T_5^2$	5
	Тог. тонке	7	T ₅ ³	0,04	$E_3 = T_5^2/T_5^1$	1
	Пов 6 Ø 160 I	14	Tg	1,0	$Ep^1 = T_3/Tg$	3,2
	14	16	T ₃	3,2		
	Заготовка	14	T ₆ ¹	1,0	$E_1 = T_3/Tg$	3,2
	Розточ. чорн.					
	Пов 7 Ø 168 Н	9	Tg	0,1	$Ep = T_3/Tg$	36
	9	16	T ₃	3,6		
	Заготовка	11	T ₇ ¹	0,250	$E = T_7^1/T_7^2$	1,44
	Розточ. чорн.	10	T ₇ ²	0,16	$E = T_7^2/T_7^3$	1,56
	Розточ. н/чис	9	T ₇ ³	0,1	$E = T_7^3/T_7^4$	1,6
	Розточ. чис.					
	Пов 8 р-р 27 I	14	Tg	0,52	$Ep = T_3/Tg$	2,5
	14	16	T ₃	1,3		
	Заготовка	14	T ₈ ¹	0,52	$E = T_3/T_8^1$	2,5
	Точіння чор.					
	Пов 10 Ø 311 5	14	Tg	0,32	$Ep = T_3/Tg$	10
	п 14	16	T ₃	3,2		
	Заготовка	14	T _g ¹	0,32	$E = T_3/Tg^1$	10
	Точ. н/чис.					
0	Пов 10 Ø 135 I7	7	Tg	0,04	$Ep = T_3/Tg$	62,5
	Заготовка	16	T ₃	2,5		
	Розточ. чорн.	13	T ₁₁	0,72	$E = T_3/T_{12}^1$	3,90
	Розточ. чис.	10	T ₁₁ ²	0,21	$E = T_{11}^1/T_{11}^2$	3,43
	Розточ. тонка	7	T ₁₁ ³	0,04	$E = T_{11}^2/T_{11}^3$	5,25
	Розточ. тонка	7	T ₁₁ ⁴	0,04	$E = T_{11}^3/T_{11}^4$	1
1	Тор. 11 р-р 174	13	Tg	0,63	$Ep = T_3/Tg$	3,97
	п 13	16	T ₃	2,5		
	Заготовка	13	T ₁₃ ¹	0,03	$E = T_3/T_{12}^1$	3,97
	Тог. чорн.					

12	Тор. 13 р-р 8 І	10	Tg	0,58	$Ep = T_3/Tg$	1,55
	10	16	T ₃	0,9		
	Заготовка Розточка чорн.	10	T ₁₄ ¹	0,58	$E = T_3/T_{13}^1$	1,55
13	Пов 14 Ø 136 п	11	T ₁₄ ¹	0,25	$Ep = T_3/Tg$	10
	11	16	T ₃	2,5		
	Заготовка	13	T ₁₄ ¹	0,63	$E = T_3/T_{14}^1$	3,97
	Розточ. чорн. Розточ. тонка	11	T ₁₄ ¹	0,5	$E = T_{14}^1/T_{14}^2$	2,52
14	Пов 15 Ø 298 п	10	Tg	0,21	$Ep = T_3/Tg$	15,24
	10	16	T ₃	3,2		
	Заготовка Тонк. чист.	10	T ₁₅	0,21	$E = T_3/T_{15}^1$	15,24
15	Тор. 16 р-р 423,	14	Tg	0,62	$Ep = T_3/Tg$	2,58
	14	16	T ₃	1,6		
	Заготовка	14	T ₁₆ ¹	0,62	$E = T_3/T_{16}^1$	2,58
	Розточ. чорн. Розточ. чорн.	14	T ₁₆ ²	0,62	$E = T_{16}^1/T_{16}^2$	
16	Отв. Ø 20 49	9	Tg	0,052	$Ep = T_3/Tg$	
	Свердління	9	T ₃	0,052	$Ep = T_3/Tg$	
17	Отв. М 1046	6	Tg	0,009	$Ep = T_3/Tg$	4,5
	Свердління	9	T ₁₈ ¹	0,043		
	Нарізка різі	6	T ₁₈ ²	0,009	$E = T_{18}^1/T_{18}$	4,8
18	Отв. Ø 6 Іs 14	14	Tg	0,3	$Ep = T_3/Tg$	
	Свердління	14	T ₃	0,3		
19	Отв. М 16 – М	6	Tg	0,011	$Ep = T_3/Tg$	3,9
	6	12	T ₂₀ ¹	0,3		
	Свердління Нарізка різі	6	T ₂₂ ²	0,011	$E = T_{20}^1/T_{20}^2$	3,9

2.6 Вибір та розрахункове обґрунтування технологічних баз

Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать наступні фактори:

- фактична точність виконання розмірів;
- правильність взаємного розташування поверхонь;
- ступінь складності пристроїв різальних та вимірних інструментів;
- загальна продуктивність оброблення заготовки.

Основні положення, що стосуються класифікації та теорії базування, ґрунтуються на рекомендаціях ДСТУ 21495-76. [39]. Вихідними даними для вибору баз слугують: робоче креслення деталі, технічні умови на виготовлення, вид заготовки та стан її поверхонь, бажаний ступінь механізації та автоматизації процесу механічного оброблення.

При базуванні заготовки необхідно витримувати наступну умову [35]:

$$T_{\text{дет.}} \geq T_{\text{розн.}} , \quad (2.14)$$

де $T_{\text{дет.}}$ - величина допуску, вказана на кресленні деталі;

$T_{\text{розн.}}$ – розрахунковий допуск на даний розріз.

$$T_{\text{розн.}} = W_{\text{тс}} + E_y , \quad (2.15)$$

де $W_{\text{тс}}$ – точність технологічної системи [40];

E_y – похибка установлення заготовки .

$$E_y = \sqrt{E_{\delta}^2 + E_z^2 + E_{np}^2} , \quad (2.16)$$

де E_{δ} – похибка базування [41];

E_z – похибка закріплення [42];

$E_{np.}$ – похибка пристрою [43].

$$E_{np.} = (1/3 \dots 1/10) T_{\text{дет.}} , \quad (2.17)$$

де $T_{\text{дет.}}$ - допуск, вказаний на кресленні деталі.

Приведемо приклади розрахунку похибки базування на операції 080 для кожної схеми наведеної на рисунках 2.1 – 2.3.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

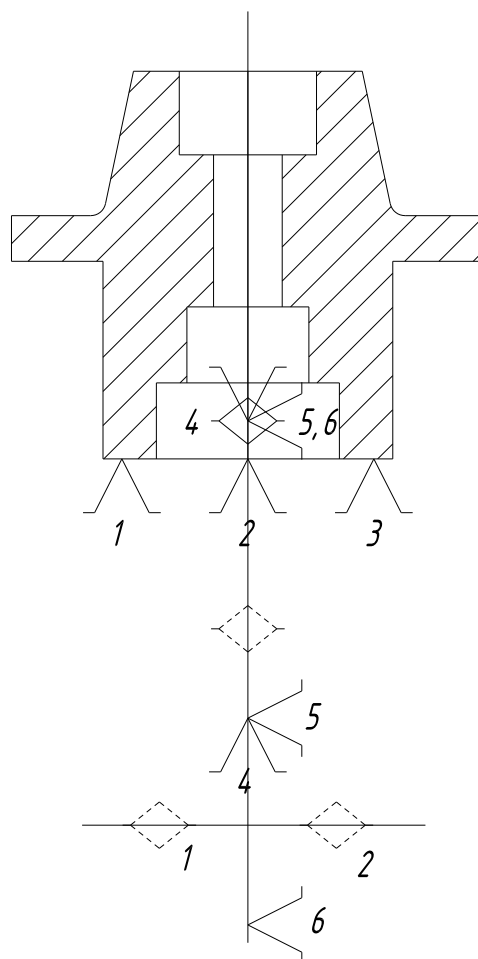


Рисунок 2.1 - Базування на розжимній оправці

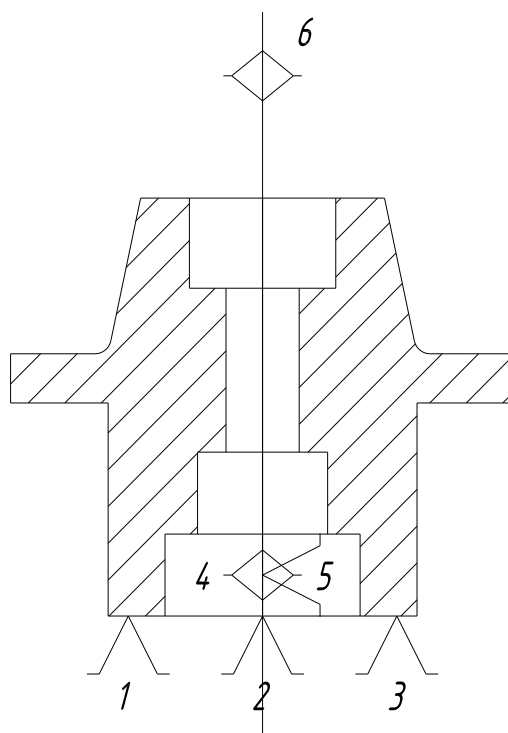


Рисунок 2.2 - Базування заготовки в призмі

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

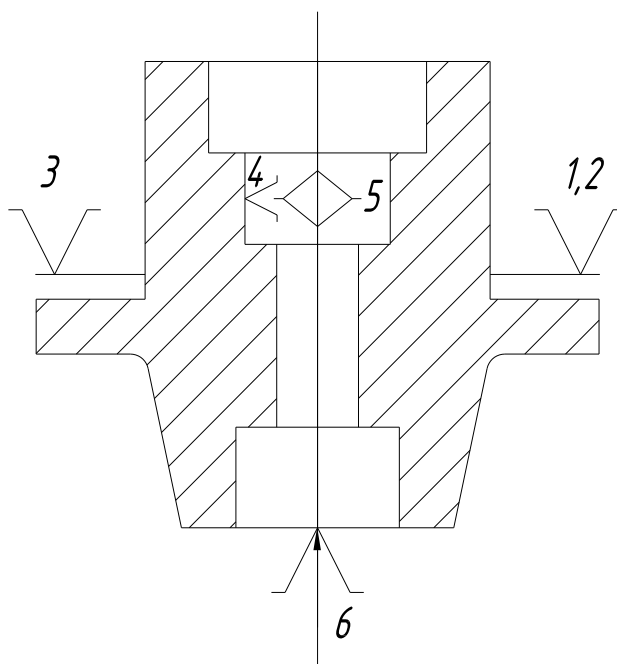


Рисунок 2.3 - Базування заготовки на пальці

Оскільки допуск на виготовлення даної поверхні складає 0,30 мм:

E_z приймаємо рівною 0,014 мм [2].

W_{mc} приймаємо рівною 0,021 мм [2].

$$E_y = \sqrt{0,048^2 + 0,014^2 + 0,075^2} = 0,054 \text{ мм}$$

$$T_{\text{розр.}} = 0,21 + 0,054 = 0,296 \text{ мм}$$

Отже, розрахунковий допуск майже дорівнює технологічному допуску.

Базування заготовки в призмі, оскільки допуск на виготовлення даної деталі складає 0,30 мм:

$$E_{np} = 1/4 \cdot 0,30 = 0,075 \text{ мм}$$

E_z приймаємо рівною 0,0140 мм [2];

W_{mc} приймаємо рівною 0,21 мм [3].

E_δ при даній схемі базування приймаємо рівною 0,059 мм [3].

$$E_y = \sqrt{0,059^2 + 0,014^2 + 0,075^2} = 0,093 \text{ мм}$$

$$T_{\text{розр.}} = 0,21 + 0,093 = 0,303 \text{ мм}$$

Як видно з розрахунків, розрахунковий допуск перевищує допуск на виготовлення даної поверхні.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Базування заготовки на палець, якщо $T_{дет}$ дорівнює 0,30 мм

$$E_{np} = 1/4 \cdot 0,30 = 0,075_{мм}$$

E_z приймаємо рівною 0,014 [2];

E_{ϕ} дорівнює 0,021 мм [3];

W_{mc} приймаємо рівною 0,21 мм [3. стр.26]

$$E_y = \sqrt{0,021^2 + 0,014^2 + 0,075^2} = 0,034_{мм}$$

$$T_{розр.} = 0,21 + 0,034 = 0,244 \text{ мм}$$

Із розрахунків видно, що розрахунковий допуск не перевищує технологічного допуску.

Висновок: варіант базування заготовки на пальці є найкращим, оскільки задовольняє вище вказаному.

2.7 Детальна розробка оптимального варіанту технологічного процесу.

2.7.1 Визначення допусків, припусків і операційних розмірів. Проектування заготовки

У масовому виробництві користуються розрахунково-аналітичним методом розрахунків припусків на кожному технологічному переході.

Припуск повинен бути таким, щоб при його знятті ліквідовувались похибки обробки і дефекти поверхневого шару (висота нерівностей R_{Z-1} , глибини дефектного шару h_{Z-1} , просторові відхилення ρ_{i-1} в розташуванні оброблюємої поверхні відносно базових поверхонь заготовки, які виникають на виконуємо переході).

Встановлення припусків проводиться табличним і розрахунковим методом [38]. Наведемо приклади двох методів, результати зведемо у таблиці 2.5 і 2.6.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 2.9 - Розрахунок припусків і граничних розмірів по технологічним переходам обробки поверхні $\varnothing 371 \pm 0,7$ мм.

Технологічний перехід обробки поверхні $\varnothing 371 \pm 0,7$	Елемент припуску, мкм		Розрахунок припуску $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Гран. діаметр. мм		Гран. знач. припуску мкм	
	Rz	S				D min	d max	Zz гр. min	Zz гр. max
заготовка	600	1010		371,5	3000	371,5	374,5		
чорнове точіння	5050	707	2603	370,3	1400	370,3	371,7	1,2	2,8

Далі проводимо більш укрупнений розрахунок і зводимо його в таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 - Розрахунок припусків

№ п/п	№ операції	Поверхня	Розрахунок	Кінцевий результат
1	2	3	4	5
1	010	Тор. 2 р-р 27 h 14 точ. чорн.	$Z = \min = Rz + F + \sqrt{S^2 + E^2}$ $A_{\min} = A_{i \min} + Z_{e \min} + T_i - 1$ $Z_{t \min} = Z_i - 1_{\min} = (350 + 350 + \sqrt{80^2 + 350^2})$ $= 1059 \text{ мм} = 1,059 \text{ мм}$ $A_{\min} = 26,48 + 1,054 + 0,52 = 28,059 \text{ мм}$	29,2 $\pm$ 1,1
2	010 020 010 020 040	Тор. 3 р-р 230 H3 Точ. чорн. Точ. чорн. Точ. чорн.	$Z = \min = Rz + F + \sqrt{p^2 + E^2}$ $Z_i - 2_{\min} = 350 + 350 + \sqrt{80^2 + 350^2} = 1,05$ $Z_{1 \min} = 160 + 160 \sqrt{80^2 + 350^2} = 0,619 \text{ мм}$ $A_{\min} = 229,28 + 2,641 + 2,46 = 234,391$	236,2 $\pm$ 18

Продовження таблиці 2.10

3	010 040 040	Тор. 4 р-р 172 h3 Точ. н/ч Точ. чорн. Точ. тонк.	$A_{i \min} + Z_{\text{осн.}} + Z_{\text{дод.}}$ $171,37+4,0+0,6=172,37$	172,37
4	040	Повер. 5 Ø 150 J 7	$149,972-4,0=145,572$	145,572
5	020	Тор. 8 р-р 27 Jj 14	$26,72+2,8+0,4=29,92$	
6	030	Пов. 4 135 J7	$134,972-4,0-0,3=130,672$	130,672
7	030	Тор. 12 р-р 174 h 13	$173,37+4,0+0,6=177,97$	177,97
8	030	Тор. 13 р-р 8 Jз 10	$7,71+2,0+0,2=9,91$	9,91
9	030	Пов. 15 р-р Ø298 H10	$297,79+3,0+0,4=302,19$	302,19

На всі інші поверхні, що підлягають механічній обробці призначаємо припуски дослідно-статистичним методом

Таблиця 2.11 –Припуски і допуски на поверхні, що підлягають обробці

Поверхня	Припуск, мм	Допуск, мм
29.9h9	$2 \cdot 2.0$	± 0.2
$21 \pm \frac{IT10}{2}$	$2 \cdot 0.3$	± 0.1
31H9	$2 \cdot 1.0$	± 0.2
97e7	$2 \cdot 1.3$	± 0.4
Ø109.8e7	$2 \cdot 2.0$	± 0.4
21.5	$2 \cdot 0.3$	± 0.1
14.9	0.5	± 0.1

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2.7.2 Розмірний аналіз технологічного процесу

Розмірний аналіз є одним із обов'язкових етапів конструкторської підготовки виробництва, оскільки якість і трудомісткість виробів в значній мірі визначається якістю розмірної обробки. Даний аналіз дозволяє виявити взаємозв'язок деталей і складальних одиниць, які входять в конструкцію машини і визначити методи досягнення необхідної точності[44], проаналізувати правильність постановки розмірів і допусків на кресленнях та внести зміни у відповідності з вибраними методами і засобами забезпечення потрібної точності різних параметрів, підвищити технологічність деталі та конструкції у цілому тощо.

Розмірний аналіз проводимо для лінійних розмірів деталі використовуючи наступні формули. Якщо шуканий розмір зменшуюча ланка:

$$S_{x \max} = \sum S_{j \min} - \sum S_{g \max} - Z_{\min}$$

Якщо - збільшуюча ланка, то

$$S_{x \min} = Z_{\min} - \sum S_{j \min} + \sum S_{g \max}$$

де $S_{x \max}$ - найбільше значення шуканого розміру;

$S_{x \min}$ - найменше значення шуканого розміру;

$S_{j \min}$ - мінімальні значення збільшуючих ланок;

$S_{g \max}$ - максимальні значення зменшуючих ланок.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

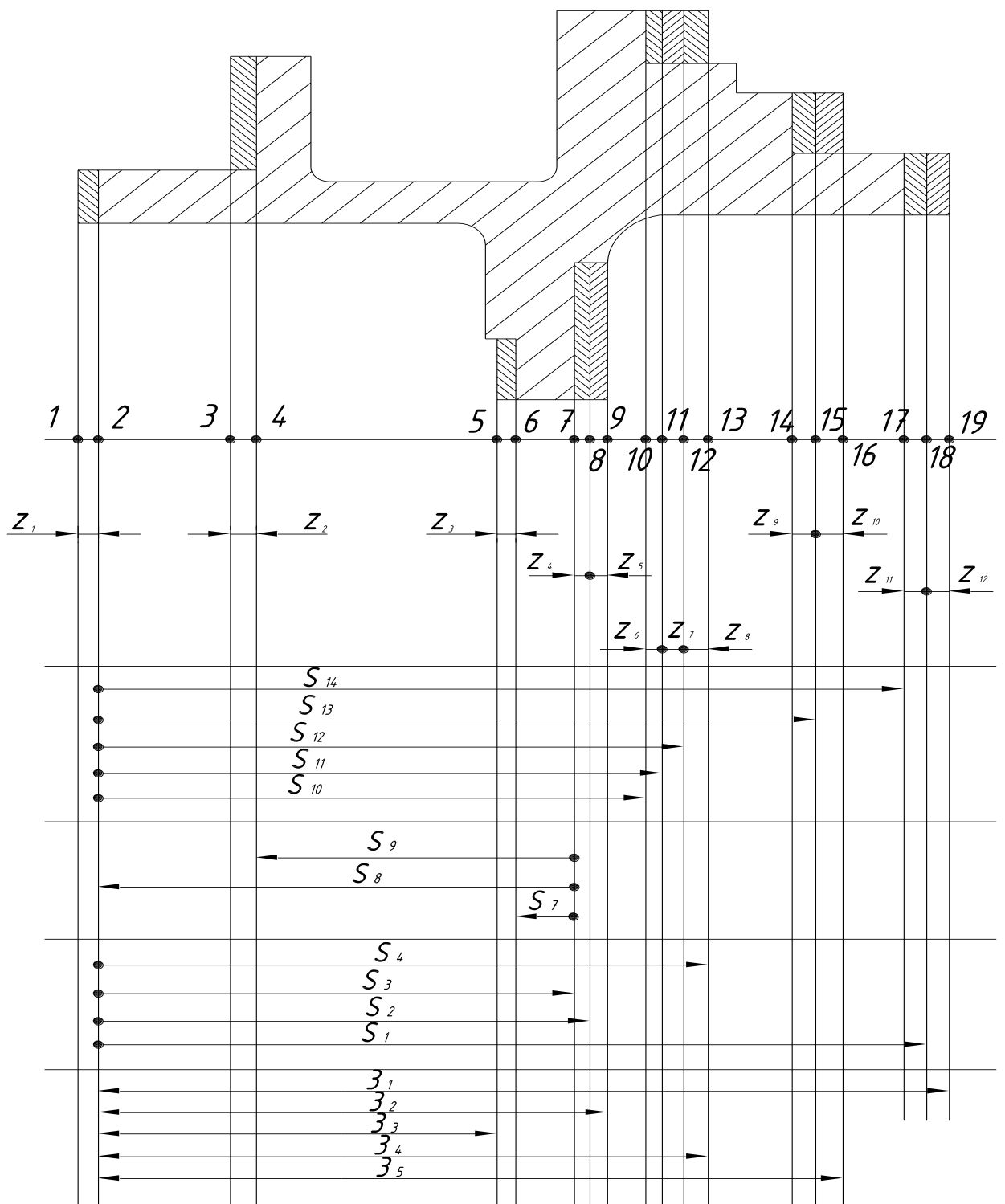


Рисунок 2.4 – Розмірний аналіз

Отже, вихідні дані

$$A_1=230-0,72$$

$$A_4=172-0,63$$

$$A_2=174-0,63$$

$$A_5=42\pm 0,18$$

$$A_3=27-0,24$$

$$A_6=100-0,87$$

Технологічні розміри одержані в результаті розмірного аналізу:

$$S_1 = 233,9_{-1,22}^{-0,5}$$

$$S_2 = 178_{-0,63}^{+0,5}$$

$$S_3 = 176,5_{-0,18}^{+0,8}$$

$$S_4 = 176,5_{-0,12}^{+0,25}$$

$$S_7 = 27 - 0,27$$

$$S_8 = 174 - 0,63$$

$$S_9 = 98 - 0,39$$

$$S_{10} = 172 - 0,63$$

$$S_{11} = 172,6_{-0,38}^{+0,25}$$

$$S_{12} = 214_{-0,47}^{+0,17}$$

$$S_{13} = 215,2_{-0,3}^{+0,32}$$

$$S_{14} = 230 - 0,72$$

$$3_1 = 237_{-1,8}^{+1,1}$$

$$3_2 = 181_{-1,3}^{+1,2}$$

$$3_3 = 144_{-1,1}^{+11,4}$$

$$3_4 = 180_{-1,5}^{+1,0}$$

$$3_5 = 221_{-1,4}^{+1,5}$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

2.7.3 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення

При призначенні і розрахунку режимів різання враховують тип і розмір інструменту, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип обладнання і його стан[24]..

Розрахуємо режими різання на типові для даної деталі методи обробки

1. Операція 005. Точіння зовнішнього діаметру Ø 371.

Інструмент – прохідний різець **S25T SCLCR 09**.

Глибина різання – $t = 1,0$ мм

Подача - $S = 1,0$ мм

Швидкість різання рахуємо за формулою:

$$V = C_v \cdot K_v / (T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}), \quad (2.18)$$

де $T = 60$ хв. – перехід стійкості інструмента;

$C_v = 215$ – чавун;

$X_v = 0,15$;

$Y_v = 0,45$;

$m = 0,20$ – показники степеню;

K_v – загальний поправний коефіцієнт, що рахуємо за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{rv} \cdot K_{gv} \cdot K_{ov}, \quad (2.19)$$

де K_{mv} - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу, ;

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу,

$K_{\phi v}$ - коефіцієнт, що враховує головний кут в плані ;

K_{rv} - коефіцієнт, що враховує допоміжний кут в плані;

K_{gv} - коефіцієнт, що враховує поперечний переріз державки;

K_{ov} - коефіцієнт, що враховує вид обробки.

$$K_v = (150/175)^{125} \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 0,93 \cdot 1,0 = 0,47$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$V = [215 / (60^{0,20} \cdot 2,0^{0,15} \cdot 0,8^{0,45})] \cdot 0,47 = 45,2 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання знаходимо за формулою:

$$n = \frac{1000v}{\Pi \cdot D}, \quad (2.20)$$

де $D = 371$ мм – діаметр поверхні, яку обробляють;

$$n = \frac{1000 \cdot 45,2}{3,14 \cdot 371} = 38,76 \text{ хм}^{-1}$$

Силу різання рахуємо за формулою:

$$P_z = C_{pt}^{xp} \cdot S^{yp} V^{up} \cdot V^{np} K_p, \quad (2.21)$$

де $C_p = 81$ – чавун;

$X_p = 1,0$ – показник степеня;

$Y_p = 0,75$ – показник степеня ;

$\Pi_p = 0$ – показник степеня ;

K_p – поправочний коефіцієнт, що рахується за формулою.

K_{mp} – коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей металу різця;

$K_{yp}, K_{xp}, K_{lp}, K_{rp}$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини різця .

$$K_p = \left(\frac{175}{150}\right)^{0,4} \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,09$$

$$P_z = 81 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,8^{0,75} \cdot 45,16^0 \cdot 1,09 = 149,3 \text{ кГ} = 1463,8 \text{ Н}$$

Потужність різання рахуємо за формулою:

$$N_{ppi} = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60}, \quad (2.22)$$

$$N_{ppi} = \frac{149,3 \cdot 45,16}{102 \cdot 60} = 1,1 \text{ кВт}$$

Потужність електродвигуна верстату N_e , який ми проектуємо на дану операцію, повинна бути достатньою для того, щоб реалізувати дійсну потужність різання $N_{piz.}$, яку рахуємо за формулою[45] .

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$N'_{piz} = N_{ppi}/\eta, \quad (2.23)$$

де η – 0,8 – коефіцієнт корисної дії

$$N'_{piz.} = 1,1/0,8 = 1,4 \text{ кВт}$$

На дану операцію приймаю токарно-револьверний верстат моделі 1П37, потужність його електродвигуна рівна 5,8 кВт, що дозволяє говорити про те, що умова виконується. Отже, вибираємо верстат моделі 1П371.

2. Операція 040. Свердління дванадцяти отворів Ø14 мм на глибину 36 мм

Вибираємо стандартне спіральне сверло

A1211-14 HSS-E .

Форма заточки (Н) – Нормальна Підточена конічна поверхня. Кут при вершині 118°.

Матеріал різальної частини –

HSS-E (High Speed Steel) - швидкорізальна сталь з додаванням кобальту.

Кути свердла: $2\phi = 118^\circ$; $2\phi_0 = 118^\circ$; $\psi = 45^\circ$; $\omega = 30^\circ$.

Визначаємо глибину різання

$$t = \frac{D}{2} = \frac{14}{2} = 7 \text{ мм},$$

де: D – діаметр свердла, мм;

t – глибина різання.

2.3. Визначаємо подачі

Аналітичним методом визначаємо значення подачі виходячи із 3-ох обмежень: міцності свердла на кручення стійкості і міцності механізму подач, вибрану подачу скоректувати по паспорту верстата.

Визначаємо подачу виходячи із умов міцності свердла на кручення по формулі[32]:

$$S_1 = C_s \cdot D^{0,6} \cdot K_1 \text{ мм/об}$$

де: C_s – коефіцієнт, що залежить від оброблюваного матеріалу і групи подач,

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$C_s = 0,058;$$

K_1 – коефіцієнт, що залежить від відношення довжини отвору до діаметру $l/d=2.571$,

$$K_1 = 1.$$

$$S_0 = 0,058 \cdot 14^{0,6} \cdot 1 = 0,283 \text{ мм/об}$$

Приймаємо: $S_0 = 0,25 \text{ мм/об}$

Швидкість різання рахуємо за формулою:

$$V = \frac{C \cdot D^Z}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y \cdot HB^n}$$

де $c = 11400$ – сталь;

$m = 0,125$; $x = 0$; $y = 0,40$; $n_1 = 1,3$ – показники степеня ;

$Z = 0,25$ – показник степеня ;

$HB175$ – твердість оброблюваного матеріалу за шкалою Брінеля

$$V = \frac{11400 \cdot 14^{0,25}}{25^{0,125} \cdot 7^{0,4} \cdot 0,25^{0,40} \cdot 175^{1,3}} = 19.15 \text{ м/хв}$$

Силу різання рахуємо за формулою:

$$P_x = C \cdot D^{z1} \cdot S_0^{y1} \cdot HB^n$$

де $C_1 = 2,60$ – сталь

$Z^1 = 1,0$; $Y^1 = 0,80$; $n = 0,6$ – показники степеня

$$P_x = 2.6 \cdot 14^1 \cdot 0.25^{0,80} \cdot 175^{0,6} = 266.242 \text{ кг} = 2608.55 \text{ Н}$$

Оскільки 12 отворів свердлимо одночасно, то сумарна сила різання буде рівна

$$P = 12P_x$$

$$P = 12 \cdot 2608,55 = 31302,72$$

Частина обертання рахується за формулою, попередньо вказаною

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 19.15}{\pi \cdot 14} = 435.402 \text{ об/хв}$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Приймаємо $n = 430$ об/хв

Момент різання рахуємо за формулою:

$$M_{кр} = 10 * C_m * D^q * S^y * K_p$$

де $C_m = 0,021$ – сталь;

$q = 2,0$; $y = 0,8$ – показники степеня;

$K_p = K_{mp}$ – поправочний коефіцієнт

$$M_{кр} = 10 * 0,021 * 14^2 * 0,25^{0,25} * 1 = 13,57 \text{ Нм}$$

Потужність різання рахуємо за формулою:

$$N = \frac{M_{кр} * n}{9750} = 1,013 \text{ кВт}$$

Загальну потужність різання можна поррахувати згідно формули:

$$N_{заг.} = K * N$$

$$N_{заг.} = 12 * 1 = 12 \text{ кВт}$$

де $K=12$ – кількість шпинделів свердлильної головки

При коефіцієнті корисної дії верстата разом з головкою $\eta=0,85$, необхідна потужність електродвигуна рахується згідно формули:

$$N_e = \frac{N_{заг.}}{\eta}$$

$$N_e = \frac{12}{0,85} = 14,118$$

Приймаю на дану операцію радіально-свердлильний верстат моделі 2Е58, потужність його двигуна рівна 14кВт, отже потужність верстату використовується цілком.

3. Операція 045. Нарізання різи М16-6Н на глибину 30 мм у дванадцяти отворах одночасно

Вибираємо – ріжучий інструмент-мітчик Р6М5.

Швидкість різання знаходимо за формулою:

$$V = \frac{C_v d^{g_v}}{T^m S^{y_v}} K_v, \quad (2.23)$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

де $C_v = 245,0$ – сталь;

T – період стійкості ріжучого інструмента, приймаємо T рівним 250 хв.;

$g_v = 0,5$; $y_v = 2,0$; $m = 1,0$ показники степеня;

K_v – поправочний коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{tv}, \quad (2.24)$$

де $K_{mv}=1,7$; $K_{nv}=1,0$; $K_{tv}=1,0$ – коефіцієнти, що враховують оброблюваний і інструментальний матеріали і точність нарізуваної різи.

$$K_v = 1,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,7$$

$S = 2$ – клас нарізуваної різи;

$D=14,1$ мм – діаметр отвору різи;

$$V = \frac{245,0 \cdot 14,1^{0,5}}{250^{1,0} \cdot 2^{2,0}} \cdot 1,7 = 0,49 \text{ м/хв}$$

Крутний момент знаходимо за формулою:

$$M = C_m D^{g_m} \cdot S^{y_m} K_p, \quad (2.25)$$

де $C_m = 0,0270$ – сталь

$g_m = 1,4$; $y_m = 1,5$ – показники степеня;

$K_p = 0,8$ – поправочний коефіцієнт

$$M = 0,270 \cdot 16^{1,4} \cdot 2^{1,5} \cdot 0,8 = 29,6 \text{ Нм}$$

Потужність розраховуємо за формулою:

$$N = M \cdot n / 9750, \quad (2.26)$$

де n – частота обертання шпінделя

$$n = \frac{1000v}{PD}, \quad (2.27)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 0,49}{3,14 \cdot 16} = 9,8 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо n рівною 10 хв^{-1}

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$N = 29,6 \cdot 10 / 9750 = 0,03 \text{ кВт}$$

Загальна потужність різання при одночасному нарізанні дванадцяти різей

$$N_{\text{за.}} = K \cdot N, \quad (2.28)$$

де $K=12$ – кількість шпинделів у головці, які одночасно працюють;

$$N_{\text{за.}} = 12 \cdot 0,03 = 0,36 \text{ кВт}$$

При коефіцієнті кожної дії верстата разом з головою $\eta = 0,85$, необхідна потужність електродвигуна верстата визначається за формулою:

$$N_{\text{е-дв.}} = N_{\text{за.}} / \eta, \quad (2.29)$$

$$N_{\text{е-дв.}} = 0,36 / 0,85 = 0,45 \text{ кВт}$$

Отже, приймаємо на дану операцію радіально-свердлильний верстат моделі 2Е52 з потужністю електродвигуна рівною 2,2 кВт. Наступні режими різання знаходимо табличним методом і заносимо у таблицю 2.9.

2.7.4 Встановлення контрольних допоміжних і транспортних операцій

Одним із важливих заходів для забезпечення необхідного рівня якості є раціональна організація технічного контролю. Технічний контроль – це невід’ємна частина виробничого процесу, яка є сукупністю контрольних операцій. Які проводяться на всіх стадіях від придбання сировини, матеріалів до випуску готової продукції. Загальна задача контролю - створення умов, при яких були б неможливі прояви браку та виготовлення виробів низької якості.

Розроблення технічного контролю базується на забезпеченні заданих показників процесу виготовлення деталі, контролю і аналізу затрат на його реалізацію у встановлений проміжок часу при заданій якості виробів.

Обов’язковими показниками контролю є:

- точність вимірювання;
- вірогідність;
- трудоемкість;

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

- вартість контролю.

Вибрані засоби контролю повинні відповідати вимогам ДСТУ 3.1502-85. [46]. Гранично допустима похибка вимірювання регламентована умовами ДСТУ 8.051-81 і становить 20-35% допуску вимірювальної величини [47]. Контролювання точності виготовлення заготовок проводиться абсолютним методом при 10-ти процентному контролі. Контроль точності технологічних операцій механічного оброблення самої деталі проводиться абсолютним методом при 100% контролі.

Оскільки маємо великосерійний тип виробництва основними засобами контролю є калібри, а саме пробки, скоби, різцеві калібри.

Для контролю точності виготовлення даної деталі на операції 005 – 010 застосовуємо штангенциркуль ШЦ – І – 125 – 0,1; ШЦ – І – 250- 0,05; ШЦ – І – 500 – 0,02 і нутроміри мікрометричні 394450.

На операції 015 і 020 застосовуємо калібри – пробки за ДСТУ 18362-93, а також нутроміри і мікрометри 394450.

Для контролю отворів при свердлінні на операціях 025, 030, 035 і 040, крім штангенциркулів, застосовуємо калібри-пробки 393120.

Для контролю різі застосовуємо на операціях 045 і 050 різьбові калібри-пробки 393140.

Для контролю биття поверхонь Г, Д, Е відносно поверхонь Б і В використовуємо спеціальний контрольний пристрій з індикаторами годинникового і важільного типу, відповідно И405 і ИРП.

Висновки до Розділу 2

1. У цьому розділі здійснено розробку технологічного процесу виготовлення деталі "Маточина заднього колеса 695Н-3104015-10".

2. Проведено аналіз існуючого технологічного маршруту та обґрунтовано

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

вибір відповідної заготовки.

3. Розроблено маршрутний технологічний процес для оптимізації послідовності операцій.

4. Обґрунтовано вибір необхідного обладнання та станкового обладнання для забезпечення виробництва.

5. Визначено оптимальні режими різання для різних етапів обробки деталі.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Попередній розрахунок приводу

Приймаємо як розрахункову нижчу передачу головного приводу... [5].

3.1.1 Встановлення розрахункового ланцюга приводу

Ланцюг, в приводі на який діють найбільші потужність і крутний момент, є розрахунковою. Приймаємо як розрахункову нижчу передачу головного приводу $i_1=1/1,4$; $i_2=1/1,4$; $i_3=1$; $i_4=1/2$; $i_5=1$ $i_6=1/5$ при номінальній частоті обертання двигуна 1500 об/хв

3.1.2 Визначення крутного моменту на валах

Максимальний крутний момент на валу електродвигуна

$$T_1 = 452 \text{ Нм.}$$

Крутний момент на валу 1

$$T_2 = \frac{T_1 \times \eta_1 \times \eta_2}{i_1}, \quad (3.1)$$

де $\eta_1 = 0,98$ - ККД пасової або зубчастої передачі;

$\eta_2 = 0,99$ - ККД підшипників кочення;

$$T_2 = \frac{452 \times 0,98 \times 0,99}{1/1,4} = 614 \text{ Нм.}$$

Крутний момент на валу 2

$$T_3 = \frac{T_2 \times \eta_1 \times \eta_2}{i_2} = \frac{614 \times 0,98 \times 0,99}{1/1,4} = 834 \text{ Нм.}$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ					
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата						
Розроб.		В'юк Д.В.			КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ			Літ	Аркуш	Аркушів
Переір.		Крупа В.В.								
Реценз.										
Н. контр.		Кобельник В.Р.						ТНТУ, ФМТ, МВ-41		
Зав. каф.		Крупа В.В.								

Крутний момент на валу 3

$$T_4 = \frac{T_3 \times \eta_1 \times \eta_2}{i_3} == \frac{834 \times 0,98 \times 0,99}{1} = 809 \text{ Нм.}$$

Крутний момент на валу 4

$$T_5 = \frac{T_4 \times \eta_1 \times \eta_2}{i_4} == \frac{809 \times 0,98 \times 0,99}{1/2} = 1570 \text{ Нм.}$$

Крутний момент на валу 5

$$T_6 = \frac{T_5 \times \eta_3 \times \eta_2}{i_5} == \frac{1570 \times 0,98 \times 0,99}{1} = 1523 \text{ Нм.}$$

Крутний момент на шпинделі

$$T_7 = \frac{T_6 \times \eta_3 \times \eta_2}{i_6} == \frac{1523 \times 0,98 \times 0,99}{1/5} = 7388 \text{ Нм.}$$

3.2 Проектувальні розрахунки зубчастих передач

3.2.1 Розрахунок зубчастих передач.

Приймаємо матеріал зубчастих коліс легована сталь 25ХГТ ДСТУ 4543-80, термообробка -нітроцементация із загартуванням до твердості HRC 56.. .60.

Допустиме контактне напруження [49]

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlimb} * K_{HL}}{[S_H]}, \quad (3.2)$$

де σ_{Hlimb} тривала межа витривалості,

$$\sigma_{Hlimb} = 23HRC = 23 \times 59 = 1357 \text{ МПа,}$$

$K_{HL}=1$ - коефіцієнт надійності та довговічності;

$S_H = 1,2$ - коефіцієнт безпеки;

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$\sigma_H = 1357 \times 1/1.2 = 1130 \text{ МПа.}$$

Для косозубих коліс розрахункове контактне напруження визначаємо за формулою

$$\sigma_{HP} = 0.45 \times \sigma_H = 0.45 \times 1130 = 509 \text{ МПа.}$$

Допустима напруга при згині, Мпа[49]

$$[\sigma]_F = \frac{\sigma_F^{0lim} \cdot b \cdot K_{FC}}{S_F} \cdot K_{FL} \quad (3.3)$$

де $\sigma_{Flimb} = 980 \text{ Мпа}$ – межа витривалості матеріалу;

$k_{FC} = 1$ коефіцієнт, що ураховує двостороннє навантаження зубця

$k_{FL} = 1$ – коефіцієнт довговічності при розрахунку на згин;

$$[\sigma]_F = \frac{980 \cdot 1}{2.2} \cdot 1 = 446 \text{ МПа.}$$

Для розрахунку використано спеціалізований пакет MathCAD [50]

Вали IV-V

Проектний розрахунок зубчастої конічної передачі $z_7: z_8 = 25:25$

Зовнішній ділильний діаметр колеса[4]

$$d_{e7} \geq K_d \sqrt[3]{\frac{T_5 k_{H\beta}}{\sigma_{HP}^2 (1 - 0.5 \psi_{bRe})^2} \frac{u_5}{\psi_{bRe}}} \quad (3.4)$$

де $T_5 = 1570 \text{ Нм}$ – розрахунковий момент на шестерні;

k_d – допоміжний коефіцієнт; $k_d = 990$;

k_H – коефіцієнт навантаження; $k_H = 1.3$;

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

u_4 – передатне число; $u_4=1$

ψ_{bR_e} - коефіцієнт ширини вінця по відношенню до зовнішньої конусної відстані $\psi_b = 0,285$

$$d_{e7} \geq 990 \sqrt[3]{\frac{1570 \times 1,3 \times 1}{1130^2 (1 - 0,5 \times 0,285)^2 \times 0,285}} = 185 \text{ мм}$$

Приймаємо за ДСТУ 12289-76 найближче стандартне значення

$$d_e = 200 \text{ мм}$$

Число зубів шестерні та колеса

$$z_7 = z_8 = 25.$$

Зовнішній окружний модуль

$$m = \frac{d_e}{z_7} \quad (3.5)$$

$$m = \frac{200}{25} = 8 \text{ мм}$$

Кути ділительних конусів

$$\text{Ctg} \delta_7 = u = 1;$$

$$\delta_7 = \delta_8 = 45^\circ;$$

Зовнішня конусна відстань R_e

$$R_e = 0,5 m_e \sqrt{z_7^2 + z_8^2} \quad (3.6)$$

$$0,5 \times 8 \sqrt{25^2 + 25^2} = 141,4 \text{ мм}$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Ширина вінця b :

$$b = \psi_{bR_e} \times R_e \quad (3.7)$$

$$b = 0,285 \times 141,4 = 40,29 \text{ мм}$$

Приймаємо $b = 40 \text{ мм}$.

Зовнішній ділильний діаметр шестерні та колеса

$$d_{e7} = d_{e8} = m \cdot z_7 \quad (3.8)$$

$$d_e = d_e = 8 \cdot 25 = 200 \text{ мм.}$$

Середній ділильний діаметр шестерні та колеса

$$d_7 = d_8 = 2(R_e - 0,5b) \sin 45^\circ \quad (3.9)$$

$$d_7 = d_8 = 2(141,4 - 0,5 \times 40) \sin 45^\circ = 171,72$$

Зовнішні діаметри шестерні та колеса (по вершинах зубів)

$$d_{ae7} = d_{ae8} = d_{e7} + 2m_e \cos 45^\circ \quad (3.10)$$

$$d_{ae7} = d_{ae8} = 200 + 2 \times 8 \times \cos 45^\circ = 211,46 \text{ мм}$$

Вали V-VI

Модуль передачі з розрахунку витривалість зубів при згині для найбільш

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

навантаженої пари коліс $Z_9:Z_{10}=22:110$

$$m \geq K_m \sqrt[3]{\frac{T_6 k_F}{Z_9 \psi_{bm} \sigma_{FP9}}} Y_{FS} Y_\beta \quad (3.11)$$

де $k_m=11.2$ – косокуба передача;

$T_5=796$ Нм вихідний розрахунковий крутний момент на шестерні, Нм;

$k_F=1.3$ - коефіцієнт навантаження для шестерні

$Y_{FS}=3.8$ – коефіцієнт, що враховує форму зуба

$Y_\beta=1$ – коефіцієнт нахилу зуба

$z_9=22$ – кількість зубів шестерні;

$\psi_{bm}=10$ відношення ширини вінця до модуля;

$$m \geq 11.2 \sqrt[3]{\frac{1523 \times 1.3 \times 3.8}{22 \times 10 \times 509}} \times 3.65 \times 1 = 7 \text{ мм}$$

Початковий діаметр шестерні z_1 косокубої пари коліс $Z_9:Z_{10}=22:110$

$$d_{w11} \geq K_d \sqrt[3]{\frac{T_6 k_H}{\psi_{bd} \sigma_{HP}^2} \frac{u_6 + 1}{u_6}} \quad (3.12)$$

де k_d – Допоміжний коефіцієнт; $k_d=675$;

$T_6=1523$ Нм розрахунковий крутний момент на шестерні, Нм;

$k_H=1.3$ - коефіцієнт навантаження;

$u_6=5$ – передаточне число;

ψ_{bd} - відношення робочої ширини вінця передачі до початкового діаметру

$$\psi_{bd} = \frac{\psi_{bm}}{z_9} \quad (3.13)$$

де ψ_{bm} - Відношення ширини колеса до модуля $\psi_{bm}=10$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$\psi_{bd} = \frac{10}{22} = 0,45$$

$$d_{w9} \geq 675 \sqrt[3]{\frac{1523 \times 0.9}{0.45 \times 509^2} \frac{(5+1)}{5}} = 163 \text{ мм.}$$

Модуль

$$m = d_{w9} / Z_9 \quad (3.14)$$

$$m = 148.5 / 22 = 7.4 \text{ мм.}$$

З двох значень модуля, визначених з розрахунку на контактну витривалість і витривалість зубів при згині, як розрахунковий приймаємо $m = 7$ мм

Міжосьова відстань у зубчастій передачі

$$a_{W_{5-6}} = \frac{(z_9 + z_{10})m}{2} \quad (3.15)$$

$$a_{W_{5-6}} = \frac{(22 + 110)7}{2} = 462 \text{ мм.}$$

Основні розміри шестерні та колеса:

діаметри ділільні:

$$d = z \cdot m \quad (3.16)$$

Для шестерні:

$$d_1 = 22 \cdot 7 = 154 \text{ мм}$$

Для колеса:

$$d_2 = 110 \cdot 7 = 770 \text{ мм}$$

діаметри вершин зубів:

$$d_a = d + 2m \quad (3.17)$$

Для шестерні:

$$d_{a1} = 154 + 2 \cdot 7 = 168 \text{ мм}$$

Для колеса:

$$d_{a2} = 770 + 2 \cdot 7 = 784 \text{ мм}$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

діаметри западин зубів:

$$df = d - 2,5m \quad (3.18)$$

Для шестерні:

$$df_1 = 154 - 2,5 \cdot 7 = 136,5 \text{ мм}$$

Для колеса:

$$df_2 = 770 - 2,5 \cdot 7 = 752,5 \text{ мм}$$

ширина вінця:

$$b = \psi_{bm} m \quad (3.19)$$

$$b = 10 \cdot 7 = 70 \text{ мм}$$

3.3 Проектувальні розрахунки валів

Діаметр валу[51]

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau_K]}} \quad (3.20)$$

де T - крутний момент, Н · мм;

Для валів із сталі 45:

$[\tau_K] = (20 \dots 25)$ МПа - для вихідних кінців валів;

$[\tau_K] = (10 \dots 20)$ МПа – для валів під зубчастими колесами.

Вал 1:

Діаметр вхідного кінця валу

$$d_{1K} = \sqrt[3]{\frac{T_2}{0,2[\tau_K]}} \quad (3.21)$$

де $T_2 = 343$ Н·м - крутний момент на валу

$$d_{1K} = \sqrt[3]{\frac{614 \cdot 10^3}{0,2 \cdot (20 \dots 25)}} = (53,5 \dots 49,7) \text{ мм}$$

З урахуванням розміщення на кінці валу шківів, приймаємо діаметр вхідного

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

кінця валу $d_{1к} = 54$ мм, а під підшипник $d_{2п} = 55$ мм.

Діаметр валу під шестернею

$$\sqrt[3]{\frac{614 \cdot 10^3}{0,2 \cdot (10 \dots 20)}} = (67.5 \dots 53.5) \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр валу під шестернею $d_{III} = 56$.

Вал 2

Діаметр валу під шестернею

$$d_{2к} = \sqrt[3]{\frac{834 \cdot 10^3}{0,2 \cdot (10 \dots 20)}} = (74.7 \dots 59.3) \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр валу між опорами з шліцевим з'єднанням

$d_{2к} = D-8x72x78H7/f6x12F10/h9$ за ДСТУ 1139-80 [52], а під підшипник

$d_{3п} = 70$ мм.

Вал 3

Діаметр валу під шестернею

$$d_{3к} = \sqrt[3]{\frac{809 \cdot 10^3}{0,2 \cdot (10 \dots 20)}} = (74 \dots 58.7) \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр валу між опорами з шліцевим з'єднанням

$d_{3к} = D-10x72x78H7/f6x12F10/h9$ за ГОСТ 1139-80, а під підшипник

$d_{3п} = 70$ мм.

Вал 4

діаметр вхідного кінця валу

$$d_{4к} = \sqrt[3]{\frac{1570 \cdot 10^3}{0,2 \cdot (20 \dots 25)}} = (73.2 \dots 68) \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр вхідного кінця валу $d_{4к} = 72$ мм,

а під підшипник $d_{4п} = 70$ мм.

$$\sqrt[3]{\frac{1570 \cdot 10^3}{0,2 \cdot (10 \dots 20)}} = (92.2 \dots 73) \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр валу між опорами зі шліцевим з'єднанням

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$d_{4к} = D-10x72x78H7/f6x12F10/h9$ за ГОСТ 1139-80.

Вал 5

діаметр вхідного кінця валу

$$d_{5к} = \sqrt[3]{\frac{1523 \cdot 10^3}{0,2 \cdot (20 \dots 25)}} = (72.4 \dots 67.3) \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр вхідного кінця валу $d_{4к} = 70$ мм,

а під підшипник $d_{4п} = 65$ мм.

Діаметр валу під шестернею

$$\sqrt[3]{\frac{1523 \cdot 10^3}{0,2 \cdot (10 \dots 20)}} = (91.3 \dots 72.5) \text{ мм.}$$

Згідно ДСТУ приймаємо діаметр валу між опорами зі шліцевим з'єднанням

$d_{5ш} = D- 10x 72x 82H7/f6x 12F10/h9$

$d_{6ш} = D- 10x 82x 92H7/f6x 12F10/h9$

Розрахунок шліцевого з'єднання виконують як перевірочний (по напруженнях) змінання за формулою

$$\sigma_{см} = \frac{T \cdot 10^3}{S_F \cdot l} \quad (3.22)$$

де $\sigma_{см}$, МПа – розрахункове напруження змінання

T - крутний момент на валу 1523,

l -110 мм – робоча довжина зуба,

S_F - питомий сумарний статичний момент площі робочих поверхонь;

$$S_F = 0.5 \cdot d_{ср} \cdot h \cdot z \quad (3.23)$$

$$S_{F1} = 0.5 \cdot 77 \cdot 4 \cdot 10 = 1540 \text{ мм}^3/\text{мм}$$

де $z=10$ - число зубців шліцевого вала

$l_1=110$ мм – робоча довжина зуба,

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$l_2 = 70$ мм – робоча довжина зуба,

d_{cp} - середній діаметр шліцевого з'єднання;

h – робоча висота зубів;

z – число зубів;

$$\sigma_{зм1} = \frac{1523 \cdot 10^3}{1540 \cdot 110} = 8.9 \text{ МПа}$$

Роботоздатність зубчастого з'єднання забезпечується за умови

$$\sigma_{зм} < [\sigma]_{зм},$$

$[\sigma]_{зм} = (10...20)$ МПа – для рухомих з'єднань із загартованими робочими поверхнями і спокійного навантаження

$$S_{F2} = 0.5 \cdot 87 \cdot 4 \cdot 10 = 1740 \text{ мм}^3/\text{мм}$$

$$\sigma_{зм2} = \frac{1523 \cdot 10^3}{1740 \cdot 70} = 12.5 \text{ МПа}$$

$\sigma_{зм1} = 8.9$ МПа , $\sigma_{зм2} = 12.5$ МПа $< [\sigma]_{зм} = 20$ МПа, тобто міцність з'єднання забезпечується.

3.4 Попередній вибір матеріалу для виготовлення елементів приводу

Для виготовлення зубчастих коліс вибирається легована сталь 40Х ДСТУ 4543-80, термообробка - загартування ТВЧ до твердості HRC 48...52.

Вали, для яких необхідно забезпечити високу зносостійкість шліців і опорних шийок виготовляють зі сталі 45. Заготівлі проходять нормалізацію для поліпшення оброблюваності різанням, а оброблені деталі - загартування з індукційним нагріванням до твердості 46 ... 52 HRC.

Вали, фланці, кришки, планки та ін. невідповідні деталі виготовляють зі сталей 35 або 45 з нормалізацією для зняття напруги. Для надання відносно невисокої твердості деталі можуть бути покращені до 190 ... 245 НВ.

Корпусні деталі, що вимагають високої міцності та вібростійкості,

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

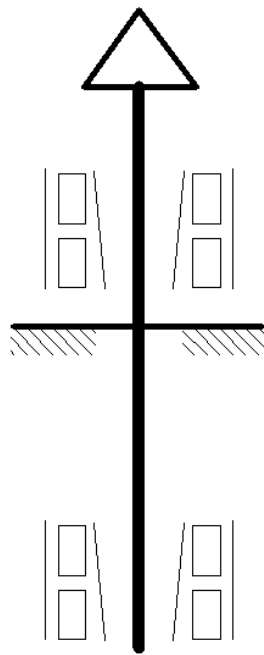
виготовляються із сірого чавуну СЧ15 або СЧ21. Після попередньої механічної обробки деталі піддаються нормалізаційному старінню.

3.5 Обґрунтування головних розмірів і конструкції шпиндельного вузла

3.5.1 Формування переднього кінця шпинделя згідно з діючими стандартами. Приєднувальні розміри

Для токарно-карусельних верстатів приєднувальні розміри переднього кінця шпинделя не нормовані.

Відповідно до завдання приймаємо шпиндельний вузол з дворядним роликовим підшипником типу 3182100К в передній і задній опорах рис.



3.1 Схема опор шпиндельного вузла

Радіальне навантаження сприймають підшипники дворядні роликові з короткими циліндричними роликами з конічним отвором, осьове навантаження

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

і від ваги деталі сприймає кільцевий упорний підшипник ковзання. Параметр швидкохідності

$$K = d n_{\max} = (1,5 \dots 4,5) 10^5 \text{ мм. хв}^{-1}$$

де $n_{\max}$ - найбільша частота обертання.

Основні розміри шпиндельного вузла – діаметр у передній опорі d , розмір переднього кінця a та відстань між передньою та задньою опорами L .

Тип опор залежить від навантажень при обробці та параметра швидкохідності

$$d \leq K/n_{\max}$$

де $K = d \cdot n_{\max}$ - параметр швидкохідності вибраної схеми опор,

$$K = d n_{\max} = (1,5 \dots 4,5) 10^5 \text{ мм/хв}$$

$n_{\max}$ - максимальна частота обертання шпинделя, $n_{\max} = 400 \text{ об/хв}$,

d - Вибраний діаметр передньої опори,

$$d \leq [(1,5 \dots 4,5) \times 10^5] / 400 = 375 \dots 1125 \text{ мм}$$

За критерієм здатності до навантаження

$$d_{\min} = (3 \dots 7) P = (3 \dots 7) \cdot 28 = (84 \dots 196) \text{ мм.}$$

Орієнтовно приймаємо виліт переднього кінця шпинделя

$$a = d = 200 \text{ мм.}$$

Відношення мінімальної міжопорної відстані L до вильоту переднього кінця шпинделя

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$L \geq 2,5a = 2,5 \cdot 200 = 500 \text{ мм.}$$

Відношення найбільшої міжопорної відстані до діаметра передньої шийки

$$L = (2,5 \dots 4) d = (2,5 \dots 4) 200 = (500 \dots 800) \text{ мм.}$$

По верстату приймаємо

$$L = 325 \text{ мм.}$$

Діаметр шпинделя в задній опорі

$$d_1 = (0,8 \dots 0,9) d = (0,8 \dots 0,9) 200 = 160 \dots 180 \text{ мм.}$$

По верстату приймаємо діаметр шпинделя в задній опорі рівним

$$d_2 = 140 \text{ мм.}$$

3.6 Вибір типу підшипників для опор шпинделя, обґрунтування схеми встановлення підшипників в опорах

Приймаємо для передньої опори як радіальний підшипник дворядний роликовий з короткими циліндричними роликами з конічним отвором четвертого ступеня точності 4-3182140К ДСТУ 7634-75[53], високошвидкісний, з розмірами $d = 200 \text{ мм}$, $D = 310 \text{ мм}$, $B = 82 \text{ мм}$, динамічна вантажопідйомність $C = 585 \text{ кН}$, статична вантажопідйомність $C_0 = 620 \text{ кН}$, гранична частота обертання 1800 об/хв .

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Приймаємо для задньої опори підшипник дворядний роликовий з короткими циліндричними роликами з конічним отвором п'ятого ступеня точності 5 -3182128К ДСТУ 7634-75 , високошвидкісний, з розмірами $d=140$ мм, $D=225$ мм, $F=265$ кН, статична вантажопідйомність $C_0=270$ кН, гранична частота обертання 2600 об/хв.

Передня опора шпинделя навантажена більше за задню. Її похибки переважно впливають на точність оброблюваних на верстаті деталей, Тому в передній опорі встановлюють підшипники більш точні, ніж у задній . Передню опору роблять жорсткішою, навіщо в ній часто встановлюють здвоєні і будовені підшипники.

3.7 Уточнені розрахунки шпиндельного вузла

3.7.1 Напівконструктивна схема шпиндельного вузла, розрахунок сил різання та сил на приводному елементі

При розрахунку необхідно враховувати, що деформацію вузла викликають сили різання у точці контакту різця із заготовкою [54].

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

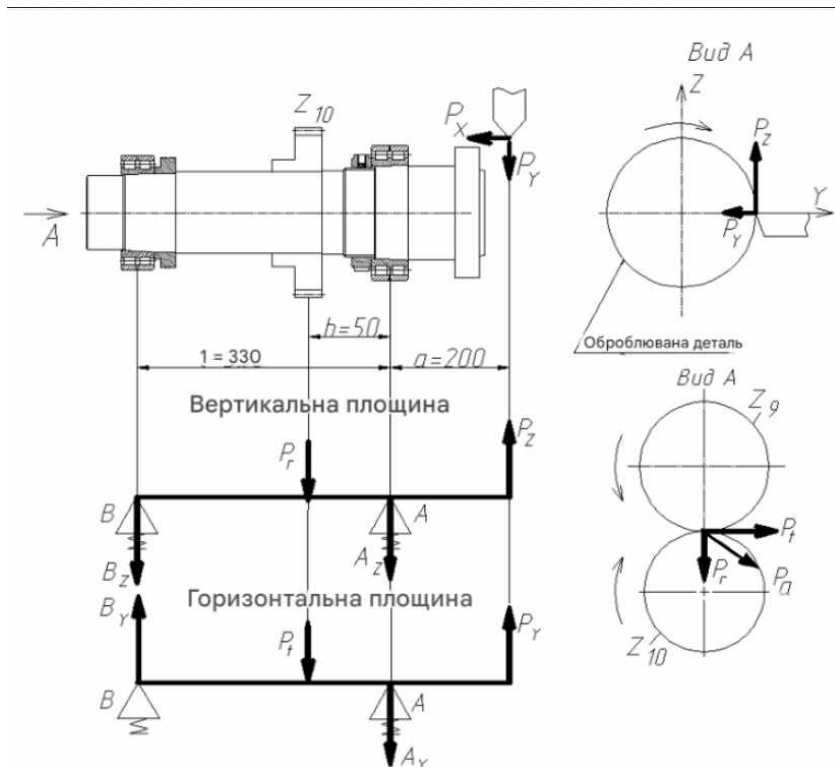


Рисунок 5.1 - Схема для розрахунків шпиндельного вузла на жорсткість

Розрахунковий момент, що крутить, на шпинделі

$$T_7 = 7388 \text{ Нм.}$$

$D_{\max} = 1 \text{ м}$ - найбільший діаметр оброблюваної заготовки.

Сили різання:

-тангенційна сила

$$P_z = 2T_6 / D_{\max} = (2 \cdot 7388) / 1 = 14776 \text{ Н}$$

-радіальна сила

$$P_y = (0,3 \dots 0,4) P_z = 0,35 \cdot 14776 = 5172 \text{ Н}$$

-осьова сила

$$P_x = (0,5 \dots 0,55) P_z = 0,5 \cdot 14776 = 7388 \text{ Н}$$

Розміри шестерні та колеса:

$$d_9 = 154 \text{ мм}$$

$$d_{10} = 770 \text{ мм}$$

Зусилля в зачепленні Z_9 - Z_{10} :

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

-тангенційна сила

$$F_T = \frac{2 \cdot T_7}{d_1} \quad (3.24)$$

$$F_{t1} = \frac{2 \times 7388000}{770} = 19190 \text{ H}$$

-радіальна сила

$$F_{r1} = F_T \cdot \operatorname{tg} \alpha / \cos \beta \quad (3.25)$$

$$F_{r1} = 19190 \times \operatorname{tg} 20^\circ / \cos 10^\circ = 19190 \times 0,364 / 0,984 = 7098 \text{ H}$$

-осьова сила

$$F_R = F_T \cdot \operatorname{tg} \beta \quad (3.26)$$

$$F_{a1} = 19190 \times \operatorname{tg} 10^\circ = 19190 \times 0,176 = 3377 \text{ H}$$

Визначаємо сили в зачепленні конічної шестерні Z₈-Z₇;

$$F_{t2} = \frac{2T_7 \cdot 10^3}{d_m} = \frac{2 \cdot 1523000}{200} = 15230 \text{ H.}$$

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} 20 \cdot \cos \delta = 15230 \cdot 0,363 \cdot 0,707 = 3908 \text{ H}$$

$$F_{a2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} 20 \cdot \cos \delta = 15230 \cdot 0,363 \cdot 0,707 = 3908 \text{ H}$$

3.8 Розрахунок шпиндельного вузла на жорсткість. Висновки з розрахунку

Сумарне переміщення переднього кінця шпинделя

$$\delta_\Sigma \sqrt{\delta_Z^2 + \delta_Y^2} \quad (3.26)$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

де δ_Z – переміщення у площині Z, мм,

δ_Y – переміщення у площині Y, мм,

Переміщення переднього кінця шпинделя з урахуванням затискаючого моменту в передній опорі.

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 = P \left[\frac{a^3}{3EI_1} + \frac{a^2 l (1 - \varepsilon)}{3EI_2} + \frac{j_A a^2 (1 - \varepsilon) + j_B [l + a(1 - \varepsilon)]^2}{j_A j_B l^2} \right] \pm \pm Q (1 - \varepsilon) \left[\frac{j_B (l + a) - j_A (l - b)}{j_A j_B l^2} - \frac{a (b^3 + 2bl^2 - 3b^2 l)}{3EI_2 l} \right] \quad (3.27)$$

де a – передній кінець, $a = 200$ мм;

l – Відстань між опорами А і В, $l = 330$ мм;

b – відстань від опори А до приводного колеса, $b = 50$ мм;

E – модуль пружності, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа;

J_1 – середній осьовий момент інерції консолі переднього кінця, мм⁴;

J_2 – середній осьовий момент інерції ділянки між опорами, мм⁴.

Осьовий момент інерції консолі переднього кінця шпинделя

$$J_1 = \frac{\pi \cdot (d_2^4 - d_1^4)}{64} \quad (3.27)$$

де d_2 – середній діаметр переднього кінця шпинделя, $d_2 \approx 250$ мм,

d_1 – середній діаметр отвору переднього кінця шпинделя, $d_1 \approx 80$ мм,

$$J_1 = \frac{\pi \cdot (250^4 - 80^4)}{64} = 190 \cdot 10^6 \text{ мм}^4$$

Осьовий момент інерції ділянки шпинделя між опорами, мм⁴

$$J_2 = \frac{\pi \cdot (d_2^4 - d_1^4)}{64} \quad (3.27)$$

де d_2 – середній діаметр міжопорної ділянки шпинделя, мм⁴ $d_2 \approx 155$ мм,

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

d_1 – середній діаметр отвору міжопорної ділянки шпинделя, $d_1 \approx 85$ мм,

$$J_2 = \frac{\pi \cdot (155^4 - 85^4)}{64} = 25 \cdot 10^6 \text{ мм}^4$$

j_A – радіальна жорсткість передньої опори, Н/мм,

j_B – радіальна жорсткість задньої опори, Н/мм,

$\epsilon=0,3$ — коефіцієнт затискання в передній опорі.

Перед Q приймають знак "плюс", якщо сили P і Q направлені в одну сторону, і знак "мінус", якщо вони спрямовані в протилежні сторони.

Радіальна жорсткість передньої опори, що складається з дворядного роликового підшипника з короткими циліндричними роликами залежить від його внутрішнього діаметра і визначається за графіком.

При $d=200$ мм радіальна жорсткість передньої опори

$$j_A = 2 \cdot 10^6 \text{ Н/мм}$$

Радіальна жорсткість задньої опори, що складається з дворядного роликового підшипника з короткими циліндричними роликами, залежить від його внутрішнього діаметра і визначається за графіком.

При $d=140$ мм радіальна жорсткість передньої опори

$$j_B = 1,4 \cdot 10^6 \text{ Н/мм},$$

Переміщення переднього кінця шпинделя з урахуванням затискаючого моменту в передній опорі

Вертикальна площа

$$\delta_Z = 14460 \left[\frac{200^3}{3 \times 2 \times 10^5 \times 190 \times 10^6} + \frac{200^2 \times 330(1-0,3)}{3 \times 2 \times 10^5 \times 25 \times 10^6} + \right. \\ \left. + \frac{2 \times 10^6 \times 200^2(1-0,3) + 1,4 \times 10^6 [330 + 200(1-0,3)]^2}{2 \times 10^6 \times 1,4 \times 10^6 \times 330^2} \right] -$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
& -6985(1 - 0,3) \left[\frac{1,4 \times 10^6(330 + 200) - 2 \times 10^6(330 - 200)}{2 \times 10^6 \times 1,4 \times 10^6 \times 330^2} \right] + \\
& + 6985(1 - 0,3) \left[\frac{200(50^3 + 2 \times 50 \times 330^2 - 3 \times 50^2 \times 330)}{3 \times 2 \times 10^5 \times 25 \times 10^6 \times 330} \right] = 0,0248
\end{aligned}$$

Горизонтальна площина

$$\begin{aligned}
\delta_Y = & 5172 \left[\frac{200^3}{3 \times 2 \times 10^5 \times 190 \times 10^6} + \frac{200^2 \times 330(1-0,3)}{3 \times 2 \times 10^5 \times 25 \times 10^6} + \right. \\
& \left. + \frac{2 \times 10^6 \times 200^2(1 - 0,3) + 1,4 \times 10^6[330 + 200(1 - 0,3)]^2}{2 \times 10^6 \times 1,4 \times 10^6 \times 330^2} \right] - \\
& - 19190(1 - 0,3) \left[\frac{1,4 \times 10^6(330 + 200) - 2 \times 10^6(330 - 200)}{2 \times 10^6 \times 1,4 \times 10^6 \times 330^2} \right] + \\
& + 19190(1 - 0,3) \left[\frac{200(50^3 + 2 \times 50 \times 330^2 - 3 \times 50^2 \times 330)}{3 \times 2 \times 10^5 \times 25 \times 10^6 \times 330} \right] = 0,0239
\end{aligned}$$

Сумарне переміщення переднього кінця шпинделя

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\delta_Z^2 + \delta_Y^2} \quad (3.28)$$

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{0.0248^2 + 0.0239^2} = 0.034$$

менше

$$[\delta] = 1.5 \cdot 10^{-4} \cdot L \quad (3.29)$$

$$[\delta] = 1.5 \cdot 10^{-4} \cdot 330 = 0.495 \text{ мм}$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Жорсткість (радіальна та осьова), що визначається по деформації шпинделя під навантаженням; при цьому жорсткість на передньому кінці шпинделя, Н/мкм

$$j = P/\delta \quad (3.30)$$

де Р - сила, прикладена на передньому кінці шпинделя, Н;

δ - прогин переднього кінця шпинделя, мкм.

Дійсна жорсткість шпиндельного вузла під робочим навантаженням Р (Н/мкм) [55]

$$j_p = \frac{\sqrt{P_Z^2 + P_Y^2}}{\delta} \quad (3.32)$$

$$j_p = \frac{\sqrt{14776^2 + 5172^2}}{18} = 870 \text{ Н/мкм}$$

більше допустимої дорівнює 250 Н/мкм.

Жорсткість шпиндельного по прогину вузла забезпечується.

Кут повороту шпинделя у передній опорі

$$\theta_A = \frac{1}{3EI_2} \left[Pal - \frac{Q}{2l} (b^3 - 2b^2l - 3b^2l) \right] \quad (3.33)$$

Вертикальна площина

$$\theta_z = \frac{1}{3 \times 2.1 \times 10^6 \times 190 \times 10^6} \left[14776 \times 200 \times 330 + \frac{6985}{2 \times 330} \times (50^3 - 2 \times 50 \times 330^2 - 3 \times 500^2 \times 330) \right] = 1.3 \cdot 10^{-6} \text{ рад}$$

Горизонтальна площина

$$\theta_y = \frac{1}{3 \times 2.1 \times 10^6 \times 25 \times 10^6} \left[5172 \times 200 \times 330 + \frac{19190}{2 \times 330} \times (50^3 - 2 \times 50 \times 330^2 - 3 \times 500^2 \times 330) \right] = 4.1 \cdot 10^{-5} \text{ рад}$$

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Сумарний кут повороту шпинделя у передній опорі

$$\theta_{\Sigma} = \sqrt{\theta_Z^2 + \theta_Y^2} \quad (3.34)$$

$$\theta_{\Sigma} = \sqrt{0.0000013^2 + 0.000041^2} = 0.000051 \text{ рад}$$

Допустимий кут повороту шпинделя в передній опорі

0,0001...0,00015 рад

$$\theta = 0.000051 \text{ рад} < [\theta] = 0,0001 \dots 0,00015 \text{ рад.}$$

Жорсткість шпиндельного вузла по куту повороту в передній опорі забезпечується.

3.9 Розробка 3D моделі стола в середовищі SolidWorks

Згідно наявних розрахунків та технічної документації розробляєм 3D модель стола верстата з використанням САПР SolidWorks [56][57]

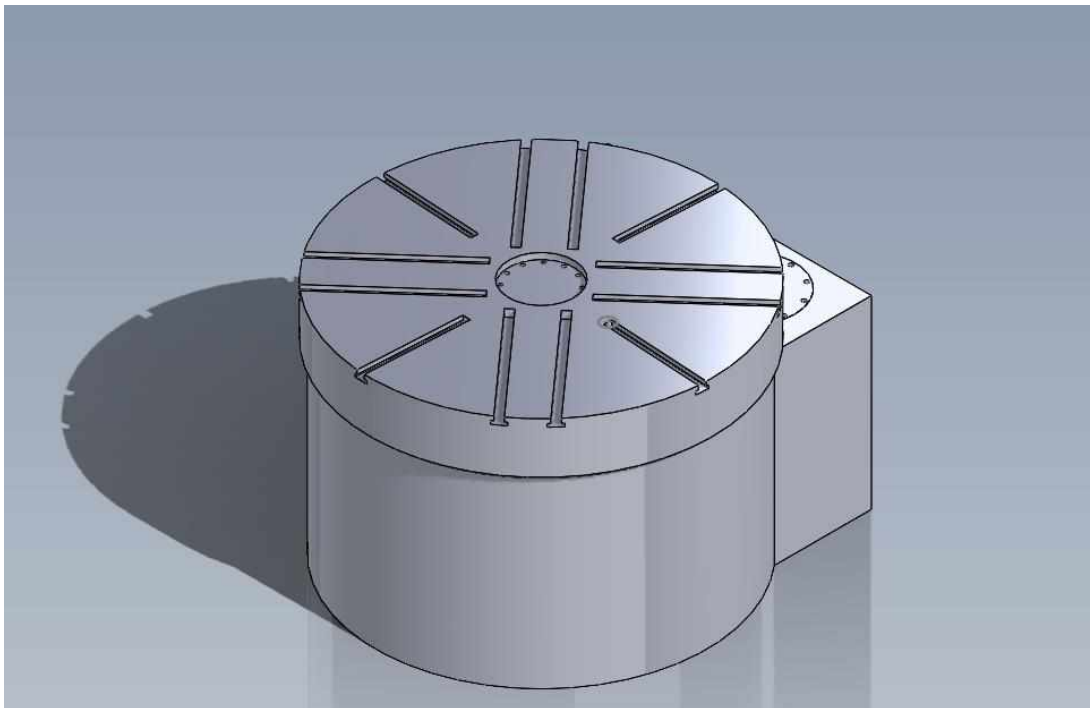


Рисунок 3.2 Загальний вигляд стола

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

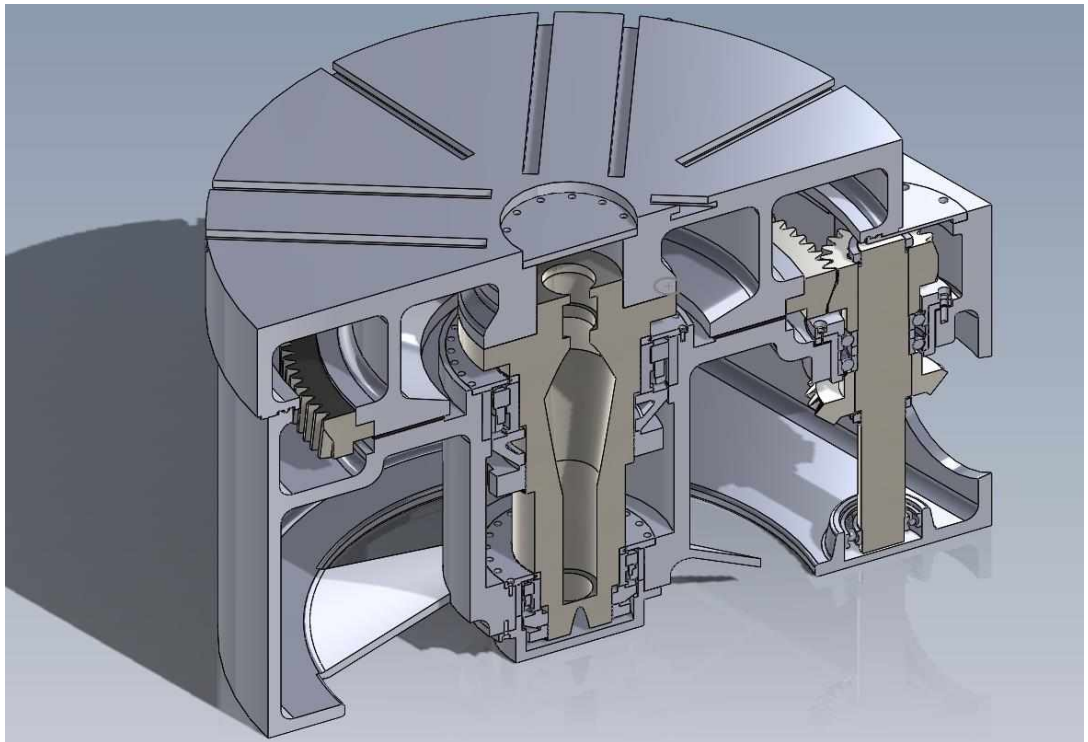


Рисунок 3.3 Стіл в розрізі

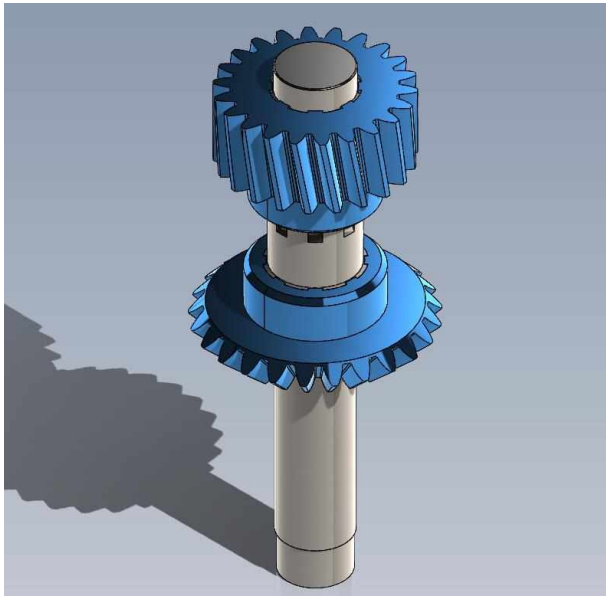
3.10 Розрахунок елементів стола засобами SolidWorks simulation

За допомогою наведених вище моделей буде проведено дослідження деталей приводу у програмній середовищі SolidWorks Simulation. Це дозволить проаналізувати напружено-деформований стан компонентів, визначити критичні зони навантаження та оцінити їх міцність за умов реальної експлуатації. [58][59]

3.10.1. Розрахунок приводного вузла

В межах дослідження виконується аналіз валу, на якому встановлено конічну та косозубу шестерні. Розрахунок передбачає визначення навантажень, що діють на вал від зусиль, переданих шестернями, із подальшим моделюванням напружено-деформованого стану валу. Оцінюється його міцність, жорсткість та стійкість до крутних та вигинальних деформацій з урахуванням характеру взаємодії з опорами та навантаженнями від передач[60][61].

Таблиця 3.1 Властивості матеріалу

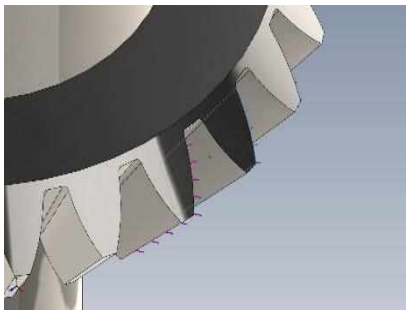
Модель 	Властивості	
	Назва матеріалу:	1.0503 (C45)
	Критерій руйнування:	Макс. напруга за Мізесом
	Межа текучості:	5,8e+08 N/m²
	Міцність на розрив	7,5e+08 N/m²
	Модуль пружності:	2,1e+11 N/m²
	Коефіцієнт Пуассона:	0,28
	Густота:	7 800 kg/m³
	Модуль зсуву:	7,9e+10 N/m²

Продовження таблиці 3.1

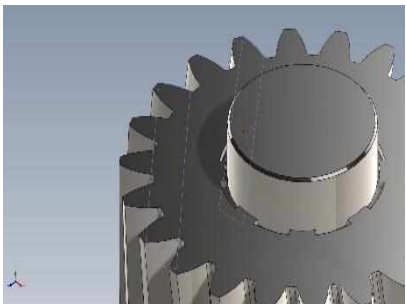
	Назва матеріалу:	1.7149 (20MnCrS5)
	Критерій руйнування:	Макс. напруга за Мізесом
	Межа текучості:	7,5e+08 N/m²
	Міцність на розрив	1,10083e+09 N/m²
	Модуль пружності:	2,1e+11 N/m²
	Коефіцієнт Пуассона:	0,28
	Густота:	7 800 kg/m³
	Модуль зсуву:	7,9e+10 N/m²

Таблиця 3.2 Навантаження

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Назва навантаження	Зображення навантаження	Деталі навантаження	
Сила-6		Об'єкти:	1 грань
		Тип:	Застосувати нормальну силу
		Значення:	7 565 N
		Об'єкти:	2 грані
		Тип:	Застосувати нормальну силу
		Значення:	3 783 N

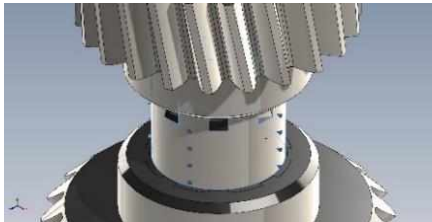
Продовження таблиці 3.2

Назва навантаження	Зображення навантаження	Деталі навантаження	
Сила-7		Об'єкти:	1 грань
		Тип:	Застосувати нормальну силу
		Значення:	9595 N
		Об'єкти:	2 грані
		Тип:	Застосувати нормальну силу
		Значення:	4798 N

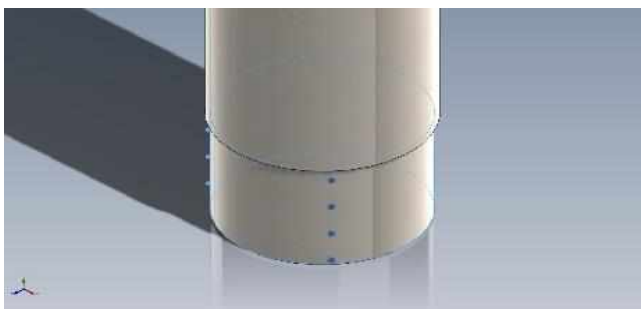
Таблиця 3.3 Визначення закріплення

Закріплення	Деталі закріплення
-------------	--------------------

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

				
	Об'єкти:		1 грань	
	Тип:		Підшипник	
Сили закріплення				
Тип	X-Компонент	Y-Компонент	Z-Компонент	Результат
Осьова сила (N)	-0	-6 485,1	-0	-6 485,1
Сила зсуву (N)	-4 521,2	0	-34 403	34 699

Продовження таблиці 3.3

Закріплення	Деталі закріплення			
	Об'єкти:		1 грань	
	Тип:		Підшипник	
Сили закріплення				
Тип	X-Компонент	Y-Компонент	Z-Компонент	Результат
Осьова сила (N)	-0	-299,26	-0	-299,26
Сила зсуву (N)	1 424,7	0	2 252,7	2 665,4

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

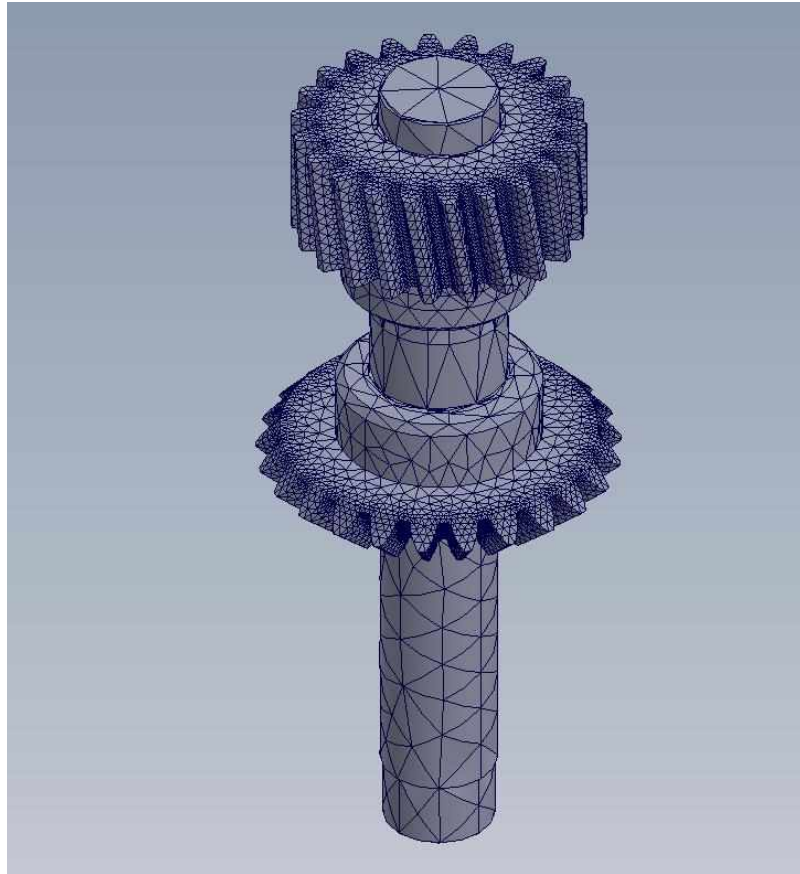


Рисунок 3.4 Структурна сітка вала

Таблиця 3.4 Інформація про сітку

Тип сітки	Твердотільна сітка
Використаний сітковбудівник	Сітка на основі змішаної кривизни
Загальна кількість вузлів	268666
Загальна кількість елементів	179695
% елементів зі співвідношенням сторін <3	98,9
% елементів зі співвідношенням сторін > 10	0,195
Якість сітки	Висока

Таблиця 3.5 Результати досліджень

Назва	Тип	Min	Max
Напруження-1	VON: Напруга за Мізесом	7,464e+02N/m ² Node: 48783	1,105e+08N/m ² Node: 1983

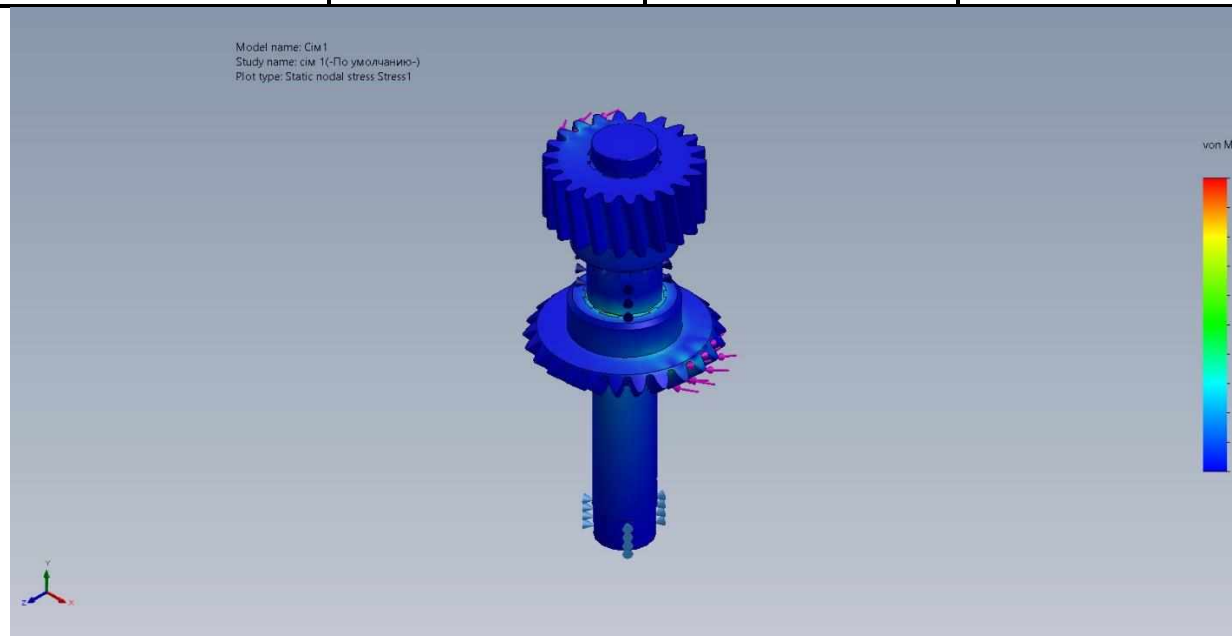


Рисунок 3.5 Вал 5 симуляція- Напруження

Продовження таблиці 3.5

Назва	Тип	Min	Max
Переміщення-1	URES: Результуюче переміщення	2,465e-04mm Node: 1430	5,893e-02mm Node: 113381

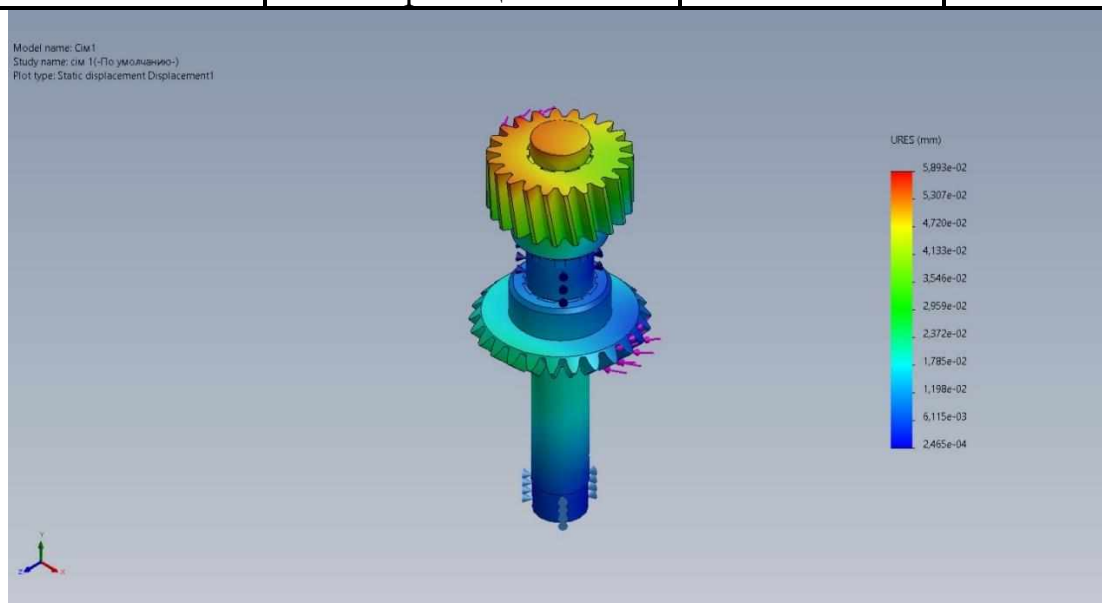


Рисунок 3.6 Вал 5 симуляція- Переміщення

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Назва	Тип	Min	Max
Деформація-1	ESTRN: Еквівалентна деформація	2,39196e-09 Element: 65403	2,74248e-04 Element: 25259

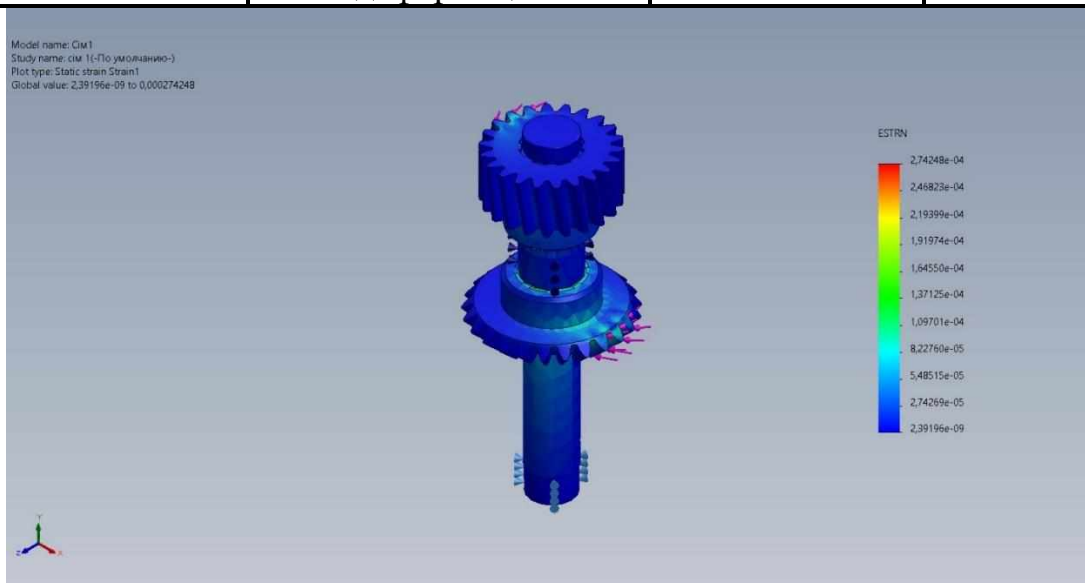
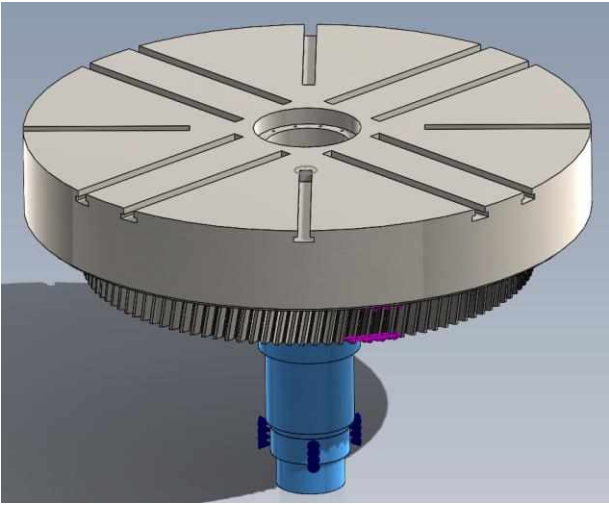


Рисунок 3.7 Вал 5 симуляція- Деформація

За результатами автоматизованих розрахунків всі параметри вала знаходяться в допустимих межах.

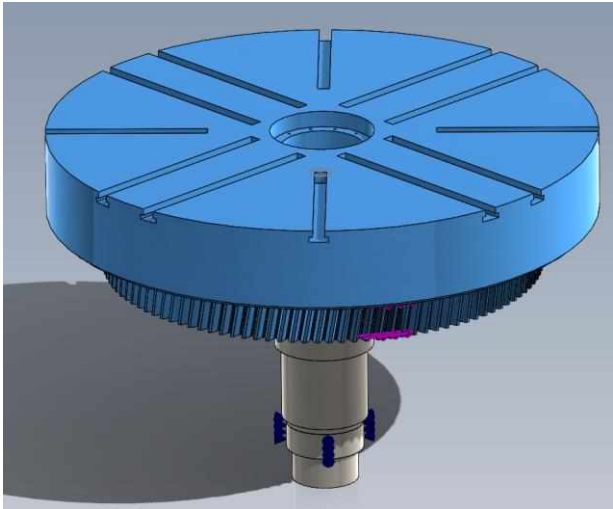
3.10.2. Розрахунок шпиндельного вузла

Таблиця 3.6 Властивості матеріалу

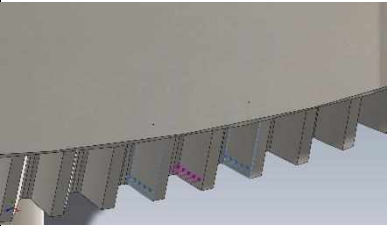
Модель	Властивості	
	Назва матеріалу:	1.0503 (C45)
	Критерій руйнування:	Макс. напруга за Мізесом
	Межа текучості:	5,8e+08 N/m²
	Міцність на розрив	7,5e+08 N/m²
	Модуль пружності:	2,1e+11 N/m²
	Коефіцієнт Пуассона:	0,28

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

	Густота:	7 800 kg/m ³
	Модуль зсуву:	7,9e+10 N/m ²

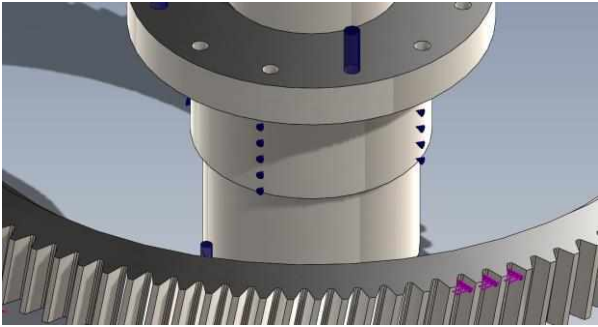
	Назва матеріалу:	1.7149 (20MnCrS5)
	Критерій руйнування:	Макс. напруга за Мізесом
	Межа текучості:	7,5e+08 N/m ²
	Міцність на розрив	1,10083e+09 N/m ²
	Модуль пружності:	2,1e+11 N/m ²
	Коефіцієнт Пуассона:	0,28
	Густота:	7 800 kg/m ³
	Модуль зсуву:	7,9e+10 N/m ²

Таблиця 3.7 Навантаження

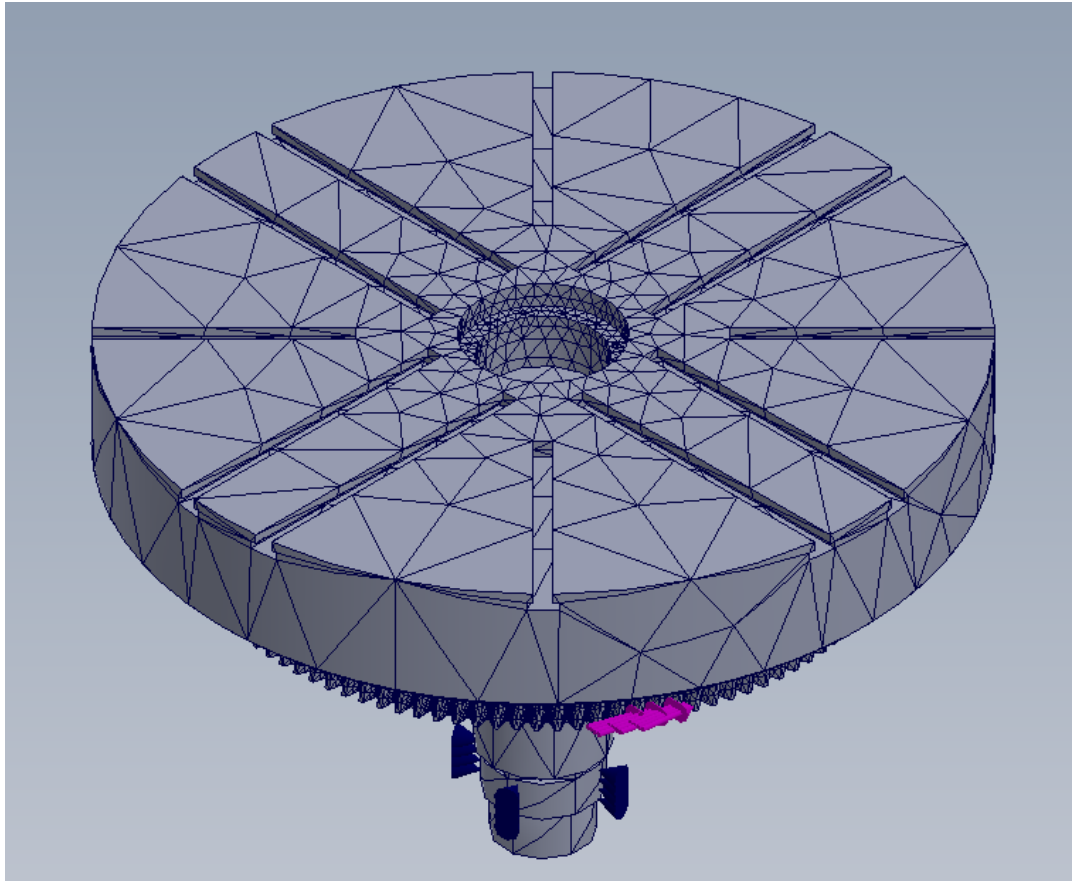
Назва навантаження	Зображення навантаження	Деталі навантаження	
Сила-1		Об'єкти:	1 грань
		Тип:	Застосувати нормальну силу
		Значення:	9595 N
		Об'єкти:	2 грані
		Тип:	Застосувати нормальну силу
		Значення:	4798 N

Таблиця 3.8 Визначення закріплення

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Закріплення		Деталі закріплення	
			
		Об'єкти:	1 грань
		Тип:	Підшипник

Сили закріплення				
Тип	X-Компонент	Y-Компонент	Z-Компонент	Результат
Осьова сила (N)	-0	-6 485,1	-0	-6 485,1
Сила зсуву (N)	-4 521,2	0	-34 403	34 699
Згинальний момент (Нм)	3,0358e-18	0	0	3,0358e-18



					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ		Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата			

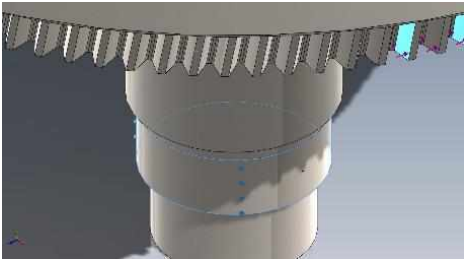
Закріплення		Деталі закріплення		
				
		Об'єкти:	1 грань	
		Тип:	Підшипник	
Сили закріплення				
Тип	Х-Компонент	Y-Компонент	Z-Компонент	Результат
Осьова сила (N)	0	-367,66	-1,2837e-12	367,66
Сила зсуву (N)	3 612,6	-2,3874e-12	-676,26	3 675,4
Згинальний момент (Нм)	-7,1151e-20	0	0	7,1151e-20

Рисунок 3.8 Структурна сітка шпиндельного вузла

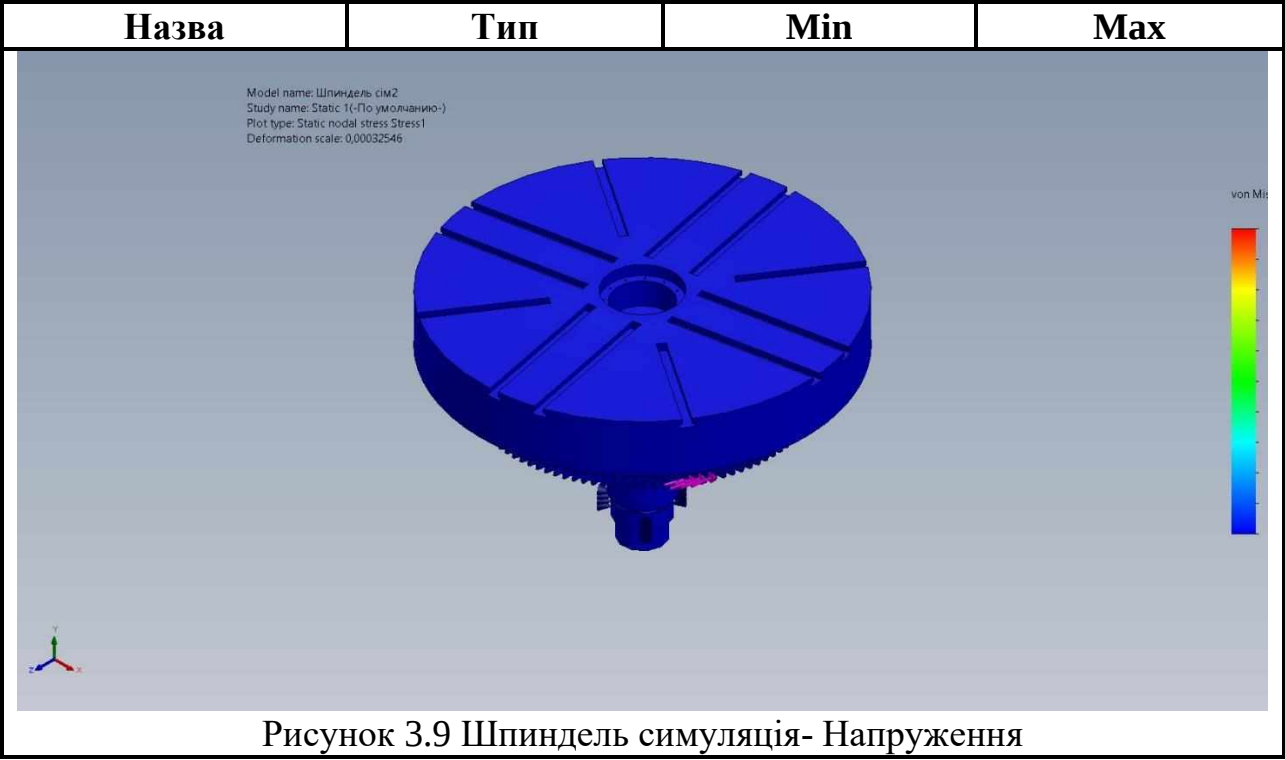
Таблиця 3.9 Інформація про сітку

Тип сітки	Твердотільна сітка
Використаний сітковбудівник	Сітка на основі змішаної кривизни
Загальна кількість вузлів	230946
Загальна кількість елементів	141868
% елементів зі співвідношенням сторін <3	83,8
% елементів зі співвідношенням сторін > 10	0,937
Якість сітки	Висока

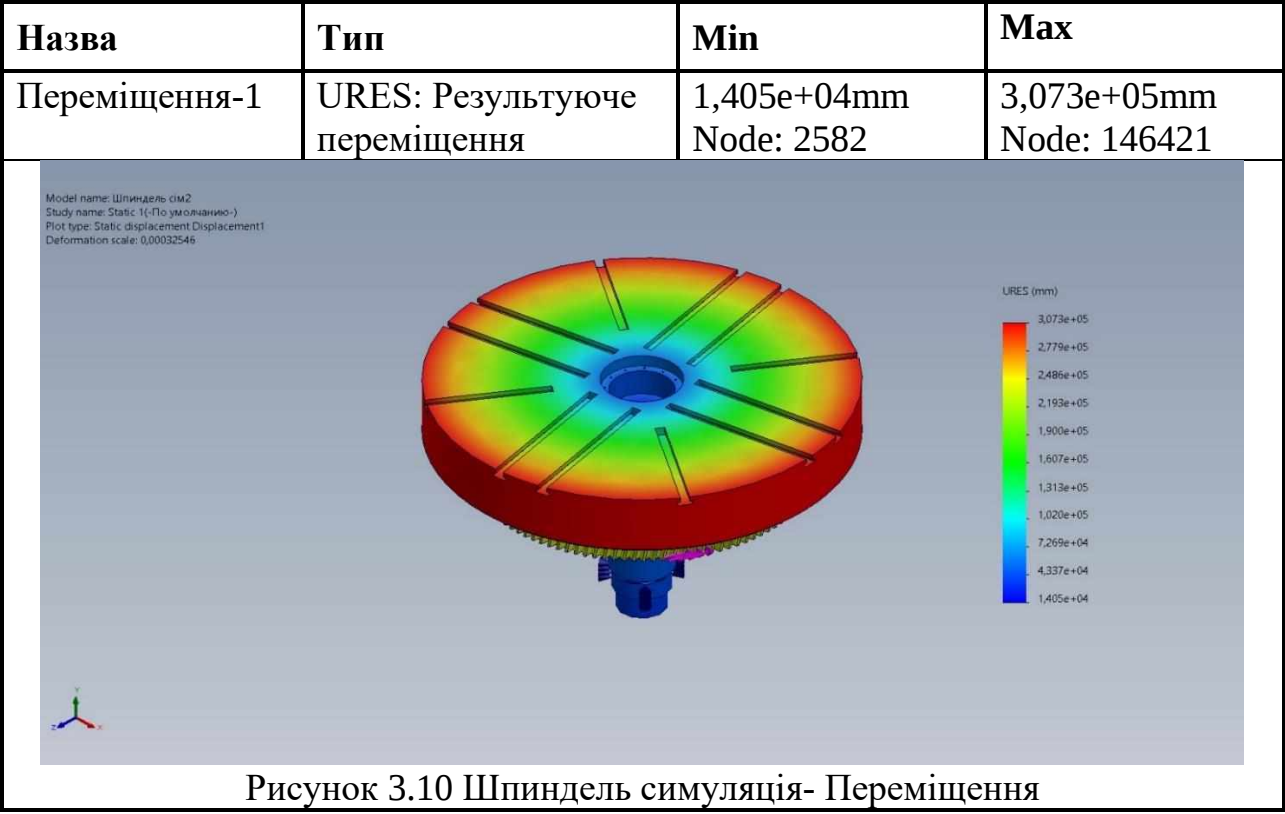
Таблиця 3.10 Результати досліджень

Назва	Тип	Min	Max
Напруження-1	VON: Напруга за Мізесом	1,211e+03N/m ² Node: 112091	1,105e+08N/m ² Node: 1983

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



Продовження таблиця 3.10



Назва	Тип	Min	Max
Деформація-1	ESTRN: Еквівалентна деформація	3,652e-09 Element: 87980	2,903e-03 Element: 132855

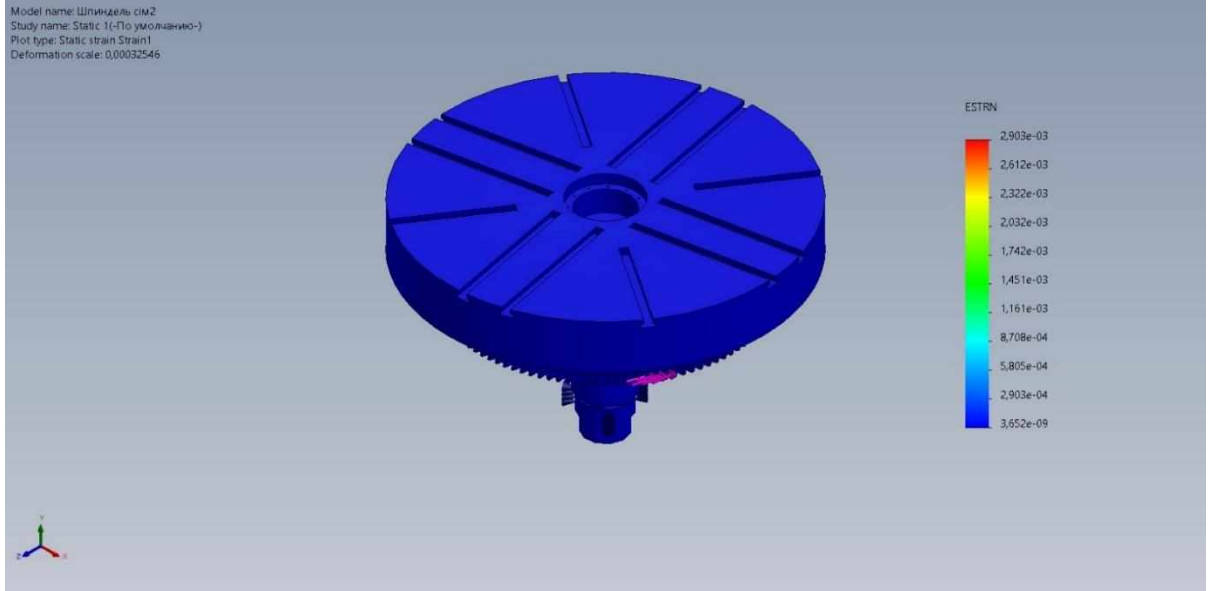
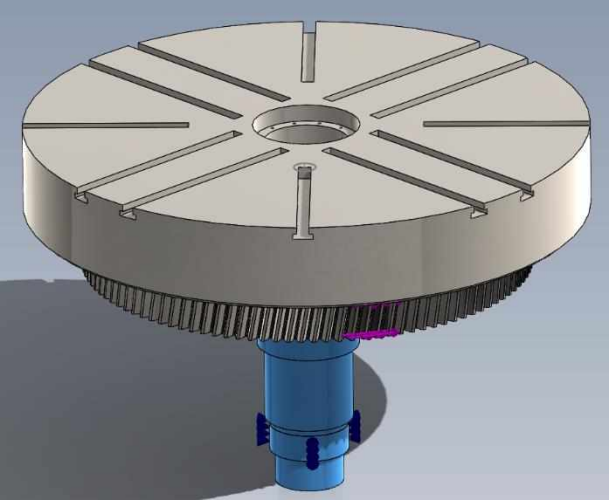


Рисунок 3.11 Вал 5 симуляція- Деформація

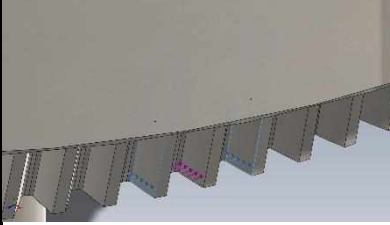
За результатами розрахунків всі параметри знаходяться в допустимих межах.

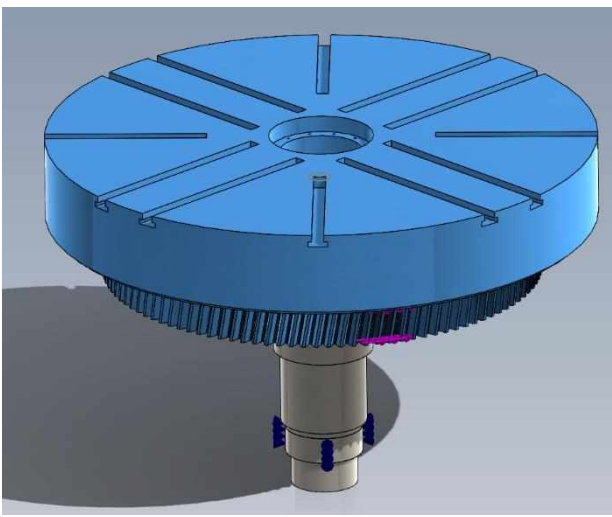
3.10.2. Розрахунок шпиндельного вузла

Таблиця 3.6 Властивості матеріалу

Модель	Властивості	
	Назва матеріалу:	1.0503 (C45)
	Критерій руйнування:	Макс. напруга за Мізесом
	Межа текучості:	5,8e+08 N/m²
	Міцність на розрив	7,5e+08 N/m²
	Модуль пружності:	2,1e+11 N/m²
	Коефіцієнт Пуассона:	0,28
	Густота:	7 800 kg/m³

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

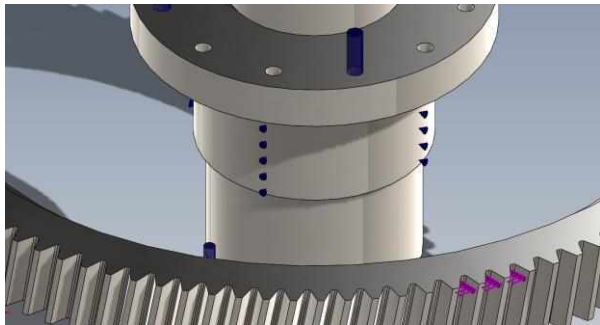
Назва навантаження	Зображення навантаження	Деталі навантаження	
Сила-1		Об'єкти:	1 грань
		Тип:	Застосувати нормальну силу
		Значення:	9595 N
		Об'єкти:	2 грані
		Тип:	Застосувати нормальну силу
		Значення:	4798 N

		Модуль зсуву:	7,9e+10 N/m²
	Назва матеріалу:	1.7149 (20MnCrS5)	
	Критерій руйнування:	Макс. напруга за Мізесом	
	Межа текучості:	7,5e+08 N/m²	
	Міцність на розрив	1,10083e+09 N/m²	
	Модуль пружності:	2,1e+11 N/m²	
	Коефіцієнт Пуассона:	0,28	
	Густота:	7 800 kg/m³	
	Модуль зсуву:	7,9e+10 N/m²	

Таблиця 3.7 Навантаженн

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 3.8 Визначення закріплення

Закріплення		Деталі закріплення		
				
	Об'єкти:		1 грань	
	Тип:		Підшипник	
Сили закріплення				
Тип	X-Компонент	Y-Компонент	Z-Компонент	Результат
Осьова сила (N)	-0	-6 485,1	-0	-6 485,1
Сила зсуву (N)	-4 521,2	0	-34 403	34 699
Згинальний момент (Нм)	3,0358e-18	0	0	3,0358e-18

Продовження таблиці 3.8

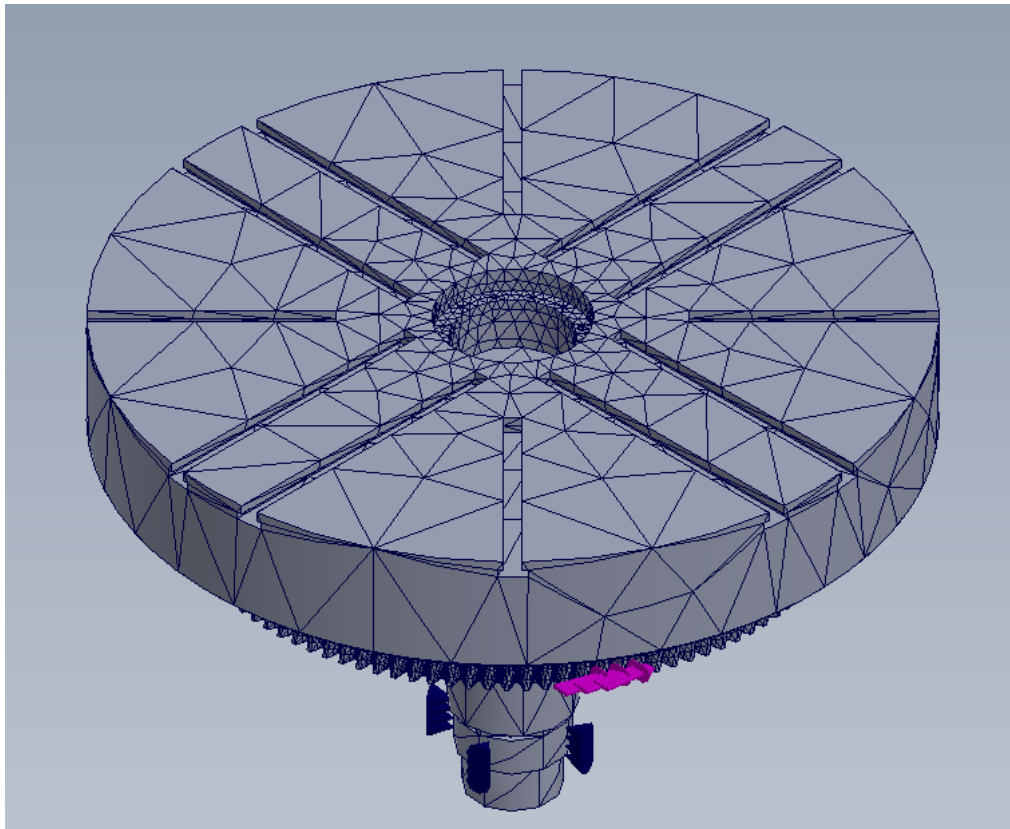
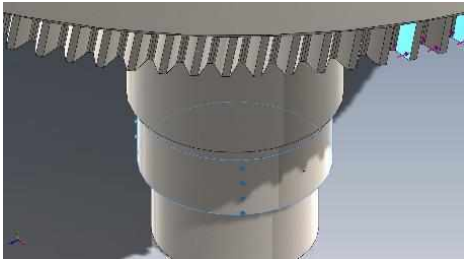


Рисунок 3.7 Структурна сітка шпиндельного вузла

Закріплення		Деталі закріплення		
				
		Об'єкти:	1 грань	
		Тип:	Підшипни к	
Сили закріплення				
Тип	X- Компонент	Y- Компонент	Z- Компонент	Результат
Осьова сила (N)	0	-367,66	-1,2837e-12	367,66
Сила зсуву (N)	3 612,6	-2,3874e-12	-676,26	3 675,4
Згинальний момент (Нм)	-7,1151e-20	0	0	7,1151e-20

Таблиця 3.9 Інформація про сітку

Тип сітки	Твердотільна сітка
Використаний сітковбудівник	Сітка на основі змішаної кривизни
Загальна кількість вузлів	230946
Загальна кількість елементів	141868
% елементів зі співвідношенням сторін <3	83,8
% елементів зі співвідношенням сторін > 10	0,937
Якість сітки	Висока

Таблиця 3.10 Результати досліджень

Назва	Тип	Min	Max
Напруження-1	VON: Напруга за Мізесом	1,211e+03N/m ² Node: 112091	1,105e+08N/m ² Node: 1983

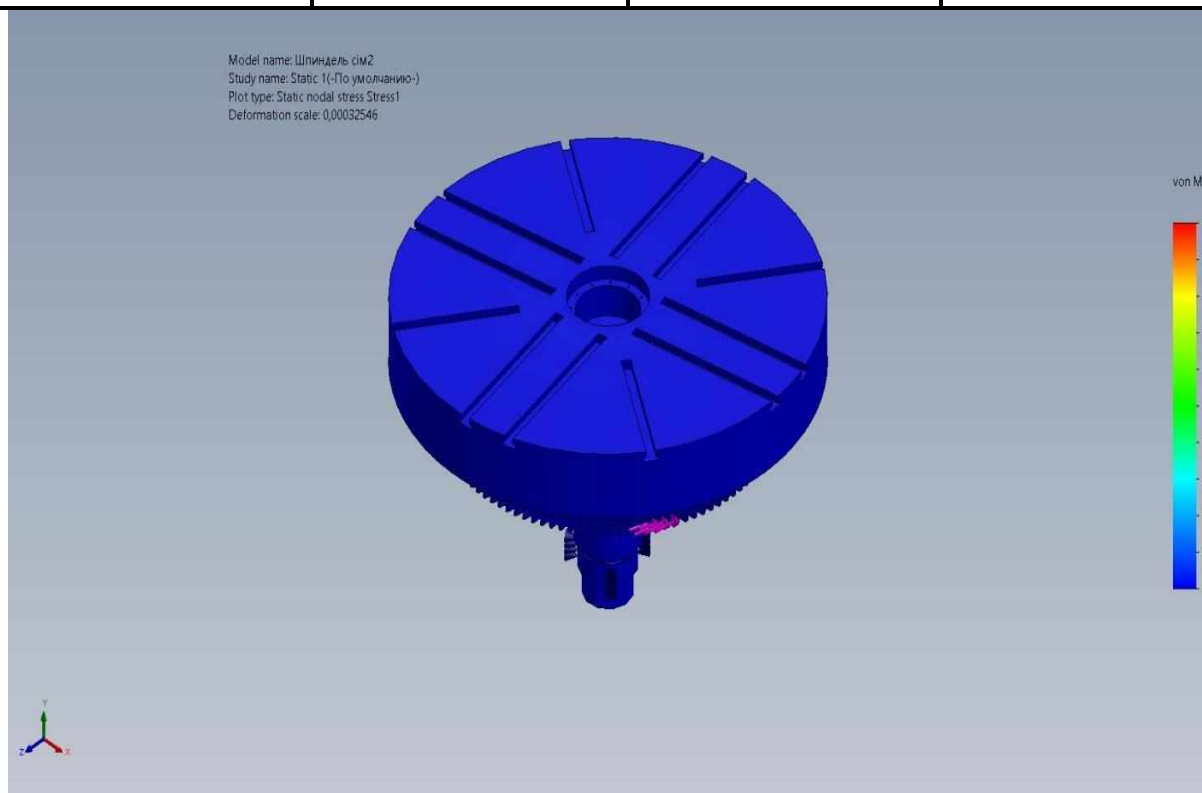


Рисунок 3.8 Шпиндель симуляція- Напруження

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Продовження таблиця 3.10

Назва	Тип	Min	Max
Переміщення-1	URES:Результуюче переміщення	1,405e+04mm Node: 2582	3,073e+05mm Node: 146421

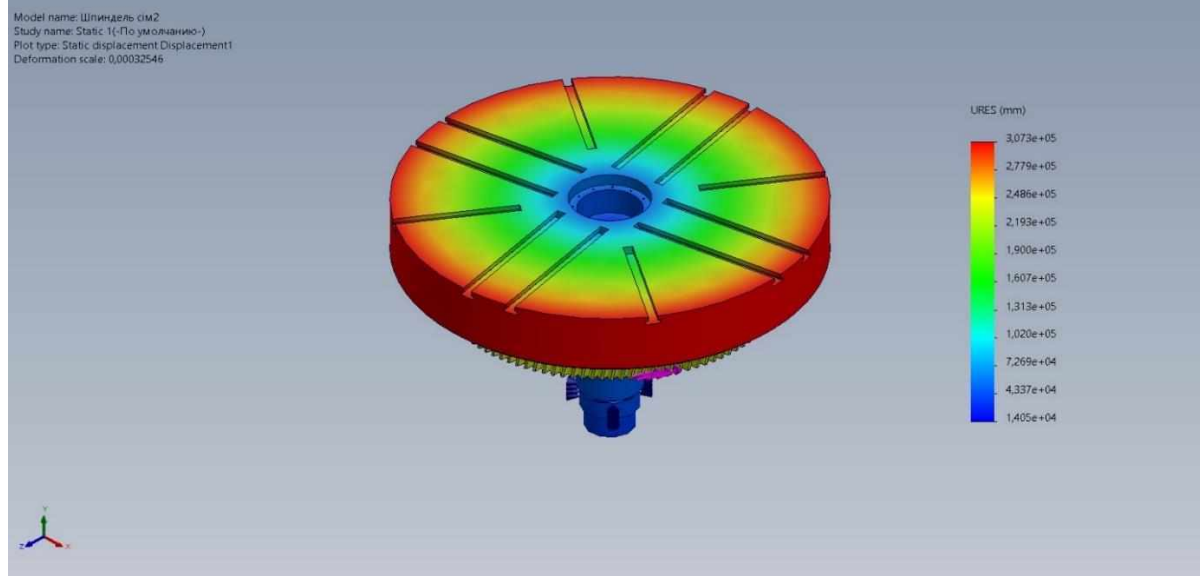


Рисунок 3.9 Шпindelь симуляція- Переміщення

Назва	Тип	Min	Max
Деформація-1	ESTRN: Еквівалентна деформація	3,652e-09 Element:87980	2,903e-03 Element:132855

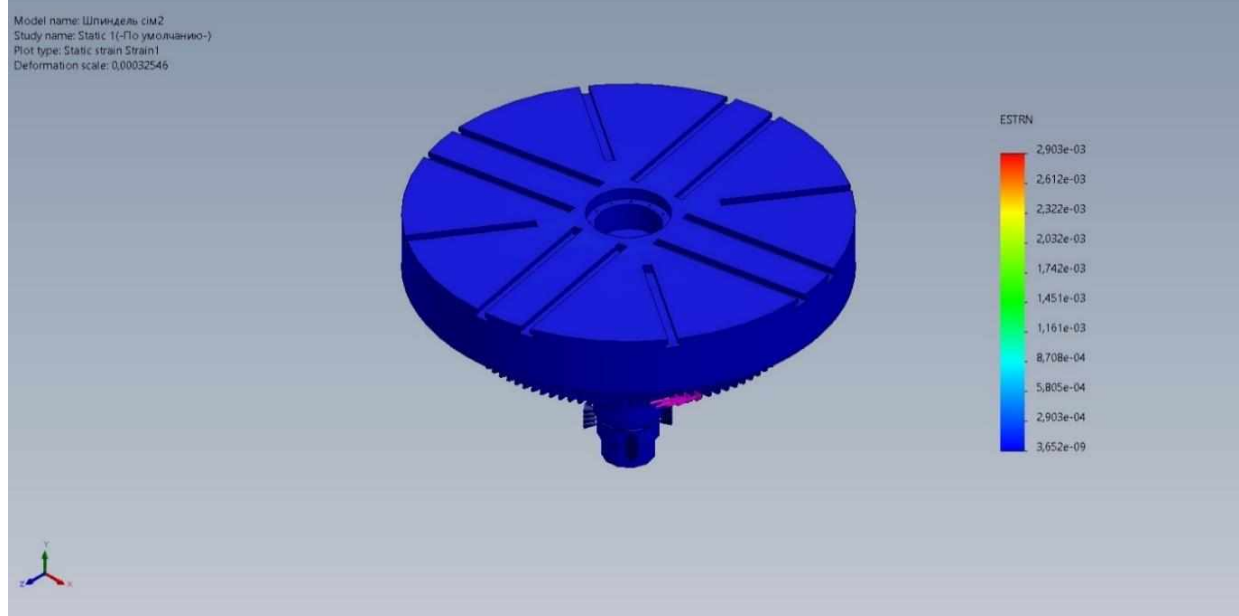


Рисунок 3.6 Вал 5 симуляція- Деформація

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

За результатами автоматизованих розрахунків всі параметри вала знаходяться в допустимих межах.

Висновок до Розділу 3:

1.У цьому розділі було проведено проектування та розрахунок приводу стола для токарно-карусельного верстату.

2.Виконано кінематичний розрахунок приводу та визначення потужності.

3.Проведено розрахунок зубчастих передач, валів та підшипників, що входять до складу приводу.

4.Виконано розрахунок для забезпечення належних умов роботи приводу.

5.Здійснено проектування приводу у середовищі SolidWorks.

6.Виконано симуляцію приводу за допомогою SolidWorks Simulation.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Розділ 4 БЖД і основи хорони праці

4.1 Проведення невідкладних аварійно-відновлювальних робіт на машинобудівному заводі

Санітарний благоустрій машинобудівних заводів і належне їх утримання являються важливими заходами в боротьбі з професійними небезпеками.

Аварія – це порушення нормальної роботи певного механізму, що призводить до значних ушкоджень, знищення матеріальних цінностей, враження і загибелі людей[62].

Катастрофа – це аварія значних масштабів з трагічними наслідками.

Небезпечними наслідками великих аварій є пожежі та вибухи. Вибухають під великим тиском котли, балони, трубопроводи на промислових підприємствах, вугільний пил і газ у шахтах. На об'єктах нафтової, хімічної та газової промисловості аварію спричинюють загазованість атмосфери, розливання нафтопродуктів, агресивних рідин та сильнодіючих отруйних речовин (СДОР). Найнебезпечніші аварії можуть виникнути на підприємствах, які виробляють, використовують або зберігають сильнодіючі отруйні, вибухо- і вогненебезпечні речовини і матеріали. Це підприємства хімічної, нафтопереробної, нафтохімічної та інших споріднених галузей промисловості; це також залізничні станції, на яких є колії відстою рухомого складу зі СДОР; це склади і бази із запасами отрутохімікатів.

Здебільшого аварії виникають через: порушення технології виробництва, правил експлуатації обладнання, машин і механізмів; недотримання заходів безпеки; відсутність належного нагляду за станом обладнання, а також через стихійні лиха[63].

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ							
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	БЖД та основи охорони праці				Літ		Аркуш	Аркушів
Розроб.	В'юк Д.В.											
Консульт	Мариненко С											
Реценз.									ТНТУ, ФМТ, МВ-41			
Н. контр.	Кобельник В											
Зав. каф.	Крупа В.В.											

Кожне машинобудівне виробництво є тим чи іншим чином небезпечне. На кожному підприємстві для запобігання і розслідування причин надзвичайних ситуацій, аварій і катастроф існує спеціальний підрозділ, який займається питаннями пов'язаними з попередженням і розслідуванням причини надзвичайної ситуації, а також профілактикою і контролем за дотриманням правил техніки безпеки і правил експлуатації обладнання. Інструктажі з охорони праці проводяться у відповідності до положення «Порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» (від 26-го січня 2005р.). На виробництві проводиться трьохступеневий контроль за станом охорони праці[64].

При аваріях обладнання, яке безпосередньо застосовується у технологічному процесі існує необхідність термінових аварійно-відновлювальних робіт. Якщо аварія, що сталася є великого масштабу і для ліквідації її наслідків існує необхідність у залученні значних людських, матеріальних, механічних і інших зусиль то для координації і керування пов'язаного з ліквідацією наслідків створюється спеціальна комісія, до складу якої входить: головний інженер по техніці безпеки підприємства, керівник підприємства, державний інспектор по охороні праці, також для оцінки вартості відновлюваних робіт і масштабів заподіяної шкоди виробництву, його рухомому і нерухомому складу залучається представник бухгалтерії і профспілки. Комісія зобов'язана оглянути місце аварії, провести бесіду з очевидцями, оцінити масштаби руйнування і визначити причини аварії, і подати на протязі трьох діб акт за формою Н – 5 в трьох примірниках, і акт формою Н – 1 у шести примірниках. Розслідування проводиться у відповідності положення «Про порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві» (від 25-го серпня 2004р.) [65].

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

На машинобудівному підприємстві використовується така узагальнена класифікація причин нещасних випадків і аварій: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, психо-фізіологічні.

Відповідальність за причини і наслідки аварії регламентовані у розділі 8 закону України про охорону праці[66].

У відповідності до цього закону особи, які винні у аварії притягуються до дисциплінарної, матеріальної, адміністративної і кримінальної відповідальності.

Проведення аварійно-відновлюваних робіт залежить від обсягу цих робіт та від масштабів аварії. При невеликій аварії (наприклад вихід з ладу силового електротрансформатора) потреби у створенні комісії не виникає, і поломка ліквідується на місці кваліфікованим ремонтним персоналом підприємства, зупинки у роботі підприємства також не виникає. При аварії середнього масштабу (вихід з ладу центральної електропідстанції, поломка центрального конвеєра тощо) зупинка виробництва відбувається лише на дільниці чи в цеху де відбулася аварія. При катастрофі великого масштабу (витік сильнодіючих отруйних речовин, пожежа,) персонал заводу евакуюється, а на підприємстві оголошується надзвичайна ситуація.

Ліквідація невеликих і середніх аварій виконується персоналом самого підприємства, тоді як ліквідація аварії великого масштабу вимагає залучення спеціальних служб (рятувальників, бійців МНС, військ цивільної оборони).

4.2 Структура цивільної оборони об'єкту господарської діяльності машинобудівного профілю та виконання завдань по ліквідації аварійних ситуацій

На великих підприємствах, такого профілю як машинобудування, як правило, намічається штатний замісник начальника ЦО, який в мирний час є основним організатором всіх її підготовчих заходах[67].

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Крім штатного замісника, наказом начальника ЦО назначаються замісники по розподіленню і евакуації робочих і працівників, інженерно-технічної частини і матеріально-технічного постачання. На відміну від штатного замісника, вони не звільняються від виконання своїх основних обов'язків.

Замісник начальника ЦО об'єкту по розподіленню і евакуації назначається зазвичай замісник керівника по загальним питанням. Він, як правило, є представником евакуаційної комісії, він розробляє план розподілення працівників, робочих і їх сімей, організовує підготовку місць в заміській зоні, перевезення туди людей, а також доставку робочих змін до місця роботи, керує службою охорони загального порядку.

Замісником начальника ЦО по інженерно-технічній частині призначається головний інженер підприємства. Він безпосередньо керує службами аварійно-технічною, протипожежною, сховищ і укриттів.

Замісником начальника ЦО по матеріально-технічному постачанні – замісник (помічник) директора по цим питанням. Він керує службою матеріально-технічного постачання.

На всіх об'єктах, як правило, складаються штаби ЦО, які комплектуються з посадових осіб. Чисельність штатних працівників штабу визначається відомством, які знаходиться на об'єкті.

В склад штабу ЦО великого підприємства входять: начальник штабу і його замісники (помічники) по оперативно-розвідницьким частинам, бойовій підготовці, житловому сектору. У нього можуть входити різні спеціалісти, і представники загальних організацій.

Посада начальника штабу ЦО об'єкту зазвичай передбачена в штатному графіку підприємства. Першим замісником є замісник начальника ЦО, начальник штабу має право від його імені віддавати накази і розпорядження. Він організовує стабільне управління і надійно діючу систему оповіщення, розвідку, текучі і перспективні планування, бойову підготовку особистого складу формування, здійснює контроль за виконанням всіх міроприємств ЦО.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Для вирішення задач ЦО, на об'єктах, які розміщені на підприємстві, утворюються наступні служби: оповіщення і зв'язок, охорону загального порядку, протипожежна, медична, аварійно-технічна, сховища і укриття, енергетики і світломаскування, протирадіаційні і протихімічні захисти, матеріально-технічне постачання, транспорт і інше[68].

Служба оповіщення і зв'язку утворюється на базі вузла на чолі з його начальником. Її задача полягає в наступному: оповіщення про виникнення надзвичайної ситуації - передача сигналу ЦО і повідомлень, підтримання зв'язку в постійній готовності, усунення аварій в сітках і спорудах зв'язку і ін.

Служба охорони загального порядку - на базі підрозділів відомчої охорони на чолі з її начальником. Її задача - забезпечення надійної охорони об'єкту, підтримка загального порядку, підтримання порядку при виникненні надзвичайних ситуацій і підчас проведення рятівних і інших невідкладних робіт, нагляд за режимом світломаскування.

Служба сховищ і укриттів організовується на базі відділів капітального і житлово-комунального будівництва. Ця служба займається розробкою плану розміщення працівників і службовців в захисних будівлях, організацією будівництва, забезпеченням їх експлуатації, діє в рятувальних роботах.

Служба протирадіаційного і протихімічного захисту (ПР і ПЗЗ) утворюється у відділах хімічних і центральних заводських лабораторій. Вона здійснює заходи по захисту працівників і службовців, джерелам водопостачання, харчових блоків, організовує запаси від радіоактивних і отруйних речовин, організовує і готує протирадіаційні і протихімічні формування, здійснює контроль за станом індивідуальних і колективних засобів захисту і спеціальної техніки, організовує роботу радіаційного і хімічного нагляду (РХН) і здійснює дозиметричний контроль за опроміненням і зараженням особового складу, проводить заходи по ліквідації радіоактивного і хімічного захисту.

Протипожежна служба організовується на базі підрозділів відомчої пожежної охорони. Вона розробляє протипожежні заходи і здійснює контроль

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

за їх проведення, локалізує і гасить пожежі, надає допомогу службі ПР і ПХЗ в дезактивації і дегазації ділянок зараження.

Аварійно-технічна служба організовується на базі виробничого і технічного відділів. Вона розробляє і проводить попереджуючі заходи, підвищення стійкості основних споруд, спеціальних інженерних мереж і комунікацій, невідкладні роботи по локалізації і ліквідації аварій на них, розробку завалів і рятування людей[69][70].

Медична служба організовується на базі медичних пунктів, поліклінік і медчастин. Вона забезпечує постійну готовність медичних формувань, складає і проводить санітарно-гігієнічні і профілактичні заходи, надає медичну допомогу потерпілим і евакуацію їх в лікувальні заклади, забезпечують медобслуговування сімей працівників в місцях їх розміщення.

Транспортна служба утворюється на базі транспортних відділів і гаражів об'єктів. Вона розробляє і здійснює заходи по забезпеченню перевезення, які пов'язані з евакуацією працівників, службовців і доставкою їх до місця роботи; організовує транспорт і засоби до джерела ураження для перевезення працівників, службовців, евакуації уражених, а також для інших цілей ЦО.

Служба матеріально-технічного забезпечення організовується на базі відділу матеріально-технічного забезпечення об'єкту. Задача служби – розробка плану матеріально-технічного забезпечення, сучасне забезпечення формувань всіма видами оснащення, організація ремонту техніки і різного майна, підвезення його до ділянок роботи, зберігання і обліку.

Служба енергозабезпечення і світломаскування - на базі відділу головного енергетика. Начальник служби – головний енергетик об'єкту. Служба розробляє заходи, які забезпечують безперервну подачу газу, палива і електроенергії на об'єкт, проводить оснащення уразливих ділянок енергетичних мереж різного роду системами і засобами захисту і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт на них, планування міроприємств по світломаскуванні і першочерговим відновлювальним роботам.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Аварія представляє собою вихід з ладу машини, агрегату чи ряду іншої техніки, які супроводжуються порушенням виробничого процесу і зв'язаного з небезпекою для людського життя.

Під великою виробничою аварією слід розуміти значні пошкодження, які супроводжуються порушенням виробничого процесу чи ряду інших цехів на великому об'єкті.

Результатами великих виробничих аварій можуть бути пожежі, вибухи, руйнування і обвали будівель, загазованість і зараженість ядовитими речовинами і іншими небезпечними явищами, внаслідок яких можливі різні ураження людей. Виробничі аварії виникають досить часто, що пояснюється розвитком промисловості, великим науково-технічним процесом і швидкістю у зв'язку з цією зміною технології виробництва.

Виробничі аварії можуть бути досить різними. Їх характер визначається причинами виникнення, масштабами і собівартістю виробництва. Причинами виникнення аварій є:

- недоліки проектування підприємств, недотримання техніки безпеки, а також відсутність постійного контролю за станом виробництва і особливо при використанні легкозаймистих і вибухонебезпечних речовин;
- виникнення аварій на сусідніх підприємствах чи на енергетичних і газових мережах;
- стихійні лиха, які викликають аварії;
- виникнення аварій внаслідок невідомих науці явищ, які проявляються на підприємствах, які використовують різні хімічні речовини.

Аварії мають різні наслідки, які залежать від характеру виробництва. Найбільш типовими проявами аварій можуть бути:

- вибухи, які призводять до руйнувань промислових будівель; інтенсивні пожежі;
- отруєння людей ядовитими рідинами і газами;
- подразнення людей електричним струмом;

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

- затоплення підприємств разом з людьми, які знаходяться там;
- зараження місцевості сильнодіючими ядовитими і радіоактивними речовинами.

Ліквідація надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру – проведення комплексу заходів, які включають аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи, що здійснюються у разі виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру і спрямовані на припинення дії небезпечних факторів, рятування життя та збереження здоров'я людей, а також на локалізацію зон надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

Ліквідація аварійних ситуацій в промисловості суттєво відрізняються від особливостей аварій.

Аварія – небезпечна подія техногенного характеру, що спричинила загибель людей або створює на об'єкті чи окремій території загрозу життю та здоров'ю людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю.

Роботу потрібно починати зразу, щоб не дати можливості аварії розростися до катастрофічних розмірів. Чим скоріше почнуться рятувальні роботи, тим більше людей вдасться врятувати.

Дуже важливо забезпечувати загальний порядок, що дає можливість вільному прибуттю формувань ЦО до місця аварії. Формування охорони загального порядку повинна приступити до виконання своїх обов'язків в першу чергу.

Залучаються аварійно-рятувальні служби до ліквідації надзвичайних ситуацій за межами території України.

Дуже важливі дії аварійно-технічних формувань, які зразу відключають ще не пошкоджені енергетичні і комуні кально-технічні мережі і локалізують аварії.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Рятувальні формування ЦО повинні як можна швидше приступити до роботи по рятуванню людей, діючи разом з формуваннями ЦО медичної служби.

В залежності від наслідків виробничої аварії рятувальні роботи можуть включати локалізацію і гасіння пожеж, рятування потерпілих з палаючих і зруйнованих будівель, ліквідацію аварій на мережах комунікаційно-енергетичного господарства, надання медичної допомоги потерпілим. Вивід (вивіз) населення з небезпечних зон в безпечні райони також проводять санітарну обробку людей, дезактивацію і дегазацію техніки, засобів захисту і одягу, води і т.п.

Для ліквідації виробничих аварій і рятувань на об'єктах в першу чергу залучаються формування ЦО, а при необхідності - працівники і службовці підприємства.

При нестачі сил свого об'єкту для рятувальних робіт, розпорядженням старшого начальника, можуть залучатися територіальні формування ЦО і інші сили.

Способи проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт при ліквідації великих промислових аварій мало чим відрізняються від ведення робіт в джерелах ядерного ураження.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розроблено технологічний процес виготовлення деталі "Маточина заднього колеса" та сконструйовано елементи приводу стола токарно-карусельного верстата моделі 1510.

В аналітичному розділі проведено детальний аналіз токарно-карусельного станку моделі 1510, його кінематичної схеми та конструктивних особливостей столів, підкреслюючи важливість гідростатичних підшипників для точності та жорсткості. Досліджено сучасні патенти та досягнення у технологіях виготовлення деталей, а також визначено технічні параметри проектного приводу та граничні режими різання.

У технологічному розділі на основі розробки технологічного процесу виготовлення деталі "Маточина заднього колеса", аналізу існуючого ТП та обґрунтування вибору типу виробництва. Деталь була відпрацьована на технологічність, обрано оптимальний спосіб отримання заготівлі та методи обробки поверхонь. Детально розроблено ТП, визначено допуски, припуски та операційні розміри, а також розраховано режими різання з вибором відповідного обладнання та оснащення.

У конструкторському розділі виконано конструкторські розрахунки приводу та шпиндельного вузла. Проведено попередні та проектні розрахунки зубчастих передач та валів, обґрунтовано вибір матеріалів. Виконано розрахунки шпиндельного вузла на жорсткість та проведено 3D-моделювання та симуляцію в SolidWorks, підтвердивши відповідність усіх параметрів допустимим межам.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ						
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Загальні висновки			Літ	Аркуш	Аркушів	
Розроб.	В'юк Д.В.										
Перевір.	Крупа В.В.										
Реценз.								ТНТУ, ФМТ, МВ-41			
Н. контр.	Кобельник В.В.										
Зав. каф.	Крупа В.В.										

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабій А. В., Довбуш Т. А., Бабій М. В., Ткаченко О. І., Сташків М. Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль : ТНТУ 2023. 246 с.
2. Склярів Р. А., Шанайда В. В., Савчук М. А. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій / Р. Склярів, В. Шанайда, М. Савчук // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 1. — С.117-125.
3. Склярів Р., Крисько О. Особливості конструкцій багатоцільових верстатів для обробки корпусних деталей. Матеріали Всеукраїнської студентської науково - технічної конференції / В 2 т. – Тернопіль: Тернопільський державний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 22-23 квітня 2010 р.), 2010.- Т. 1. - 472 с., - С. 238.
4. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підручник. – Афіша. – С. 560. – ISBN 966-8013-58-1.
5. Міняйло А. В. [та ін.]. Деталі машин [Текст] : підручник : затверджено МОН України. - К. : Агроосвіта, 2013. - 448 с.
6. Шанайда В. В. Створення схем формоутворення внутрішніх різей на основі принципів структурно-векторного синтезу. Прогресивні матеріали та технології в машинобудуванні, будівництві та транспорт : Зб. тез доп. наук. конф. ТНТУ МТФ, м. Тернопіль, 16 трав. 2011 р. Тернопіль, 2011. С. 109–110.
7. Бобир М.І., Дмитрієв Д.О., Яхно О.М. Підшипникові вузли та їх ущільнення: навч. посібник. Київ: НТУУ «КПІ», 2013. 236 с.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ										
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата											
Розроб.		В'юк Д.В.			Перелік посилань					Літ		Аркуш		Аркушів	
Перевір.		Крупа В.В.													
Реценз.															
Н. контр.		Кобельник В.Р.													
Зав. каф.		Крупа В.В.													
					ТНТУ, ФМТ, МВ-41										

8. Склярів Р. А., Гагалюк А. В. Використання методу нейронних мереж для прогнозування металорізальних верстатів. Матеріали ХХІ наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 16-17 травня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — 212 с. (Машинознавство та машинобудування). - С. 34

9. Шанайда В. В., Склярів Р. А. Особливості формоутворення геометричного профілю внутрішніх замкових різей бурових колон. Збірник тез ХVІ наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя : Наук. конф. Терноп. нац. техн. ун-ту імені Ів. Пулюя, м. Тернопіль, 5 груд. 2012 р. Тернопіль, 2012. С. 79.

10. Кобельник В.Р. Методика дослідження кінематичної точності механізму подач вертикально-свердлильних верстатів на прикладі верстата моделі 2Н118 / В.Р. Кобельник, П.Д. Кривий // Процеси механічної обробки в машинобудуванні : зб. наук. праць. — Житомир : ЖДТУ, 2010. — Вип. 8. — С. 99–108.

11. Nahalyuk A., Krupa V. Modeling of a lathe bed using the method of topological optimization. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2023. Vol. 111, no. 3. P. 67–75. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2023.03.067

12. Гевко Б. М. та ін. Технологія обробки на верстатах з ЧПК : навч. посіб. м. Тернопіль : Крок, 2014. 131 с.

13. Буряк Ю.І., Драган Б.І., Дубиняк С.С. Напрявні та опори кочення в машинобудуванні. Львів: Світ, 1995. 212 с.

14. Орищук Р. М., Чернявський І. В., Шанайда В. В. Дослідження точності позиціонування деталей різної геометричної форми у верстатних механізмах кріплення і силової фіксації. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї—наука—виробництво : матеріали ХІХ Міжнар. науково-практ. конф., м. Суми, 25–26 листоп. 2020 р. Суми, 2020. С. 63–66.

15. ДСТУ 2651:2005. Сталь вуглецева і чавун нелегований. Методи визначення та аналізу.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

16. Кривий П. Д. та ін. Підвищення продуктивності процесу і якості плоскої поверхні сформованої комбінаційним торцевим фрезеруванням. Вісник Донбаської державної машинобудівної академії : збірник наукових праць. 2020. № 3 (47). С. 199--206.

17. Шанайда В.В. Формоутворення поверхонь деталей машин. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ, 2011. 144 с.

18. Senyk A., Kobelnyk V., Gagaliuk A., Plavutska I., Matviyishyn A., Larochnik A., Dubyniak T. New technology for the manufacturing and use of rolling kingpin bushings in the undercarriage of certain vehicles. Procedia Structural Integrity. 2024. Vol. 59, P. 508-515.

19. Кривий П.Д., Крупа В.В. Конструкторсько-технологічні параметри багаторізцевих розточних головок з радіусними вершинами різців. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк, 2011. Вип. 33 С. 92-99.

20. Патент України на корисну модель № 87345. Пристрій для обробки отворів. / Кривий П.Д., Крупа В.В., Кобельник В.Р. та ін.; заявник та патентовласник Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – № u201309852; заявл. 09.08.2013; опубл. 27.01.2014, Бюл. № 2.

21. Крупа В. В. Теорія технічних систем: особливості побудови, створення та розвитку : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Осадця, 2023. 308 с.

22. Kryvyi P. D. et al. Technological Heredity and Accuracy of the Cross-Section Shapes of the Hydro-Cylinder Cylindrical Surfaces. ASME 2014 International Manufacturing Science and Engineering Conference, Detroit, Michigan, USA, 9–13 June 2014. URL: <https://doi.org/10.1115/msec2014-3946>

23. Volodymyr Shanaida, Ruslan Skliarov, Valeriy Lazaryuk. Mathematical models for the analysis of the parameters of channels in the planning of mechanical processing and welding operations. Proceedings ITTAP'2023: 3rd International Workshop on Information Technologies, Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, 22–24 November 2023. P. 165–182.

24. Паливода Ю. Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

25. Кривий П., Крупа В., Продан В. Конструкторсько-технологічні передумови підвищення якості оброблення глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ТДТУ. 2010. Т. 15, № 1. С. 147–156. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/486>.

26. Скляр Р. А. та ін. Статистичне моделювання технічних характеристик металорізальних верстатів. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки», Випуск 71, Луцьк, 2021, № 71. – С. 322-329.

27. Редько Р. Г. та ін. Дослідження пружно-силових характеристик затискних цанг, виготовлених за діючими та новими технологіями. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». 2014. № 44. С. 249–253.

28. Кривий П. Д., Крупа В. В. Інструментальне забезпечення процесу комбінованого розточування глибоких отворів тонкостінних циліндрів. Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки. 2012. № 2. С. 23–34.

29. Кривий П. Д., Крупа В. В. Геометричні та математичні моделі формування шорсткості циліндричних поверхонь при точінні та розточуванні. Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки". 2011. Т. 1, № 2(53). С. 44–55. URL: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/70846>

30. Крупа В., Кобельник В., Гагалюк А. Обґрунтування параметрів спеціального трикулачкового патрона для затиску тонкостінних циліндричних заготовок. Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University. 2023. № 4. С. 128–137. URL: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2023.4.16>

31. Крупа В. В. Визначення конструкторсько-технологічних параметрів багаторізцевих розточних головок з поділом припуску та подачі. Вісник ТДТУ. 2011. Т. 16, № 1. С. 105–117. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/959>.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

32. Improved Method for Determining the Feed Influence on the Tangential Cutting Force During Re-drilling, Countersinking and Boring Based on the Small Sample Theory / V. Krupa et al. Periodica Polytechnica Mechanical Engineering. 2024. URL: <https://doi.org/10.3311/ppme.29952>

33. Мельничук П. П., Боровик А. І., Лінчевський П. А. Технологія машинобудування : підручник. – Житомир : ЖДТУ, 2005. – 876 с.

34. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Навчальний посібник. Львів, 2001. 260 с.

35. Кривий П. Д., Сенік А. А. Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищеної якості згортних втулок : монографія. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 232 с.

36. ДСТУ ISO 14205:2005. Геометричні характеристики продукції (GPS). Технологічність.

37. Васильків В. В., Данильченко Л. М., Радик Д. Л. Технології виробництва заготовок литтям: навчальний посібник. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023. 492 с.

38. Кирилович В.А. Розрахунок припусків на механічну обробку: Методичний посібник. Луцьк: ЛНТУ, 2011. 40 с.

39. ДСТУ 21495:2015. Базування і бази в машинобудуванні. Терміни та визначення.

40. V. Krupa, N. Tymoshenko, V. Kobelnyk, I. Petrechko, Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 114/1 (2022) 22-31.

41. Кобельник В.Р. Підвищення ефективності процесу свердління наскрізних отворів регулюванням подачі: дис. канд. техн. наук: 05.03.01. Тернопіль, 2013. 21 с.

42. Редько Р. Г. та ін. Аналіз зношення губок затискних цанг

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

багатошпиндельних токарних автоматів. Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки». Випуск 71, Луцьк, 2021, – С. 294-297.

43. Скиба О. П. та ін. Дослідження жорсткості системи затискний гвинтовий пристрій – деталь. Перспективні технології та прилади. 2014. № 5. С. 154–158.

44. Грабченко А.І., Федорович В.О., Доброскок В.Л. Розмірний аналіз технологічних процесів. Харків: ХДПУ, 2001. 242 с.

45. Probability-statistical estimation method of feed influence on the tangential cutting force under turning / V. Krupa et al. Journal of achievements in materials and manufacturing engineering. 2022. Vol. 114, no. 1. P. 22–31. URL: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.1480>

46. ДСТУ 3.1502-95 Єдина система технологічної документації. Правила оформлення документів на технологічні процеси контролю.

47. ДСТУ 8.051-81. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Похибки, що допускаються при вимірюванні лінійних розмірів до 500 мм.

48. ДСТУ 7806:2015. Прокат товстолистовий з конструкційної легованої високоякісної сталі. Технічні умови. (ГОСТ 4543-71, IDT).

49. Довбуш Т.А. та ін. Опір матеріалів: навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.

50. Шанайда В. В. Пакет MathCAD в інженерних розрахунках. Тернопіль : Вид-во ТДТУ, 2001. 163 с.

51. Міняйло А. В. та ін. Деталі машин. Розрахунок та конструювання: навч. посібник. Київ: НУБіП України, 2014. 303 с.

52. ДСТУ 1139-80. З'єднання шліцьові прямобічні. Розміри, допуски та методи контролю.

53. ДСТУ 7634-75. Підшипники кочення. Підшипники роликові радіальні з короткими циліндричними роликами.

54. Кривий П.Д., Кобельник В.Р., Продан В.І., Яковлев В.Г. Методи

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

вимірювання головного заднього кута спірального свердла // Науковий вісник ХДМА : Науковий журнал. – Херсон : ХДМА, 2012. – № 2 (7). – С. 145–155.

55. Дослідження розсіювання величин подач токарних верстатів в імовірнісному аспекті / В. В. Крупа та ін. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2023. № 4(83). С. 16–28. URL: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2022.4.2>

56. Ворощук В. Я., Вітенько Т. М. «Інжиніринг та 3D моделювання в середовищі SolidWorks». Навчальний посібник. 2023. – 164 с.

57. Савіцький Д., Замостний В., Шанайда В. Особливості створення 3D моделей деталей в об'єктах галузевого машинобудування. Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання : Матеріали V Міжнар . студент . науково - техн . конф ., м . Тернопіль , 28 квіт . 2022 р . Тернопіль , 2022. С . 79 – 81.

58. Чернявський І. В., Орищук Р. М., Шанайда В. В. Дослідження напружено-деформованого стану елементів конструкції пружно-компенсаційної муфти методами 3d моделювання. Актуальні задачі сучасних технологій : Зб. тез доп. міжнар. наук.-техн. конф. Молодих уч. та студентів, м. Тернопіль, 25–26 листоп. 2020 р. Тернопіль, 2020. С. 63–66.

59. Герасимчук Г. А., Склярів Р. А., Шанайда В. В. Розробка математичної моделі та дослідження складних профільних з'єднань у спеціалізованих пакетах комп'ютерного моделювання. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки» . 2013. № 42. С. 75–80

60. Stashkiv M., et al. Analysis of the stress-strain state of the vehicle frame by finite element method // Scientific Journal of TNTU. — Tern.: TNTU, 2022. — Vol 108. — No 4. — P. 89–102.

61. Features of creating a solid models and assembly operations at cad-systems / T. V. Vitenko et al. International conference on education and new learning technologies , Barcelona, Spain, 3–5 July 2017. 2017. URL: <https://doi.org/10.21125/edulearn.2017.0336>

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

62. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях: Методичний посібник. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.

63. Деменков М. П., Іванов О. В. Безпека життєдіяльності. Охорона праці: Навч. посіб. К.: Університет «Україна», 2011. 367 с.

64. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05). Затверджено наказом Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 № 15.

65. Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 17 квітня 2019 р. № 337.

66. Закон України «Про охорону праці» від 14 жовтня 1992 року № 2694-ХІІ.

67. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 року № 5403-VI.

68. Катренко А.В., Климаш М.М., Кондратюк В.А. Цивільний захист: Навчальний посібник. Львів: «Магнолія 2006», 2012. 352 с.

69. ДСТУ EN ISO 12100:2016. Безпечність машин. Загальні принципи проектування. Оцінювання та зменшення ризиків.

70. Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями (НПАОП 0.00-1.71-13). Затверджено наказом Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 № 966.

71. Substantiation of parameters for three-cutter boring head with allowance and feed distribution and asymmetric cutter position / P. Kryvyi et al. Scientific journal of the Ternopil national technical university. 2019. Vol. 96, no. 4. P. 57–69. URL: https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2019.04.057

72. Крупа В. В. Металорізальні інструменти з асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких отворів циліндрів : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01. Тернопіль, 2015. 168 с. URL: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/5656>

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

73. Розточувальні інструменти з попарно-асиметричним розміщенням лез для оброблення глибоких циліндричних отворів / П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник, В. В. Крупа, В. Г. Яковлев. Технічні науки та технології. 2016. № 2 (4). С. 28-35.

74. Використання методу ітерацій для дослідження точності подач металорізальних верстатів / Кобельник В. Р, Крупа В. В., Тимошенко Н. М. Машинобудування очима молодих: прогресивні ідеї – наука – виробництво: тези допов. – Краматорськ: ДДМА, 2018. С. 78-80.

75. Вплив випадковості подачі на висоту мікронерівностей поверхні при її точінні або розточуванні / П. Кривий, Н. Тимошенко, М. Шарик, В. Крупа Львів : Машинознавство. 2013. №9-10 (195-196). С. 76-83.

					КРБ 21-027.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		