

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

«Сумський державний університет»

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра технології машинобудування верстатів та інструментів

(повна назва кафедри, (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проєкту)

другий (магістерський)

(освітній рівень)

на тему «Підвищення продуктивності токарно-револьверного верстата моделі
1П365 за рахунок застосування верстатних пристроїв»

Виконав: студент II курсу, групи ВІ.м-11
спеціальності:

133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми:

«Металорізальні верстати та системи»

(назва освітньої програми)

Максим ДМИТРЕНКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник

Сергій НЕКРАСОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент

В'ячеслав ТАРЕЛЬНИК

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ

«Сумський державний університет»

Інститут, факультет	<i>технічних систем та енергоефективних технологій</i>
Кафедра	<i>технології машинобудування, верстатів та інструментів</i>
Освітньо-науковий рівень	<i>другий (магістерський)</i>
Спеціальність	<i>133 «Галузеве машинобудування»</i>
Освітня програма	<i>(шифр і назва) «Металорізальні верстати та системи» (шифр і назва)</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ *Віталій ІВАНОВ*

«__» _____ 2022 року

ЗАВДАННЯ

ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Дмитренко Максим Вячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *Підвищення продуктивності токарно-револьверного верстата
1П365 за рахунок застосування верстатних пристроїв*

керівник проекту *Некрасов Сергій Сергійович, канд. техн. наук, доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 10 листопада 2022 року № 1049-VI

2. Строк подання студентом проекту (роботи) *«16» грудня 2022 року*

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *верстат моделі 1П365*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Створення 3-D моделі пристрою спеціального».

2. Розрахунок 3-D-моделі із навантаженнями».

3. Науково-дослідна частина.

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Зміст графічної частини (перелік креслень, які потрібно розробити)

5.1 Креслення коробки швидкостей верстата ІПЗ65

5.2 Креслення деталі для аналізу

5.3 Креслення маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

5.4 Креслення операційного налагодження

5.5 Креслення верстатного пристрою

6. Інша конструкторська та технологічна документація

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Фалько В.В.		

6. Дата видачі завдання << 01 >> грудня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі	01.09.2022	
2	Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	05.09.2022	
3	Науково-дослідна частина	01.10.2022	
4	Підготовка розділу з охорони праці та безпеки	01.11.2022	
5	Формулювання загальних висновків	01.12.2022	
6	Підготовка доповіді	10.12.2022	
7	Підготовка презентації	12.12.2022	
8	Оформлення роботи	14.12.2022	

Студент

_____ (підпис)

Максим ДМИТРЕНКО

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Сергій НЕКРАСОВ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів
та інструментів

_____ *Віталій ІВАНОВ*

« ____ » грудня 2022 р.

**Підвищення продуктивності токарно-револьверного верстата моделі 1П365 за
рахунок застосування верстатних пристроїв**

Кваліфікаційна робота (проект) магістра
Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»
Освітня програма – «Металорізальні верстати та системи»

Студент

Максим ДМИТРЕНКО

Керівник

Сергій НЕКРАСОВ

Консультант з охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Віра ФАЛЬКО

Нормоконтроль

Олександр ІВЧЕНКО

РЕФЕРАТ

Робота складається із вступу, семи розділів, переліку використаних посилань і десяти додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 115 сторінок, у тому числі 36 рисунків, 15 таблиць, бібліографії із 25 джерел на трьох сторінках, десяти додатків на 17 сторінках.

Метою роботи є проектування приводу головного руху верстата 1П365, розробка технології виготовлення шпинделя токарного верстата, конструювання пристрою спеціального, розрахунок його на жорсткість, його модальний аналіз.

Об'єкт дослідження – токарно-револьверний верстат 1П365.

Предмет дослідження – привід головного руху верстата, спеціальний пристрій, шпиндель токарного верстата, його жорсткість та його власні частоти коливань.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що:

- розроблено конструкцію головного приводу верстата 1П365, нова коробка швидкостей має 16 ступенів швидкостей в зрівнянні з 8 ступенями швидкості які були на базовій моделі верстата;

- розроблено конструкцію трикулачкового патрону. Нова конструкція базується на принципі зажиму за допомогою пневмокамери. Даний пристрій також було розраховано на жорсткість. Також був проведений модальний аналіз патрону.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропонована нова конструкція головного приводу верстату 1П365. Також запропонована нова конструкція трикулачкового патрону з пневматичним приводом.

**ВЕРСТАТ 1П365, ПРИВІД ГОЛОВНОГО РУХУ, ТОЧІННЯ, ПРИСТРІЙ,
ШПИНДЕЛЬ.**

ABSTRACT

The work consists of an introduction, seven sections, a list of references and ten appendices. The full volume of the master's qualification work is 115 pages, including 36 figures, 15 tables, bibliographies from 25 sources on three pages, ten appendices on 17 pages.

The aim of the work is to design the drive of the main movement of the machine 1P365, to develop the technology of manufacturing the spindle of the lathe, to design a special device, to calculate its stiffness, its modal analysis.

The object of research is the 1P365 turret lathe.

The subject of research - the drive of the main movement of the machine, a special device, the spindle of the lathe, its rigidity and its natural frequencies.

The scientific novelty of the obtained results is that:

improved:

- the design of the main drive of the machine 1P365, the new gearbox has 16 gears compared to 8 gears that were on the base model of the machine;

- design of a three-cam cartridge. The new design is based on the principle of clamping with a pneumatic chamber. This device was also designed for rigidity. A modal analysis of the cartridge was also performed.

The practical significance of the results.

A new design of the main drive of the machine 1P365. The new design of the three-cam cartridge with the pneumatic drive is offered.

MACHINE 1P365, DRIVE OF THE MAIN MOVEMENT, TURNING, DEVICE, SPINDLE.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
Розділ 1 Загальні відомості про базову модель верстата	8
1.1 Призначення, область застосування.....	8
1.2 Основні вузли верстата.....	9
1.3 Технічна характеристика верстата 1ПЗ65	10
1.4 Висновки за першим розділом.....	11
Розділ 2 Кінематичний розрахунок модернізованого привода металорізального верстата 1ПЗ65.....	12
2.1 Вибір структурної формули привода.....	12
2.2 Визначення кількості валів у приводі	12
2.3 Виконання первісного варіанта кінематичної схеми	13
2.4 Складання структурних формул у розгорнутому вигляді	14
2.5 Побудова структурних сіток.....	15
2.6 Аналіз структурних сіток	17
2.7 Побудова графіка частот обертання шпинделя	17
2.8 Визначення кількості зубців зубчастих коліс	19
2.9 Підрахування фактичних частот обертання шпинделя.....	22
2.10 Оцінка точності кінематичного розрахунку.....	23
2.11 Кінцевий варіант кінематичної схеми привода	23
2.12 Висновки за другим розділом	24
Розділ 3 Проектування конструкції привода головного руху	25
3.1 Проектний розрахунок і методика конструювання привода верстата.....	25
3.2 Розрахунок валів	30

3.3 Уточнюючий (перевірний) розрахунок валів.....	32
3.4 Геометричний розрахунок зубчастих коліс.....	36
3.5 Розрахунок зубів коліс на контактну міцність.....	37
3.6 Розрахунок зубів зубчастих коліс на згинання	38
3.7 Висновки за третім розділом	39
Розділ 4 Технологія виготовлення шпинделя	40
4.1 Опис деталі	40
4.2 Опис вузла.....	40
4.3 Розроблення опису маршрутного технологічного процесу обробки деталі	41
4.4 Підбір металорізальних верстатів	43
4.5 Підбір ріжучого інструменту	44
4.6 Підбір вимірювального інструменту.....	46
4.7 Обладнання	47
4.8 Розробка операційного технологічного процесу обробки деталі	49
4.9 Висновки за четвертим розділом.....	51
Розділ 5 Верстатний пристрій.....	52
5.1 Обґрунтування необхідності створення верстатного пристрою	52
5.2 Уточнення цілі технологічної операції.....	52
5.3 Виявлення кількісних та якісних даних про заготовку.....	54
5.4 Визначення умов в котрих буде виготовлятись та використовуватись проектований пристрій	56
5.5 Складання переліку виконуваних функцій	56
5.6 Розробка та обґрунтування схеми базування.....	57

5.7 Побудова функціональної структури верстатного пристрою	60
5.8 Розробка та обґрунтування схеми закріплення.....	61
5.9 Обґрунтування вибору привода.....	67
5.10 Розрахунок точності пристрою.....	68
5.11 Опис пристрою та принцип його роботи.....	69
5.12 Висновки за п'ятим розділом.....	69
Розділ 6 Дослідження пристрою спеціального	70
6.1 Створення 3-D моделі пристрою спеціального.....	70
6.2 Схема навантаження	72
6.3 Завдання взаємозв'язків між деталями та прикладення обмежень, прикладення сил	75
6.4 Прикладення сил	78
6.5 Призначення матеріалів до елементів збірки.....	79
6.6 Побудова скінчено-елементної сітки	80
6.7 Результати дослідження жорсткості	82
6.8 Модальний аналіз верстатного пристрою	83
6.9 Висновки за шостим розділом	86
Висновки	87
Список джерел посилань	88
Додаток А Охорона праці.....	91
А.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Шпиндель»	91
А.2 Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення.....	97

А.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	101
А.4 Висновки	103
Додаток Б Загальний вигляд верстату 1ПЗ65.....	104
Додаток В Кінематика верстату 1ПЗ65.....	105
Додаток Г Розгортка коробки швидкостей верстату 1ПЗ65	106
Додаток Д Креслення шпинделя верстату 1ПЗ65	107
Додаток Е Маршрутний технологічний процес виготовлення шпинделя	108
Додаток Є Операційна наладка на токарно-гвинторізну операцію	110
Додаток Ж Операційна наладка на круглошліфувальну операцію.....	111
Додаток К Креслення пристрою спеціального.....	112
Додаток Л Специфікація до верстатного пристрою	113

ВСТУП

Актуальність роботи.

Створення сучасних, точних та високопродуктивних металорізальних верстатів обумовлює підвищення вимоги до їх основних вузлів. Зокрема, до приводів головного руху і подач пред'являються вимоги: по збільшенню жорсткості, підвищенню точності обертання валів, шпиндельних вузлів. Верстати повинні забезпечувати можливість високопродуктивного виготовлення без ручного наступного доведення деталей, що задовольняють сучасним безперервно зростаючих вимогам до точності.

Мета та завдання роботи.

Метою роботи є проектування приводу головного руху верстата 1ПЗ65, розробка технології виготовлення шпинделя токарного верстата, конструювання пристрою спеціального, розрахунок його на жорсткість, його модальний аналіз.

Об'єкт дослідження – токарно-револьверний верстат 1ПЗ65.

Предмет дослідження – привід головного руху верстата, спеціальний пристрій, шпиндель токарного верстата, його жорсткість та його власні частоти коливань.

Методи дослідження. Методологічною базою роботи є: наукові основи технології машинобудування; теорія різання матеріалів; теорії пружності, пластичності та руйнування; системний підхід до вивчення й опису об'єкта досліджень з урахуванням взаємозв'язку й взаємного впливу явищ, які супроводжують процеси фінішної механічної обробки; а також методи чисельного моделювання, зокрема, метод скінчених елементів.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що:

– удосконалено конструкцію головного приводу верстата 1ПЗ65, нова коробка швидкостей має 16 ступенів швидкостей в зрівнянні з 8 ступенями швидкості які були на базовій моделі верстата;

– розроблено конструкцію трикулачкового патрону. Нова конструкція базується на принципі зажиму за допомогою пневмокамери. Даний пристрій також було розраховано на жорсткість. Також був проведений модальний аналіз патрону.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропонована нова конструкція головного приводу верстату 1П365. Також запропонована нова конструкція трикулачкового патрону з пневматичним приводом.

Особистий внесок здобувача. Основні результати роботи отримані автором самостійно. Теоретичні дослідження, розробка методів і методик, які виносяться на захист, виконані автором особисто. Постановка задач та аналіз наукових результатів виконані разом з керівником.

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається із вступу, семи розділів, переліку використаних посилань і десяти додатків. Повний обсяг кваліфікаційної роботи магістра становить 115 сторінок, у тому числі 36 рисунків, 15 таблиць, бібліографії із 25 джерел на трьох сторінках, десяти додатків на 17 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БАЗОВУ МОДЕЛЬ ВЕРСТАТА

1.1 Призначення, область застосування

Токарно-револьверний верстат моделі 1П365 призначений для токарної обробки (точіння, свердління, розвертання, нарізання різі і т.д) в умовах серійного виробництва.

Верстат має програмне переключення чисел обертів шпинделя і подач при зміні позиції револьверної головки. Переключення відбувається легко переналагоджуваним командо апаратом, який керує електромагнітними муфтами коробки швидкостей і подач.

Іншим автоматизуючим елементом в верстаті являється гідравлічний механізм затиску і подачі прутка. На передньому кінці шпинделя встановлюється цанговий або трикулачковий патрон, який приводиться в рух гідроциліндром, розташованим на задньому кінці шпинделя(прутковий матеріал затискується в цанговому патроні, який має змінні вкладиші, штучні заготовки – в трикулачковому патроні).

Подача пруткового матеріалу здійснюється змінними цангами. Без переналадки можна затискати прутки з відхиленням по діаметру до 2 мм, що дозволяє використовувати некалібрований матеріал, і штучні заготовки – з відхиленням по діаметру до 8 мм.

Привод затискання і подачі матеріалу – гідравлічний, з електронним управлінням. Весь цикл розтиску, подачі і затиску триває 2 до 3 секунд.

Верстат має автоматичне вимкнення поздовжньої подачі по жорсткому опору, що забезпечує високу точність обробки по довжині. Поперечна подача також обмежується жорстким упором.

Верстат споряджений різьбонарізним пристроєм для нарізання зовнішніх і внутрішніх різьб і копірувальним пристроєм.

1.2 Основні вузли верстата

Основні вузли верстата показані на рисунку 1.1.

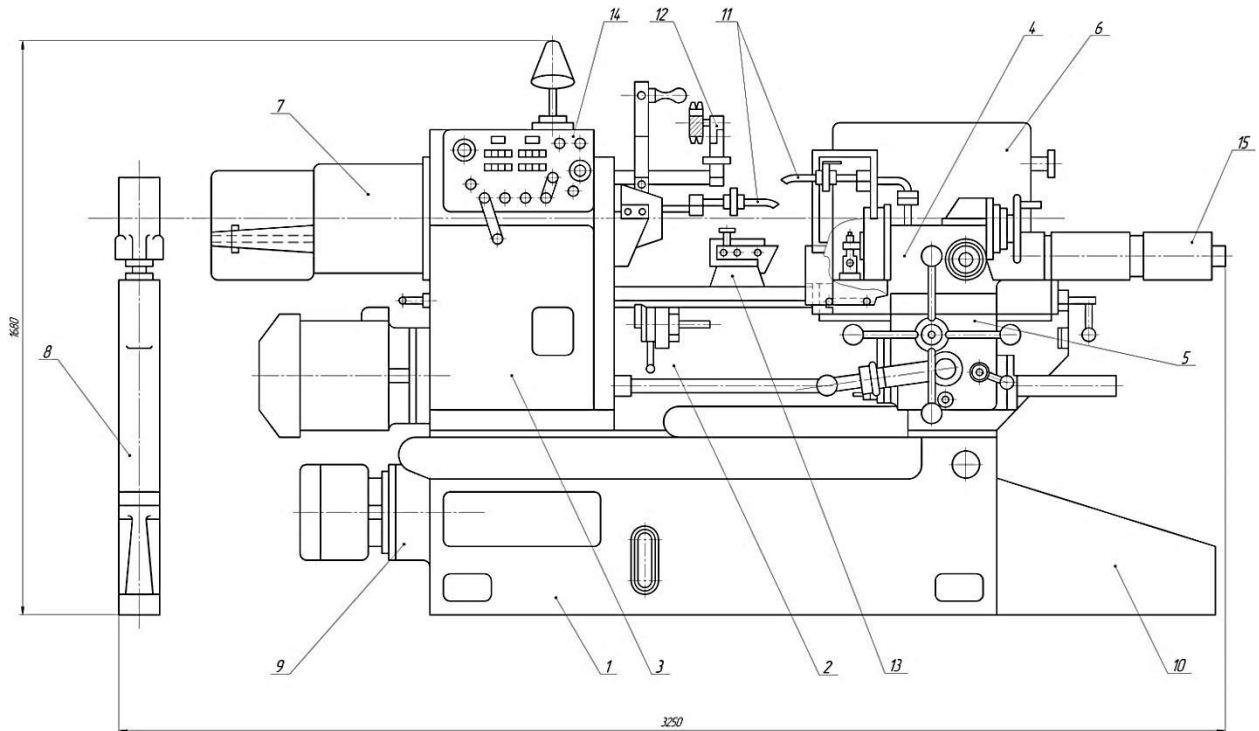


Рисунок 1.1 – Загальний вид базової моделі верстата 1П365

Основні вузли базової моделі верстата:

1 – Нижня станина; 2 – Верхня станина; 3 – Коробка швидкостей і подач;
 4 – Револьверний супорт; 5 – Фартух револьверного супорта; 6 –
 Електрообладнання; 7 – Механізм затиску і подачі матеріалу; 8 – Стійка; 9 –
 Насосна установка; 10 – Ящик для стружки; 11 – Охолодження; 12 –
 Різьбонарізний пристрій; 13 – Копіювальний пристрій; 14 – Пульт управління;
 15 – командоапарат.

1.3 Технічна характеристика верстата 1ПЗ65

Технічні характеристики верстата 1ПЗ65 показано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики верстату

Основні параметри верстата	
Клас точності верстата за ГОСТ 8-71	Н
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над станиною, мм	400
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм	380
Найбільший діаметр оброблюваного прутка на передньому затиску, мм	40
Найбільша сторона квадрата оброблюваного прутка, мм	27
Найбільший розмір "під ключ" оброблюваного шестигранника, мм	32
Найбільший діаметр оброблюваного виробу в патроні, мм	200
Найбільша довжина подачі прутка, мм	150
Найбільша довжина прутка, мм	3000
Найбільший діаметр оброблюваного прутка в затискній і трубі, що подає, мм	40
Найбільший діаметр оброблюваного прутка в затискній і трубі, що подає, мм	62
Висота центрів, мм	200
Відстань від торця шпинделя до револьверної головки, мм	32...630
Найбільша довжина різблення, мм	50
Шпиндель	
Потужність двигуна головного руху, кВт	5,5
Кількість робочих швидкостей шпинделя	8
Межі чисел оборотів шпинделя, об / хв	60...2000
Частота обертання шпинделя в I діапазоні, об / хв	60...800

Продовження таблиці 1.1

Частота обертання шпинделя в II діапазоні, об / хв	150...2000
Межі чисел оборотів шпинделя (зворотне обертання), об / хв	100,265
Кінець шпинделя фланцевий за ГОСТ 12595-75	
Подачі	
Найбільше переміщення револьверного супорта: поздовжнє (Z), мм / Кругове, град	560/360°
Число упорів	15
Кількість поздовжніх / поперечних подач револьверного супорта	0,05...1,6
Діапазон швидкостей поздовжніх подач револьверного супорта, мм / об	-
Діапазон швидкостей поперечних подач револьверного супорта, мм / об	ні
Швидке переміщення револьверного супорта, мм / хв	16
Кількість інструментів в револьверній голівці	30,40
Діаметр отворів в револьверній голівці, мм	200
Діаметр розташування отворів в револьверній голівці, мм	0,5
Переміщення поздовжнє револьверної головки на одну поділку лімба, мм	0,5
Габарити і маса верстата	
Габаритні розміри верстата (довжина, ширина, висота), мм	3000 x 1200 x 1600
Маса верстата, кг	2200

1.4 Висновки за першим розділом

В результаті літературного обгляду було визначені основні технічні характеристики верстата, його область застосування та призначення. Також були визначені основні вузли даної моделі верстата, що підлягають модернізації.

РОЗДІЛ 2

КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНОГО ПРИВОДА МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ВЕРСТАТА 1П365

2.1 Вибір структурної формули привода

Модернізацію привода за завданням потрібно виконати за такими вихідними даними: $n_{дв} = 1450 \text{ хв}^{-1}$, $n_{min} = 160 \text{ хв}^{-1}$, $\varphi = 1,26$, $Z = 16$.

Структурна формула приводу має такий вигляд:

$$Z = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_i,$$

де Z – кількість швидкісних ступенів коробки швидкостей за завданням;

i – порядок розміщення деякої групи в напрямку передачі руху;

P – кількість передач у групі.

Якщо $Z = 16$, то структурні формули можуть бути такими: $Z = 8 \cdot 2$; $Z = 4 \cdot 4$; $Z = 4 \cdot 2 \cdot 2$; $Z = 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1$; $Z = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2$, та деякі інші варіанти. Слід зазначити, що з точки зору математики формули рівнозначні, тому що відповідають вимогам $Z = 16$. З точки зору механіки за цими формулами стоять конструкції коробок швидкостей або подач, і коробка швидкостей, що має на першому валу блок на 6 переключення, а на другому – на 2 переключення, значно відрізняється від коробки швидкостей, у якої на першому валу 3 переключення, а на другому – 4. Оптимальним варіантом з усіх наведених є варіант $Z = 4 \cdot 2 \cdot 2$.

2.2 Визначення кількості валів у приводі

Із структурною формулою пов'язана можливість визначення кількості валів у приводі верстата. Ця залежність дуже проста і визначається формулою

$$B = m + 1,$$

де m – кількість груп передач привода.

Для обраної оптимальної структурної формули $Z = 4 \cdot 2 \cdot 2$, $m = 3$, тоді за формулою кількість валів $V = 4$.

2.3 Виконання первісного варіанта кінематичної схеми

Кінематична схема коробки швидкостей верстата в первісному вигляді зображено на рисунку 2.1.

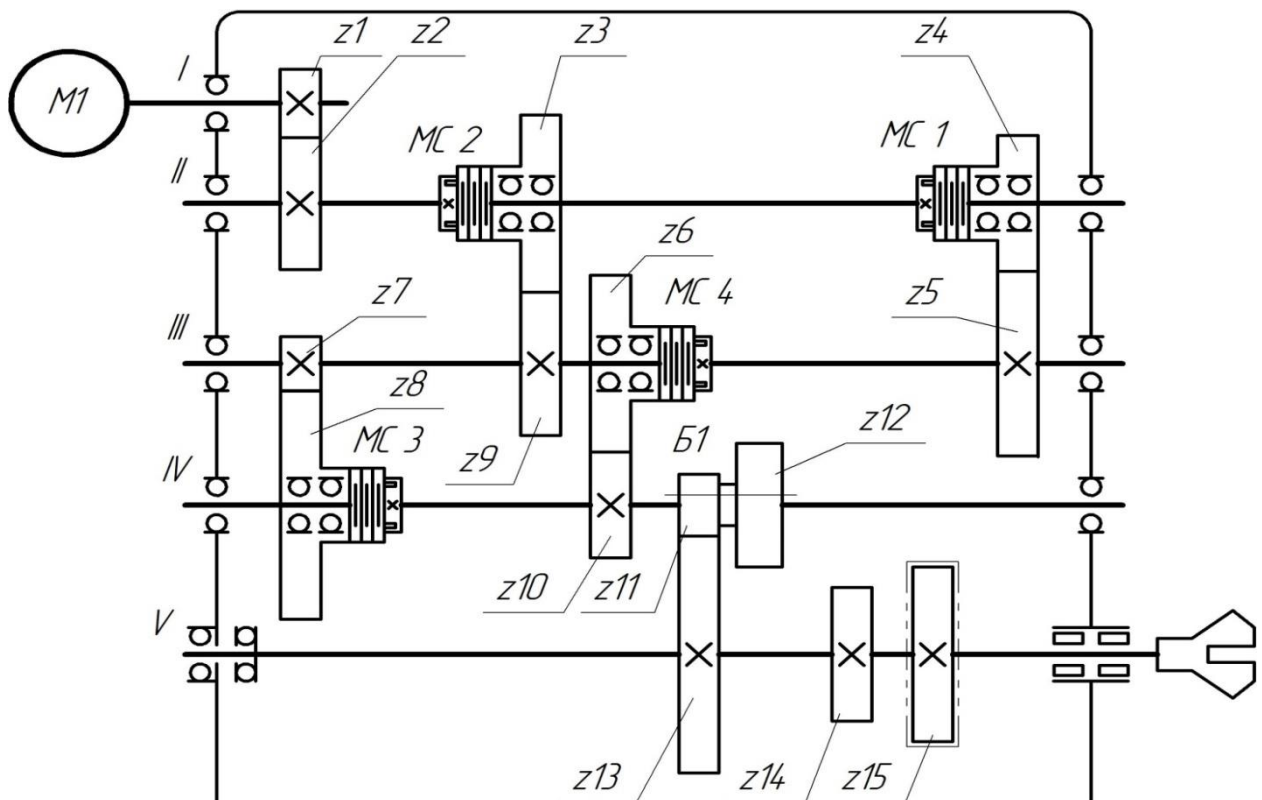


Рисунок 2.1 – Кінематична схема коробки швидкостей верстата в первісному вигляді

2.4 Складання структурних формул у розгорнутому вигляді

Структурна формула містить в собі характеристику і має такий вигляд:

$$Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3) \cdot \dots \cdot P_m(X_m)$$

Запишемо формули спочатку у загальному вигляді:

$$1) \quad Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$$

$$\quad \parallel \quad | \quad 0$$

$$2) \quad Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$$

$$\quad | \quad \parallel \quad 0$$

$$3) \quad Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$$

$$\quad \parallel \quad 0 \quad |$$

$$4) \quad Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$$

$$\quad | \quad 0 \quad \parallel$$

$$5) \quad Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$$

$$\quad 0 \quad | \quad \parallel$$

$$6) \quad Z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3)$$

$$\quad 0 \quad \parallel \quad |$$

Отримаємо такі значення після підстановки кількості переключень:

$$1) \quad Z = 4(4) \cdot 2(2) \cdot 2(1)$$

$$\quad \parallel \quad | \quad 0$$

$$2) \quad Z = 4(2) \cdot 2(8) \cdot 2(1)$$

$$\quad | \quad \parallel \quad 0$$

$$3) \quad Z = 4(4) \cdot 2(1) \cdot 2(2)$$

$$\quad \parallel \quad 0 \quad |$$

$$4) \quad Z = 4 (2) \cdot 2 (1) \cdot 2(8)$$

$$\quad \quad \quad | \quad 0 \quad ||$$

$$5) \quad Z = 4 (1) \cdot 2 (4) \cdot 2(8)$$

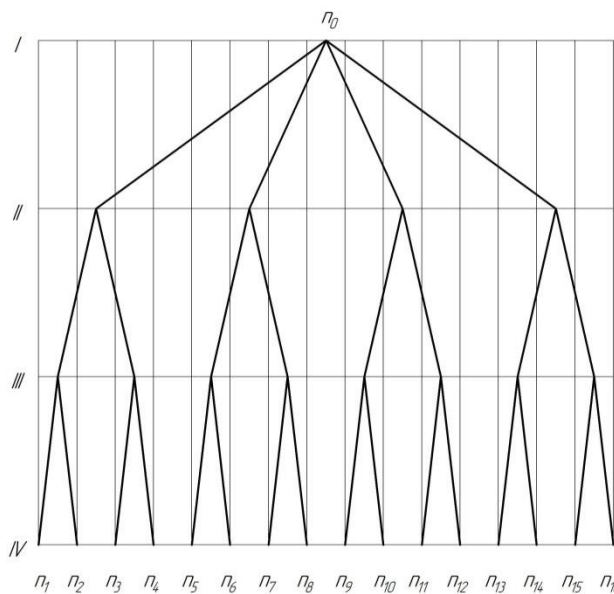
$$\quad \quad \quad 0 \quad | \quad ||$$

$$6) \quad Z = 4 (1) \cdot 2 (8) \cdot 2(4)$$

$$\quad \quad \quad 0 \quad || \quad |$$

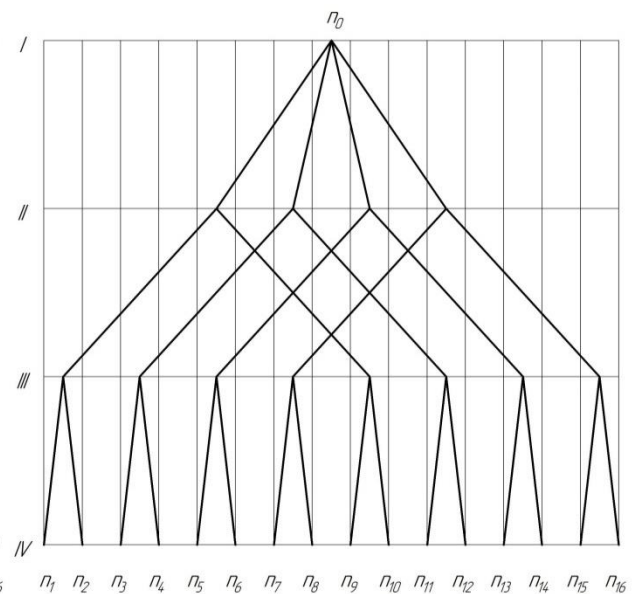
2.5 Побудова структурних сіток

Структурні сітки – це симетричні діаграми, котрі у розгорнутому вигляді відображають структурні формули та кількість груп переключень, характер переключень взаємності від того, яку група відіграє роль (основну, 1 – її множини, 2 – її і т.д.) також вказують на кількість валів. Сітка будується на фоні або ж на полі сітки, котре в свою чергу складається із вертикальних ліній, кількість яких відповідає кількості швидкісних ступенів привода та горизонтальних, які визначають вали. Відстань береться між вертикалями такою, що рівна характеристиці $X=1$.



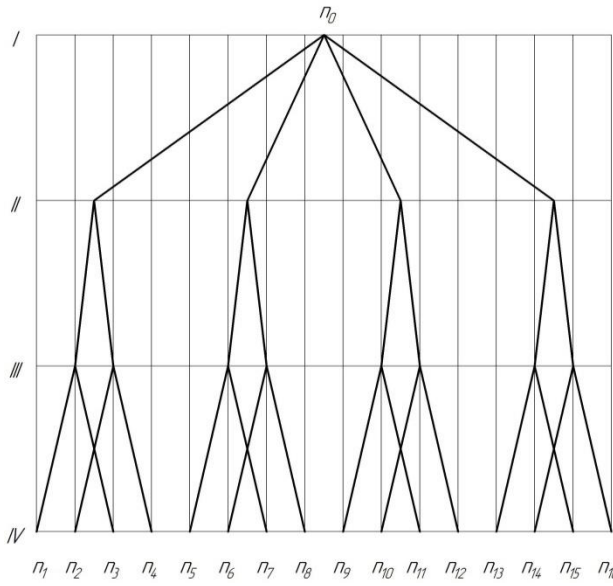
$$1) \quad Z = 4 (4) \cdot 2 (2) \cdot 2(1)$$

$$\quad \quad \quad || \quad | \quad 0$$



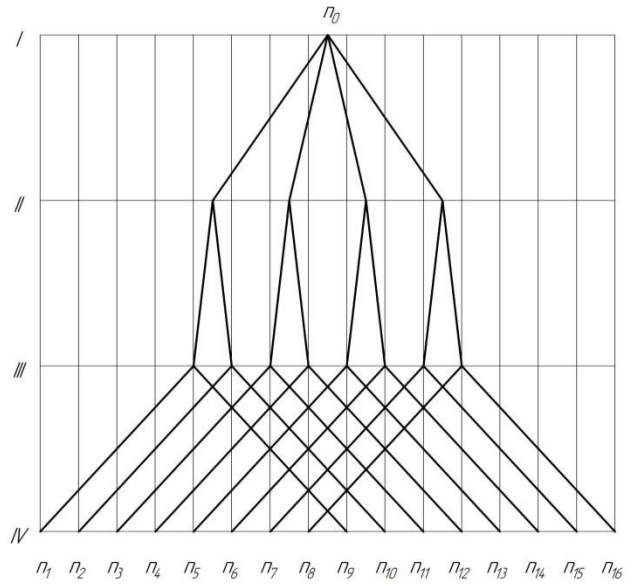
$$2) \quad Z = 4 (2) \cdot 2 (8) \cdot 2(1)$$

$$\quad \quad \quad | \quad || \quad 0$$



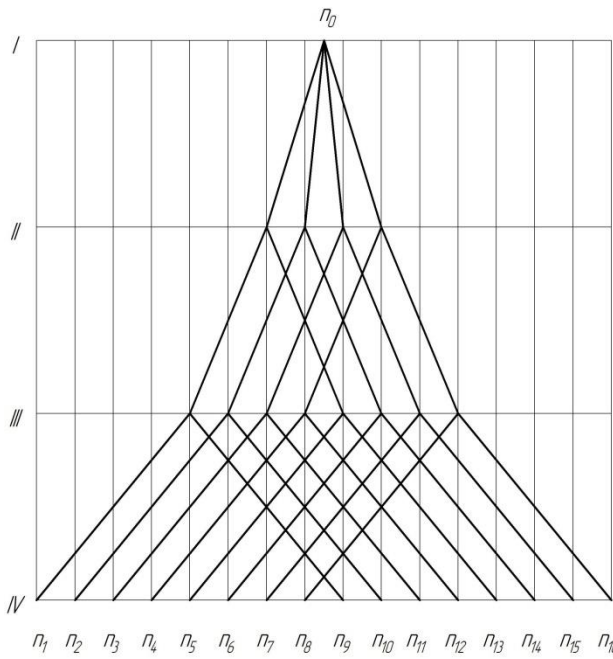
3) $Z = 4 (4) \cdot 2 (1) \cdot 2(2)$

|| | 0



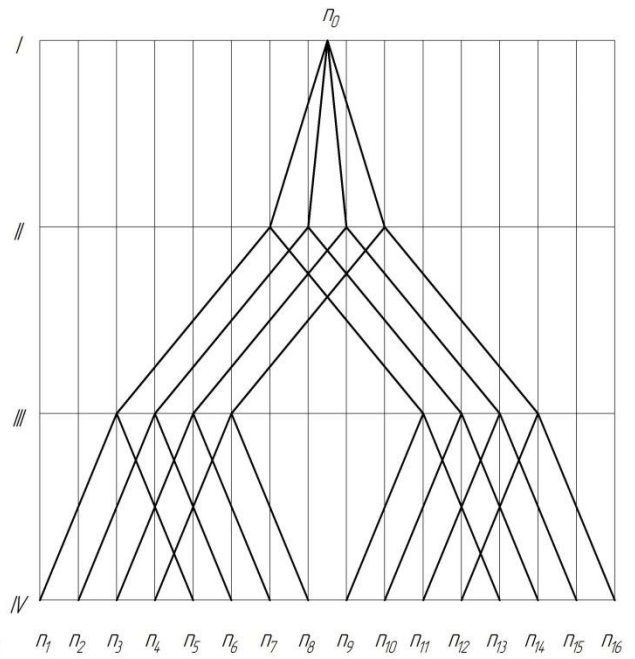
4) $Z = 4 (2) \cdot 2 (1) \cdot 2(8)$

| 0 ||



5) $Z = 4 (1) \cdot 2 (4) \cdot 2(8)$

0 || |



6) $Z = 4 (1) \cdot 2 (8) \cdot 2(4)$

0 || |

2.6 Аналіз структурних сіток

Навіть побіжне порівняння структурних сіток показує, що вони мають різний вигляд. Оптимальним вважається такий варіант, у якого відрізки, що визначають передатні відношення між валами, поступово розходяться від першого вала до четвертого. Порівняння наведених варіантів дає змогу визначити, що серед представлених найкращий варіант п'ятий, а найгірший-перший. Тому для подальшого графоаналітичного розрахунку зупиняємося на п'ятому варіанті структурних сіток як оптимальному.

2.7 Побудова графіка частот обертання шпинделя

$n_{\min} = 160 \text{ хв}^{-1}$, $\phi = 1,26$, а $Z = 16$, то геометричний ряд частот має такі значення: $n_1 = 160$, $n_2 = 200$, $n_3 = 250$, $n_4 = 315$, $n_5 = 400$, $n_6 = 500$, $n_7 = 630$, $n_8 = 800$, $n_9 = 1000$, $n_{10} = 1250$, $n_{11} = 1600$, $n_{12} = 2000$, $n_{13} = 2500$, $n_{14} = 3150$, $n_{15} = 4000$, $n_{16} = 5000$. Частота обертання двигуна $n_{\text{дв}} = 1450 \text{ хв}^{-1}$.

Структурна сітка не дає фактичних значень частот обертання і передавальних відношень передач в групах. Для визначення цих величин будують другий графік - графік частот обертання.

Для його побудови повинні бути відомі:

- а) знаменник ряду частот обертання ϕ ;
- б) фактичні частоти обертання від $n_1 = n_{\min}$ до $n_z = n_{\max}$;
- в) частота обертання обраного приводу двигуна $n_{\text{дв}}$;
- г) повна кінематична схема приводу, яка крім групових передач може мати і поодинокі передачі.

Частота обертання двигуна $n_{\text{дв}} = 1450 \text{ хв}^{-1}$, а $n_9 = 1000 \text{ хв}^{-1}$. Тому вводимо до розрахунку ще один вал з одним зубчастим колесом. Також для зменшення передатній відношень зубчастих коліс додаємо ще один вал.

На рисунку 2.2 зображено графік частот обертання шпинделя привода верстата (без розрахунку передатних відношень).

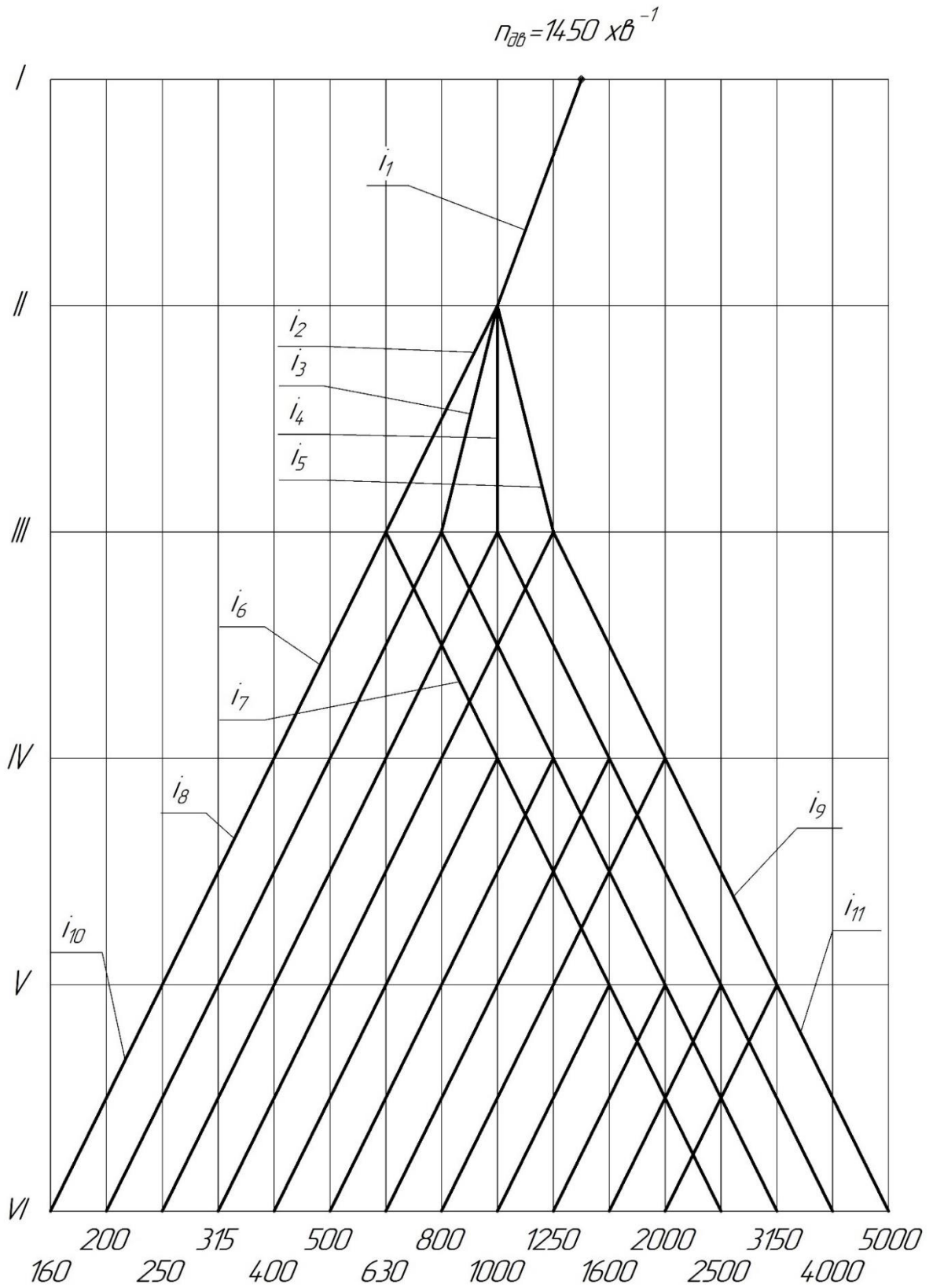


Рисунок 2.2 – Графік частот обертання шпинделя привода верстата (без розрахунку передатних відношень)

В першу чергу при розробці кінематичної схеми верстата потрібно вирішити питання вибору типу приводу. Привід - джерело руху і сукупність механізмів, котрі до кінцевих ланок верстата передають рух.

Верстат може мати кілька джерел руху або один. Механізувати та автоматизувати верстат, спростити управління, скоротити кінематичні ланцюги дозволяє застосування декількох двигунів. Від загального двигуна вони повинні отримувати рух, якщо потрібно суворий взаємозв'язок між окремими кінематичними ланцюгами. При проектуванні нового верстата вибір приводу має істотне значення, так як це є одним з основних умов створення високоякісної й економічної продукції.

2.8 Визначення кількості зубців зубчастих коліс

На первісному варіанті кінематичної схеми позначені як Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 і т. д., можна визначити кількість зубців зубчастих коліс у кожній парі, коли побудовано ГЧО. Також існують правила для визначення кількості зубців зубчастих коліс. Перше правило заключається у тому, що у двоваловій передачі залишається незмінною сума зубів зубчастих коліс, тобто можна написати, що $\Sigma Z = Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4 = Z_5 + Z_6 = \text{const}$ (між першим та другим валами, наприклад). Найменша кількість зубів на одному колесі може бути 18 – 20, виходячи з цього визначають суму Z . Тоді $\Sigma Z_{\text{max}} \approx 120$, відповідно $\Sigma Z_{\text{min}} \approx 40$. Друге правило заключається у тому, що передатні відношення записують через кількість зубів зубчастих коліс і прирівнюють їх до передатних відношень з ГЧО через знаменник геометричного ряду. Це має такий вигляд:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{1}{\varphi^2}; \quad \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{1}{\varphi}; \quad \frac{Z_5}{Z_6} = \frac{1}{\varphi^0} = \frac{1}{1} = 1.$$

Подані два рівняння (за першим та другим правилами) розв'язують

спільно. Тоді значення Z_1 та Z_2 визначають так:

$$z_1 = \frac{\Sigma z}{1+\varphi^2}, \quad Z_2 = \Sigma Z - Z_1.$$

Для визначення реальних значень потрібно задати ΣZ .

$$i_1 = \frac{n_0}{n_{\text{ДВ}}} = \frac{1000}{1450} = 0,689.$$

Обираємо число зубів на першому колесі $z_1 = 20$, тоді:

$$Z_2 = Z_1 / i_1 = 20 / 0,689 = 29.$$

$$i_2 = \frac{1}{\varphi^2}, \quad \sum Z = 80, \quad Z_3 = \frac{80}{1 + 1,59} = 31; \quad Z_4 = 80 - 31 = 49. \quad \frac{31}{49}$$

$$i_3 = \frac{1}{\varphi}, \quad \sum Z = 80, \quad Z_5 = \frac{80}{1 + 1,26} = 35; \quad Z_6 = 80 - 35 = 45. \quad \frac{35}{45}$$

$$i_4 = \frac{1}{1}, \quad \sum Z = 80. \quad \frac{40}{40}$$

$$i_5 = \frac{\varphi}{1}, \quad \sum Z = 80, \quad Z_{10} = \frac{80}{1 + 1,26} = 35; \quad Z_9 = 80 - 35 = 45. \quad \frac{35}{45}$$

$$i_6 = \frac{1}{\varphi^2}, \quad \sum Z = 80, \quad Z_{11} = \frac{80}{1 + 1,59} = 31; \quad Z_{12} = 80 - 31 = 49. \quad \frac{31}{49}$$

$$i_7 = \frac{\varphi^2}{1}, \quad \sum Z = 80, \quad Z_{14} = \frac{80}{1 + 1,59} = 49; \quad Z_{13} = 80 - 49 = 31. \quad \frac{49}{31}$$

$$i_8 = \frac{1}{\varphi^2}, \quad \sum Z = 80, \quad Z_{15} = \frac{80}{1 + 1,59} = 31; \quad Z_{16} = 80 - 31 = 49. \quad \frac{31}{49}$$

$$i_9 = \frac{\varphi^2}{1}, \quad \sum Z = 80, \quad Z_{18} = \frac{80}{1 + 1,59} = 49; \quad Z_{17} = 80 - 49 = 31. \quad \frac{49}{31}$$

$$i_{10} = \frac{1}{\varphi^2}, \quad \sum Z = 80, \quad Z_{19} = \frac{80}{1 + 1,59} = 31; \quad Z_{20} = 80 - 31 = 49. \quad \frac{31}{49}$$

$$i_{11} = \frac{\varphi^2}{1}, \quad \sum Z = 80, \quad Z_{22} = \frac{80}{1 + 1,59} = 49; \quad Z_{21} = 80 - 49 = 31. \quad \frac{49}{31}$$

На рисунку 2.3 зображено графік частот обертання шпинделя з підібраними передаточними відношеннями(колесами).

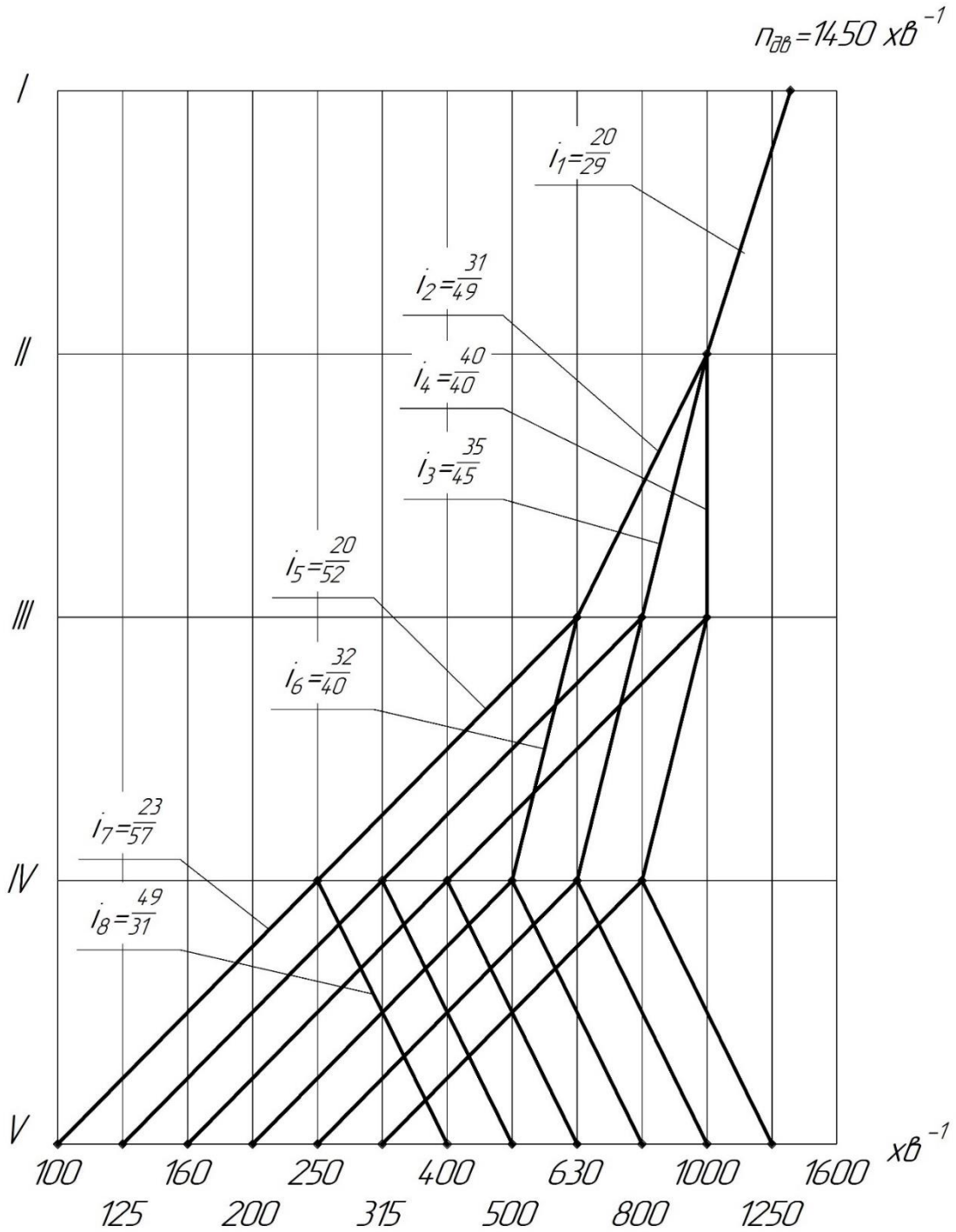


Рисунок 2.3 - Графік частот обертання шпинделя з підібраними передаточними відношеннями(колесами)

2.9 Підрахування фактичних частот обертання шпинделя

Якщо прораховані усі передатні відношення привода, то можна визначити фактичні частоти обертання шпинделя шляхом складання відповідних рівнянь кінематичного балансу. Такі рівняння можна складати користуючись ГЧО. Вихідною точкою для таких розрахунків є частота 1000 хв⁻¹ тому, що точка на валу одна і відповідає точці n_0 на структурних сітках. Першу, або найменшу частоту, можна отримати, якщо перемножити передатні відношення i_1, i_4, i_6 . Записати потрібно так:

$$n_1 = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} = 160,2 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_2 = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{35}{45} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} = 196,9 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_3 = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} = 253,2 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_4 = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{45}{35} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} = 321,9 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_5 = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} = 401,3 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_6 = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{35}{45} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} = 493,4 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_7 = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} = 634,4 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_8 = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{45}{35} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{31}{49} = 806,4 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_9 = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{31}{49} = 1002,7 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{10} = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{35}{45} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{31}{49} = 1232,7 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{11} = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{31}{49} = 1584,9 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{12} = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{45}{35} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{31}{49} = 2014,8 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{13} = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{31}{49} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{49}{31} = 2505,2 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{14} = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{35}{45} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{49}{31} = 3079 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{15} = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{40}{40} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{49}{31} = 3959,8 \text{ хв}^{-1},$$

$$n_{16} = 1450 \cdot \frac{20}{29} \cdot \frac{45}{35} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{49}{31} \cdot \frac{49}{31} = 5033,9 \text{ хв}^{-1}.$$

2.10 Оцінка точності кінематичного розрахунку

Визначимо похибку між фактичними числами обертів вихідного вала та стандартизованими використовуючи формулу:

$$\Delta = \pm \frac{n_{\phi} - n_{ст}}{n_{ст}} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де n_{ϕ} , $n_{ст}$ – відповідно фактичні та стандартизовані частоти обертання шпинделя.

Відповідність частот обертання шпинделя перевіримо за формулою 2.1:

$$\Delta = \frac{5000 - 5033,9}{5000} \cdot 100\% = -0,006 \cdot 100\% = -0,6\%,$$

що знаходиться у межах допуску $[\Delta] = \mp 2,6\%$.

Після оцінки точності кінематичного розрахунку можна зробити висновок, що розрахунок виконаний вірно.

2.11 Кінцевий варіант кінематичної схеми привода

З дотриманням вимог ГОСТ 2.770 – 68 і 2.703 – 68 виконують кінцевий варіант кінематичної схеми, перший з яких є стандартом на умовні позначення на кінематичних схемах, а другий – правилом виконання кінематичних схем. На

рисунку 2.4 подано приклад кінцевого варіанта кінематичної схеми привода.

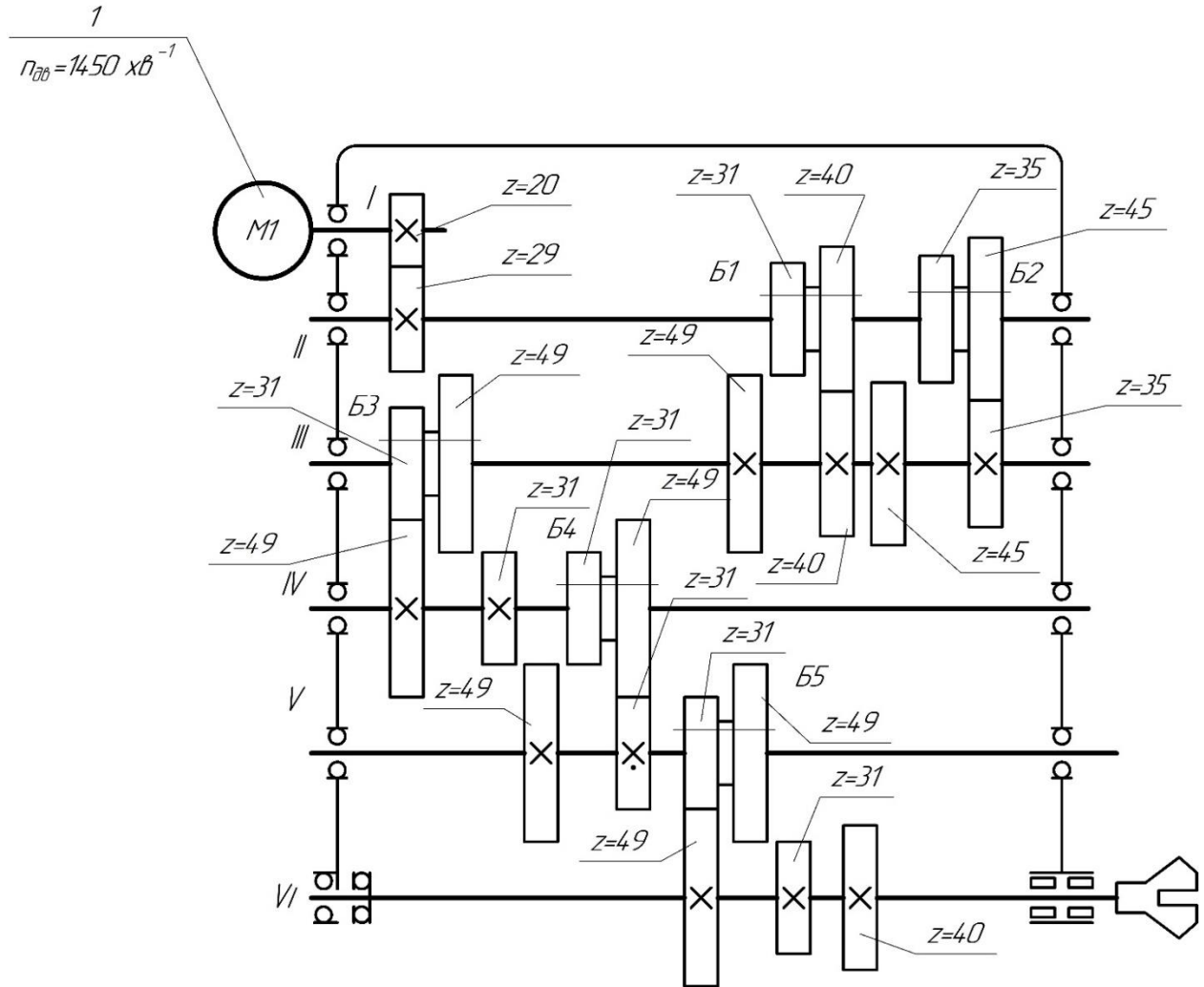


Рисунок 2.4 – Кінцевий варіант кінематичної схеми привода

2.12 Висновки за другим розділом

В даному розділі був проведений кінематичний розрахунок коробки швидкостей верстата 1П365. Був побудований графік частот обертання шпинделя. Даний розрахунок дає загальне розуміння про те як будуть розташовані вали, зубчасті колеса, їх кількість, яка на цих колесах кількість зубів. Також даний розрахунок дає можливість зрозуміти передатні відношення між зубчастими колесами. Кінематичний розрахунок це початок проектування коробки швидкостей даного верстата.

РОЗДІЛ 3

ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ

3.1 Проектний розрахунок і методика конструювання привода верстата

Почнемо із того, що між валами майбутньої коробки швидкостей визначимо міжцентрову відстань.

Для цього використовують формулу 3.1:

$$a_{wi} = m \cdot \frac{z_1 + z_2}{2} = 0,5 \cdot \sum z \cdot m, \quad (3.1)$$

де m – модуль зубчастих коліс, мм;

z_1 – кількість зубців на шестерні;

z_2 – кількість зубців на колесі;

$\sum z$ – сумарна кількість зубців колеса та шестерні між валами (з кінематичного розрахунку).

Особливістю використання такої формули є те, що значення модуля невідоме і його потрібно прийняти попередньо, умовно, заручившись досвідом проектування коробок швидкостей із джерел технічної літератури (паспорта верстата).

Частіше за все на верстатах середніх розмірів у коробках швидкостей використовують зубчасті передачі, що мають модуль від 2,5 – 3,0 мм до 6,0 – 8,0 мм.

Візьмемо для прикладу значення модуля 4,0 мм між всіма валами, і скориставшись даними за кількістю зубів із кінематичного розрахунку визначимо міжцентрову відстань між валами, тобто:

$$\text{між валом I та II: } a_{wi} = 0,5 \cdot 49 \cdot 4 = 98 \text{ мм}$$

$$\text{між валом II та III: } a_{wi} = 0,5 \cdot 80 \cdot 4 = 160 \text{ мм}$$

$$\text{між валом III та IV: } a_{wi} = 0,5 \cdot 80 \cdot 4 = 160 \text{ мм}$$

між валом IV та V: $a_{wi} = 0,5 \cdot 80 \cdot 4 = 160$ мм

між валом V та VI: $a_{wi} = 0,5 \cdot 80 \cdot 4 = 160$ мм

Після визначення міжцентрових відстаней логічно перейти до розрахунку діаметрів валів. Але для розрахунку валів, зубчастих коліс потрібно визначити навантаження на них, тобто діючі сили, крутні моменти. Для цього потрібно розрахувати сили різання при найбільших режимах та визначити потужність двигуна. Для типових моделей верстатів можна скористатися потужністю базової моделі. Розрахуємо крутний момент за формулою 3.2 та навантаження за формулою 3.3:

$$T_{pi} = T_j \cdot K, \quad (3.2)$$

$$F_p = F_t \cdot K, \quad (3.3)$$

де T_{pi} – розрахунковий крутний момент на i – му валу, Н· м;

T_j – момент на попередньому валу, Н· м;

F_t – колова сила, що прикладена до валу, Н;

K – коефіцієнт навантаження, $K = 1,2$.

Без урахування коефіцієнта навантаження крутний момент розраховують такою формулою 3.4:

$$T_j = \frac{P}{\omega}, \quad (3.4)$$

де ω – кутова швидкість.

Кутова швидкість визначається за формулою 3.5:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.5)$$

Без урахування коефіцієнта навантаження колову силу розраховують за формулою 3.6:

$$F_t = \frac{2T_j}{d_z}, \quad (3.6)$$

де d_z – ділительний діаметр зубчатого колеса.

Ділительний діаметр зубчатого колеса розраховуємо за формулою 3.7:

$$d_z = m \cdot z_i, \quad (3.7)$$

Для першого валу розрахуємо колову силу та крутний момент за формулами:

Для першого валу $n = 1450 \text{ хв}^{-1}$ та P – потужність двигуна $P = 5,5 \text{ кВт}$.

Для першого вала (також для інших валів) за формулою 3.5 розрахуємо кутову швидкість.

$$\omega_1 = \frac{3,14 \cdot 1450}{30} = 151 \text{ рад/с}$$

За формулою 3.4 розраховують крутний момент без урахування коефіцієнта навантаження (також для інших валів).

$$T_1 = \frac{5,5 \cdot 10^3}{151} = 36,24 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За формулою 3.2 розраховується розрахунковий крутний момент (також для інших валів).

$$T_{p1} = 36,24 \cdot 1,2 = 43,48 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

За формулою 3.7 визначимо ділительний діаметр зубчастого колеса (також для інших валів).

$$d_1 = 4 \cdot 20 = 80 \text{ мм}$$

Колова сила без урахування коефіцієнта навантаження розраховується за формулою 3.6 (також для інших валів).

$$F_{t1} = \frac{2 \cdot 36,23 \cdot 10^3}{80} = 905,75 \text{ Н}$$

За формулою 3.3 визначаємо розрахункову колову силу (також для інших валів).

$$F_{p1} = 905,75 \cdot 1,2 = 1087 \text{ Н}$$

Для другого валу:

$$\omega_2 = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,67 \text{ рад/с}$$

$$T_2 = \frac{5,5 \cdot 10^3}{104,67} = 52,54 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{p2} = 52,54 \cdot 1,2 = 63,05 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_2 = 4 \cdot 31 = 124 \text{ мм}$$

$$F_{t2} = \frac{2 \cdot 52,54 \cdot 10^3}{124} = 847 \text{ Н}$$

$$F_{p2} = 847 \cdot 1,2 = 1016 \text{ Н}$$

Для третього валу:

$$\omega_3 = \frac{3,14 \cdot 630}{30} = 65,94 \text{ рад/с}$$

$$T_3 = \frac{5,5 \cdot 10^3}{65,94} = 83,41 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{p3} = 83,41 \cdot 1,2 = 100,09 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_3 = 4 \cdot 31 = 124 \text{ мм}$$

$$F_{t3} = \frac{2 \cdot 83,41 \cdot 10^3}{124} = 1425 \text{ Н}$$

$$F_{p3} = 1425 \cdot 1,2 = 1711 \text{ Н}$$

Для четвертого вала:

$$\omega_4 = \frac{3,14 \cdot 400}{30} = 41,8 \text{ рад/с}$$

$$T_4 = \frac{5,5 \cdot 10^3}{41,8} = 131,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{p4} = 131,7 \cdot 1,2 = 157,9 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_4 = 4 \cdot 31 = 124 \text{ мм}$$

$$F_{t4} = \frac{2 \cdot 157,9 \cdot 10^3}{124} = 2546 \text{ Н}$$

$$F_{p4} = 2546 \cdot 1,2 = 3056 \text{ Н}$$

Для пятого вала:

$$\omega_5 = \frac{3,14 \cdot 250}{30} = 26,16 \text{ рад/с}$$

$$T_5 = \frac{5,5 \cdot 10^3}{26,16} = 210,24 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{p5} = 210,24 \cdot 1,2 = 259,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$d_5 = 4 \cdot 31 = 124 \text{ мм}$$

$$F_{t5} = \frac{2 \cdot 259,3 \cdot 10^3}{124} = 4069 \text{ Н}$$

$$F_{p5} = 4069 \cdot 1,2 = 4883 \text{ Н}$$

3.2 Розрахунок валів

Розрахунок проводимо в два етапи:

- попередній розрахунок;
- уточнюючий розрахунок.

Орієнтовний діаметр валу визначають при попередньому розрахунку та уточнюють його конструкцію. При допустимому напруженні $[\tau] = 20 \text{ МПа}$ діаметр вихідного кінця валу знаходять за формулою 3.8:

$$d = \sqrt[3]{\frac{T_p}{0,2 \cdot [\tau]}} \quad (3.8)$$

За формулою 3.8 визначаємо для першого валу діаметр вихідного кінця валу (також для інших валів)

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{43,48 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 22,1 \text{ мм}$$

Під підшипники візьмемо діаметр валу $d_1 = 25 \text{ мм}$.

Для другого валу:

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{63,05 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 25,07 \text{ мм}$$

Під підшипники візьмемо діаметр валу $d_2 = 25 \text{ мм}$.

З кінематичного розрахунку відомо, що вал II шліцьовий. Тому за

ГОСТом 1139 – 81 призначаємо шліци за розмірами 6х 8х32 із centruванням за внутрішнім діаметром валу. Посадка для рухомого з'єднання блок – вал може бути такою: d – 6 х 28H7/g6 х 32H12/a11 х 7D9/f7.

Для третього валу:

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{100,09 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 29,25 \text{ мм}$$

Під підшипники візьмемо діаметр валу $d_3 = 30$ мм.

Вал III також шліцьовий. Посадка для рухомого з'єднання блок – вал може бути такою: d – 8 х 32H7/g7 х 36H12/d10 х 6D9/f8.

Для четвертого валу:

$$d_4 = \sqrt[3]{\frac{157,9 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 34,4 \text{ мм}$$

Під підшипники візьмемо діаметр валу $d_4 = 35$ мм.

Вал IV також шліцьовий. Посадка для рухомого з'єднання блок – вал може бути такою: d – 8 х 36H7/g6 х 40H12/d10 х 7D9/f7.

Для п'ятого валу:

$$d_5 = \sqrt[3]{\frac{252,23 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 39,8 \text{ мм}$$

Під підшипники візьмемо діаметр валу $d_5 = 40$ мм.

Вал V також шліцьовий. Посадка для рухомого з'єднання блок – вал може

бути такою: $d - 8 \times 42H7/g6 \times 46H12/d10 \times 8D9/f7$.

Для шостого валу:

$$d_6 = \sqrt[3]{\frac{394 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} = 54,2 \text{ мм}$$

Беремо діаметр валу під підшипники $d_6 = 55 \text{ мм}$.

3.3 Уточнюючий (перевірний) розрахунок валів

Виконується після проектного розрахунку як розрахунок коефіцієнта запасу міцності для небезпечних перерізів валу на основі виконаної конструкції коробки швидкостей.

Умова міцності валу визначається за формулою 3.9:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq [S], \quad (3.9)$$

де $[S]$ – допустимий коефіцієнт запасу міцності; значення $[S]$ знаходиться у межах 1,3–1,5; можна взяти $[S] = 1,4$;

S_σ – коефіцієнт запасу міцності за нормальними напруженнями;

S_τ – коефіцієнт запасу міцності за дотичними напруженнями;

S – загальний (розрахунковий) коефіцієнт запасу міцності. Його й потрібно визначити.

Складова попередньої формули – коефіцієнт запасу міцності за нормальним напруженням S_σ – визначається за формулою:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \cdot \sigma_V + \psi_a \cdot \sigma_m}$$

де σ_{-1} – межа витримки при симетричному циклі;

K_σ – коефіцієнт, для шліцьового валу $K_\sigma = 1,65$;

$\varepsilon_\sigma = 0,92$ – масштабний фактор;

$\psi_\sigma = 0,15$ – коефіцієнт;

σ_m – середнє напруження, $\sigma_m = 0$;

σ_V – амплітуда нормальних напружень на згинання.

В останній формулі невизначеними є:

σ_{-1} – межа витримки при симетричному циклі;

σ_V – амплітуда нормальних напружень на згинання.

Для визначення σ_{-1} потрібно знати σ_B ,

σ_B для сталі 45 дорівнює 780 МПа з, тоді $\sigma_{-1} \approx 0,43 \cdot \sigma_B = 0,43 \cdot 780 = 335$ МПа;

σ_V – амплітуда нормальних напружень на згинання – визначається формулою 3.10:

$$\sigma_V = \frac{M}{W_{\text{нетто}}}, \quad (3.10)$$

до якої надходить сумарний момент M_Σ на згинання та параметр $W_{\text{нетто}}$.

Сумарний згинальний момент M_Σ на валу необхідно знайти для розрахунку σ_V . Для визначення діючих сил та реакцій побудуємо схему (рисунок 3.1) і визначимо реакції опор у площинах XZ, YZ.

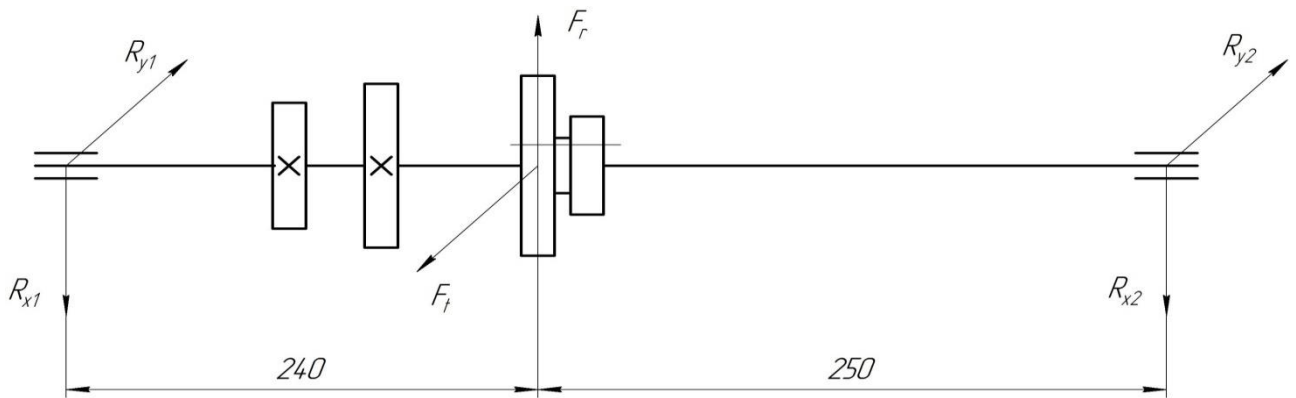


Рисунок 3.1 – Схема діючих сил та реакцій опор IV валу коробки

Реакції опор у площині XZ:

$$R_{y1} = \frac{F_t \cdot 240}{240 + 250} = \frac{6853 \cdot 240}{240 + 250} = 3356 \text{ Н},$$

$$R_{y2} = \frac{F_t \cdot 250}{240 + 250} = \frac{6853 \cdot 250}{240 + 250} = 3496 \text{ Н}.$$

Реакції опор у площині YZ:

$$R_{x1} = \frac{F_r \cdot 240}{240 + 250} = \frac{6853 \cdot 240}{240 + 250} = 3356 \text{ Н},$$

$$R_{x2} = \frac{F_r \cdot 250}{240 + 250} = \frac{6853 \cdot 250}{240 + 250} = 3496 \text{ Н}.$$

Згинальні моменти:

$$M_x = R_{x1} \cdot 240 = 8,05 \cdot 10^3 \text{ Нмм},$$

$$M_y = R_{y1} \cdot 240 = 8,05 \cdot 10^3 \text{ Нмм}.$$

Сумарний згинальний момент дорівнює:

$$M_{\Sigma} = \sqrt{(8,05 \cdot 10^3)^2 + (8,05 \cdot 10^3)^2} = 11,5 \cdot 10^3 \text{ Нмм}$$

На рисунку 3.2 зображено епюри згинальних та крутних моментів при

уточнюючому розрахунку валу.

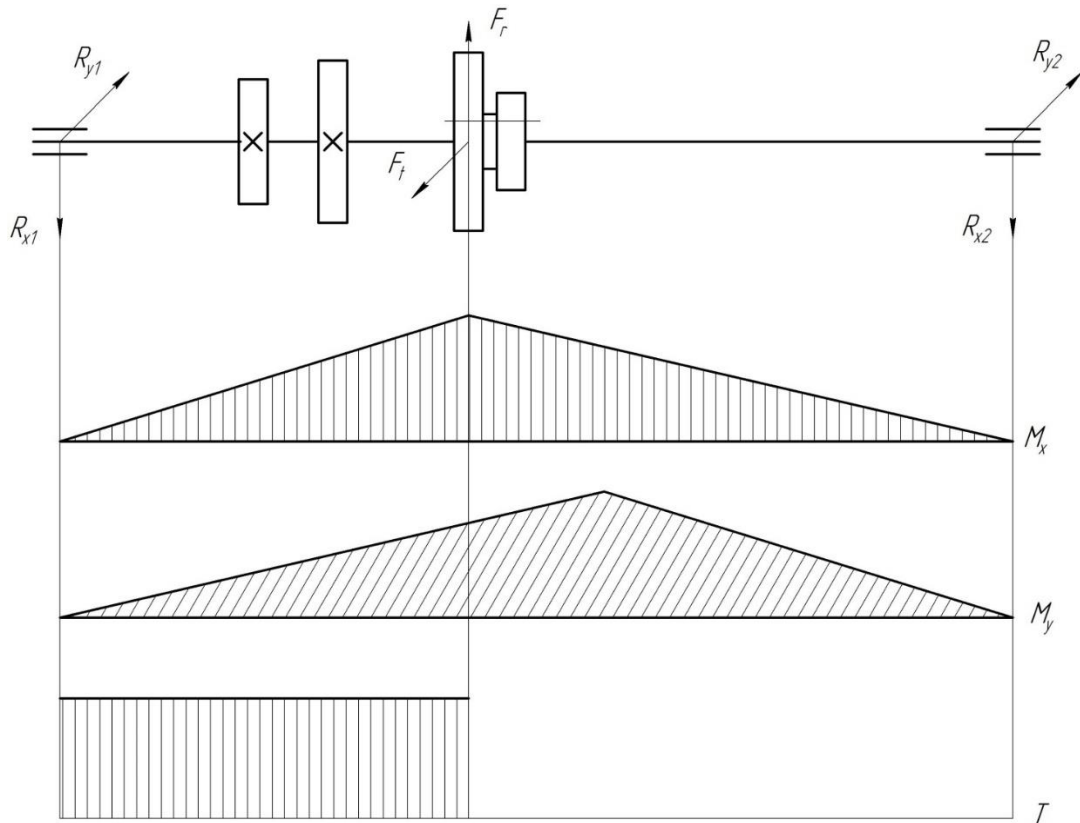


Рисунок 3.2 - Епюри згинальних та крутного моментів при уточнюючому розрахунку валу

Також визначено сумарний згинальний момент. За формулою 3.10 розраховуємо амплітуду нормальних напружень на згинання:

$$\sigma = \frac{M_{\Sigma}}{W_{\text{нетто}}} = \frac{8,05 \cdot 10}{1,25 \cdot 10} = 6,44 \text{ МПа,}$$

де $W_{\text{нетто}}$ – розраховано як

$$W_{\text{нетто}} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} - \frac{b \cdot t_1 \cdot (d - t_1)^2}{2d} = \frac{3,14 \cdot 28^3}{32} - \frac{6 \cdot 4 \cdot (28 - 4)^2}{2 \cdot 28} = 1,25 \cdot 10^3 \text{ мм}^3$$

За рекомендаціями окремі значення параметрів такі:

$$\tau_{-1} \approx (0,5 - 0,58) \cdot \sigma_{-1}; \quad \varepsilon_{\tau} = 0,74; \quad \psi_{\tau} = 0,1; \quad \tau_m = 6$$

Підстановка значень у формулу дає результат:

$$S_{\tau} \approx 11,7$$

За формулою 3.9 розрахуємо загальний коефіцієнт запасу міцності:

$$S = \frac{1,7 \cdot 11,7}{\sqrt{(1,7)^2 + (11,7)^2}} = 1,68 > 1,4.$$

3.4 Геометричний розрахунок зубчастих коліс

Розрахуємо зовнішні та внутрішні діаметри зубчастих коліс майбутньої коробки швидкостей. Зовнішні діаметри коліс розрахуємо за формулою:

$$d_{a1} = d_{w1} + 2 \cdot m.$$

Внутрішні діаметри розрахуємо за формулою:

$$d_{a2} = d_{w1} - 2,5 \cdot m.$$

Результати занесемо у таблицю 3.1

Таблиця 3.1 – Розрахунок діаметрів коліс привода

Кількість зубців коліс	Ділильний діаметр $m \cdot z$, мм	Зовнішній діаметр $m \cdot (z+2)$, мм	Внутрішній діаметр $m \cdot (z-2,5)$, мм
$Z_1 = 20$	80	88	70
$Z_2 = 29$	116	124	106
$Z_3 = 31$	124	132	114
$Z_4 = 49$	196	204	186

$Z_5 = 35$	140	148	130
$Z_6 = 45$	180	188	170
$Z_7 = 40$	160	168	150
$Z_8 = 40$	160	168	150
$Z_9 = 45$	180	188	170
$Z_{10} = 35$	140	148	130
$Z_{11} = 31$	124	132	114
$Z_{12} = 49$	196	204	186
$Z_{13} = 49$	196	204	186
$Z_{14} = 31$	124	132	114
$Z_{15} = 31$	124	132	114
$Z_{16} = 49$	196	204	186
$Z_{17} = 49$	196	204	186
$Z_{18} = 31$	124	132	114
$Z_{19} = 31$	124	132	114
$Z_{20} = 49$	196	204	186
$Z_{21} = 49$	196	204	186
$Z_{22} = 31$	124	132	114

3.5 Розрахунок зубів коліс на контактну міцність

Допустимі контактні напруження підраховують за формулою 3.11:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlimb} \cdot K_{HL}}{S_H} \cdot Z_r \cdot Z_v \cdot K_L \cdot K_{XH}, \quad (3.11)$$

де σ_{Hlimb} – межа контактної міцності поверхневих шарів зубів;

для вуглецевих сталей із твердістю поверхонь зубів менше HB 350:

$$\sigma_{Hlimb} = 2HB + 70$$

де K_{HL} – коефіцієнт довговічності, для верстатів дорівнює 1;
 S_H – коефіцієнт безпеки, при однорідній структурі матеріалу 1,1;
 z_r – коефіцієнт шорсткості;
 z_v – коефіцієнт швидкості;
 K_L – коефіцієнт змащування;
 K_{XH} – коефіцієнт розміру коліс.
 З практичних міркувань

$$z_r \cdot z_v \cdot K_L \cdot K_{XH} = 0,9$$

Тоді за формулою 3.11 визначимо допустимі контактні напруження:

$$[\sigma_{H1,2}] = \frac{2 \cdot 230 + 70}{1,1} \cdot 0,9 = 434 \text{ МПа}$$

3.6 Розрахунок зубів зубчастих коліс на згинання

Допустимі контактні напруження на згинання розраховуємо за формулою 3.12:

$$\sigma_{Hlimb} [\sigma_F] = \frac{\sigma_{Flimb} \cdot K_{FL}}{S_F} \cdot K_{FC}, \quad (3.12)$$

де σ_{Flimb} – границя тривалості зуба на згинання,

$$\sigma_{Flimb} = HB + 250 ;$$

K_{FL} – коефіцієнт довговічності, для верстатів $K_{FL} = 1$;

S_F – коефіцієнт безпеки, $S_F = 1,7$;

K_{FC} – коефіцієнт, що враховує одностороннє навантаження $K_{FC} = 1$;

Тоді за формулою 3.12 визначимо допустимі контактні напруження:

$$[\sigma_F] = \frac{230 + 250}{1,7} \cdot 1 = 282 \text{ МПа}$$

Приймаємо значення $[\sigma_F] = 282 \text{ МПа}$

Розрахунок зубів коліс на згинання виконують за формулою 3.13:

$$\sigma_F = 2 \cdot Y_F \cdot Y_E \cdot Y_\beta \cdot \frac{T \cdot K_F}{z \cdot b \cdot m^2} \leq [\sigma_F], \quad (3.13)$$

де Y_F – коефіцієнт, що враховує форму зуба и залежить від еквівалентної кількості зубів, $Y_F = 4,25$;

Y_E – коефіцієнт, що враховує перекриття зубів. Для прямозубих коліс:

$$Y_E = \frac{1}{E} = \frac{1}{\left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2}\right)\right]} = \frac{1}{\left[1,88 - 3,2 \left(\frac{1}{28} + \frac{1}{32}\right)\right]} = 0,55;$$

$Y_\beta = 1$ – для прямозубих коліс;

K_F – коефіцієнт, який складається з таких складових

$$K_F = K_{F\beta} \cdot K_{FV},$$

де $K_{F\beta}$ – коефіцієнт розподілу навантаження по ширині вінця,

$$K_{F\beta} = 1,0;$$

K_{FV} – коефіцієнт, що враховує динамічні навантаження, $K_{FV} = 1,25$

Тоді за формулою 3.13 виконаємо розрахунок зубів на згинання:

$$\sigma_F = 2 \cdot 4,25 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot \frac{89 \cdot 1,25}{28 \cdot 15 \cdot 3^2} = 36 \text{ МПа} \leq 282 \text{ МПа}$$

Конструкцію модернізованої коробки верстата зображено у додатку.

3.7 Висновки за третім розділом

В даному розділі був проведений розрахунок основних вузлів коробки швидкостей верстата 1П365. А саме таких вузлів, як: підшипники, що розміщуються на валах, самі вали, зубчасті колеса.

РОЗДІЛ 4

ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ШПИНДЕЛЯ

4.1 Опис деталі

Шпиндель токарних верстатів - це пустотіла, багатоступінчастий вал, виготовлений з якісної сталі і термічно оброблений.

До даного шпинделя пред'являються такі вимоги: радіальне биття конусного отвору відносно підшипникових шийок не більше 0,005 мм; Радіальне биття центруючого пояса діаметром 125 мм на передньому кінці шпинделя відносно підшипникових шийок не більше 0,005 мм; биття торців відносно підшипникових шийок не більше 0,01 мм

4.2 Опис вузла

Опори шпинделів - підшипники кочення і ковзання, повинні сприймати радіальну і осьову навантаження від сил різання. Особливо точно і надійно виконують передню опору шпинделя, так як вона сприймає основну частку навантаження і передає безпосередньо на оброблювану деталь все похибки свого монтажу. В якості передньої опори шпинделів токарних верстатів часто застосовують дворядний радіальний роликовий підшипник с конічним отвором внутрішнього кільця серії 3182100, який сприймає радіальне навантаження. Цей підшипник має велику працездатність, жорсткість, можливість регулювання радіального зазору, високі швидкохідні характеристики. Для сприйняття осьових навантажень в передній опорі можуть встановлюватися радіально-упорні або упорні підшипники. У задній опорі шпинделів встановлюють різні типи підшипників залежно від конструкції передньої опори.

Вузел токарного верстату який описується в даній роботі це вузел шпинделя верстату. Шпиндель закріплюється в підшипниках кочення кулькових з одного боку та в роликових двухрядних з іншого боку. Роликовій підшипник встановлюється біля фланцю шпинделя на конусній шийці. Для фіксації

шпинделя в осьовому напрямку використовується підшипник кочення кульковий. З обох боків встановлюються ущільнювачі

4.3 Розроблення опису маршрутного технологічного процесу обробки деталі

Технологічний процес механічної обробки шпинделя токарного верстата.

Складаю маршрутну технологію обробки шпинделя:

005 Токарно-гвинторізна

Чорнове точіння всіх ступенів до фланця. Попереднє підрізання торця фланця.

010 Токарно-гвинторізна

Чистове точіння всіх ступенів до фланця з припуском під шліфування. Підрізання канавок.

015 Токарно-гвинторізна

Обточування фланця та конуса, підрізання торців до розміра 26 мм и 15,2 мм, підрізання канавки на торці фланця та зняття фасок.

020 Свердлильна

Свердління отвору $\varnothing 47$ мм з обох боків (зі сторони головної частини та зі сторони фланця на 465 мм.

025 Вертикально-свердлильна

Зенкерування отвору $\varnothing 54,44$ на глибину 190 мм зі сторони головної частини.

030 Токарно-гвинторізна

Підрізання торців, розточування конуса номер 6 під шліфування отвору $\varnothing 54,44$ мм, зняття фаски в отворі, полірування торця з головної сторони шпинделя.

Підрізання торця з іншої сторони шпинделя, розточування конуса номер 6, зняття фаски в отворі та фаски $20 \times 30^\circ$.

035 Радіально-свердлильна

Обробка отворів в фланці шпинделя: свердління 4 отворів $\varnothing 23$ мм, свердління та нарізання двох отворів М20, свердління, розточування та нарізання різі в отворі М8/19 мм. Зняття фасок.

040 Термічна

Закалка конуса під патрон, торця та внутрішнього конуса номер 6. Відпуск після закалки.

045 Круглошліфувальна

Попереднє шліфування всіх ступеней шпинделя на конусних пробках

050 Токарно-гвинторізна

Нарізання різі М68х2 та М100х2.

055 Фрезерна

Фрезерування 12 шліців 90Дх83х4х12

060 Вертикально-фрезерна

Фрезерування шпоночної канавки

065 Круглошліфувальна

Кінцеве шліфування циліндричних шийок.

070 Круглошліфувальна

Попереднє шліфування конуса 1:12 с притримуванням розміра $54,5 \pm 0,34$ мм від торця фланця до перехідної риски.

075 Круглошліфувальна

Кінцеве шліфування конуса 1:12 с притримуванням розміра $49,5 \pm 0,34$ мм від торця фланця до торця кільця підшипника.

080 Внутрішньошліфувальна

Попереднє шліфування конуса Морзе 6 по калібру.

085 Внутрішньошліфувальна

Кінцеве шліфування конуса Морзе 6 по калібру.

090 Круглошліфувальна

Попереднє шліфування конуса $7^{\circ}07'30''$ та торця Б.

095 Круглошліфувальна

Кінцеве шліфування конуса 7°07'30" та торця Б.

100 Слюсарна

Зачистка заходів та виходів фрези на шліцах та заусенців після фрезерування канавки. Протирка отворів.

105 Контрольна

Контроль всіх отриманих розмірів.

4.4 Підбір металорізальних верстатів

005 Токарно-гвинторізна

Токарно-гвинторізний верстат TURNER 360.

010 Токарно-гвинторізна

Токарно-гвинторізний верстат TURNER 360.

015 Токарно-гвинторізна

Токарно-гвинторізний верстат TURNER 360.

020 Свердлильна

Верстат глибокого свердління IMSA B4S.

025 Вертикально-свердлильна

Вертикально-свердлильний верстат 2H135.

030 Токарно-гвинторізна

Токарно-гвинторізний верстат TURNER 360.

035 Радіально-свердлильна

Радіально-свердлильний верстат JET JRD-1600W.

040 Термічна

Електропіч.

045 Круглошліфувальна

Круглошліфувальний верстат 3M152BM.

050 Токарно-гвинторізна

Токарно-гвинторізний верстат TURNER 360.

055 Фрезерна

Горизонтальний шліцефрезерний верстат 5350.

060 Вертикально-фрезерна

Вертикально-свердлильний верстат 6P13.

065 Круглошліфувальна

Круглошліфувальний верстат 3M152BM.

070 Круглошліфувальна

Круглошліфувальний верстат 3M152BM.

075 Круглошліфувальна

Круглошліфувальний верстат 3M152BM.

080 Внутрішньошліфувальна

Верстат для внутрішнього шліфування 3K228A.

085 Внутрішньошліфувальна

Верстат для внутрішнього шліфування 3K228A.

090 Круглошліфувальна

Круглошліфувальний верстат 3M152BM.

095 Круглошліфувальна

Круглошліфувальний верстат 3M152BM.

4.5 Підбір ріжучого інструменту

005 Токарно-гвинторізна

Різець прохідний DCLNR 3225P16 BK8 ГОСТ 3882-74.

Різець канавочний G1011.1616R-4T12GX24

010 Токарно-гвинторізна

Різець прохідний PCLNR1616 H12 T15K6 ГОСТ 3882-74

Різець канавочний G1011.1616R-4T12GX24

015 Токарно-гвинторізна

Різець прохідний PCLNR1616 H12 T15K6 ГОСТ 3882-74

Різець канавочний G1011.1616R-4T12GX24

020 Свердлильна

Розточна оправка В3220.N6.070-090.Z2.CC12 з двома пластинами
CCMT120412-E47 WSM20S. Перехідний адаптер А100М.1.50.020.63.

025 Вертикально-свердлильна

Зенкер спеціальний

030 Токарно-гвинторізна

Різець прохідний PCLNR1616 H12 T15K6 ГОСТ 3882-74

035 Радіально-свердлильна

Свердло Ø23 2301-3642 ГОСТ 10903-77

Свердло Ø18,5 2301-3622 ГОСТ 10903-77

Мітчик 2621-1905 ГОСТ 3266-81

Мітчик 2621-1223 ГОСТ 3266-81

Свердло Ø6,7 2301-3559 ГОСТ 3266-81

045 Круглошліфувальна

Круг шліфувальний 250x20x76 ПП 24А CM5K6 ГОСТ 2424-83.

050 Токарно-гвинторізна

Різець різенарізний 2660-0001 T15K6 ГОСТ 18885- 73

055 Фрезерна

Фреза 2520-0732 ГОСТ 8027-86

060 Вертикально-фрезерна

Фреза дискова 2250-0001 ГОСТ 3964-69

065 Круглошліфувальна

Круг шліфувальний 250x20x76 ПП 24А CM5K6 ГОСТ 2424-83.

070 Круглошліфувальна

Круг шліфувальний 250x20x76 ПП 24А CM5K6 ГОСТ 2424-83.

075 Круглошліфувальна

Круг шліфувальний 250x20x76 ПП 24А CM5K6 ГОСТ 2424-83.

080 Внутрішньошліфувальна

Круг шліфувальний 12 150x8x13 24А CM5K6 ГОСТ 2424-83.

085 Внутрішньошліфувальна

Круг шліфувальний 12 150x8x13 24А СМ5К6 ГОСТ 2424-83.

090 Круглошліфувальна

Круг шліфувальний 250x20x76 ПП 24А СМ5К6 ГОСТ 2424-83.

095 Круглошліфувальна

Круг шліфувальний 250x20x76 ПП 24А СМ5К6 ГОСТ 2424-83.

4.6 Підбір вимірювального інструменту

005 Токарно-гвинторізна

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-125-0,1 ГОСТ 166-89.

010 Токарно-гвинторізна

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-125-0,1 ГОСТ 166-89.

015 Токарно-гвинторізна

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-125-0,1 ГОСТ 166-89.

020 Свердлильна

Нутромір НИ 10-18-4 ГОСТ 868-82.

025 Вертикально-свердлильна

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-125-0,1 ГОСТ 166-89.

030 Токарно-гвинторізна

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-125-0,1 ГОСТ 166-89.

035 Радіально-свердлильна

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Шаблон для контролю різи

045 Круглошліфувальна

Мікрометр МК 75-100 ГОСТ 6507-90.

050 Токарно-гвинторізна

Штангенциркуль ШЦ-ІІ-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Шаблон для контролю різи

055 Фрезерна

Шаблон для контролю шліців
Штангенциркуль ШЦ-П-125-0,1 ГОСТ 166-89.
060 Вертикально-фрезерна
Штангенциркуль ШЦ-П-125-0,1 ГОСТ 166-89.
065 Круглошліфувальна
Мікрометр МК 75-100 ГОСТ 6507-90.
070 Круглошліфувальна
Мікрометр МК 75-100 ГОСТ 6507-90.
075 Круглошліфувальна
Мікрометр МК 75-100 ГОСТ 6507-90.
080 Внутрішньошліфувальна
Нутромір НИ 10-18-4 ГОСТ 868-82.
085 Внутрішньошліфувальна
Нутромір НИ 10-18-4 ГОСТ 868-82.
090 Круглошліфувальна
Мікрометр МК 75-100 ГОСТ 6507-90.
095 Круглошліфувальна
Мікрометр МК 75-100 ГОСТ 6507-90.

4.7 Обладнання

005 Токарно-гвинторізна
Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному та люнеті.
010 Токарно-гвинторізна
Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному та люнеті.
015 Токарно-гвинторізна
Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному та люнеті.
020 Свердлильна
Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному та люнеті.
025 Вертикально-свердлильна

Закріплення деталі у призмах.

030 Токарно-гвинторізна

Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному та люнеті.

035 Радіально-свердлильна

Закріплення деталі у пристрої спеціальному.

045 Круглошліфувальна

Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному, центрі.

050 Токарно-гвинторізна

Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному, центрі.

055 Фрезерна

Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному, центрі.

060 Вертикально-фрезерна

Закріплення деталі у призмах.

065 Круглошліфувальна

Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному, центрі.

070 Круглошліфувальна

Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному, центрі.

075 Круглошліфувальна

Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному, центрі.

080 Внутрішньошліфувальна

Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному, та люнеті.

085 Внутрішньошліфувальна

Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному, та люнеті.

090 Круглошліфувальна

Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному, центрі.

095 Круглошліфувальна

Закріплення деталі у токарному патроні спеціальному, центрі.

4.8 Розробка операційного технологічного процесу обробки деталі

Даний пункт роботи пропонується виконувати для двох різноманітних операцій з операційними ескізами, підбором різального та вимірювального інструментів, а також режимів різання.

Розглянемо операцію 005 – Токарно-гвинторізна.

Дана операція виконується на токарно-гвинторізному верстаті моделі TURNER 360. Його технічні характеристики повністю задовольняють умовам обробки нашої деталі, а саме габаритним розмірам та масі.

Чорнове точіння всіх ступенів до фланця. Попереднє підрізання торця фланця.

Закріплення деталі у спеціальному патроні трикулачковому. Операційний ескіз зі схемою базування приведено на рис. 5.1.

Різальний інструмент на операції:

- різець прохідний DCLNR 3225P16 BK8 ГОСТ 3882-74.

- різець канавочний G1011.1616R-4T12GX24.

Обладнання: токарний патрон спеціальний.

Для контролю розмірів на операції достатньо застосувати штангенциркуль ШЦ I - 125-0,1 ГОСТ 166-89.

Режими різання на операції:

- для прохідного різця: глибина різання $t=1,5$ мм, подача $S=0,2$ мм/об, швидкість різання $V=123$ м/хв, частота обертання шпинделя при цьому складе 800 об/хв, що відповідає паспорту верстата; кількість проходів 2.

- для канавочного різця: глибина різання $t=3$ мм, подача $S=0,2$ мм/об, швидкість різання $V=90$ м/хв, частота обертання шпинделя при цьому складе 2000 об/хв, що відповідає паспорту верстата; кількість проходів 1.

Розглянемо операцію 045 – Круглошліфувальна.

Дана операція виконується на круглошліфувальному верстаті моделі 3M152BM. Його технічні характеристики повністю задовольняють умовам

обробки нашої деталі, а саме габаритним розмірам та масі.

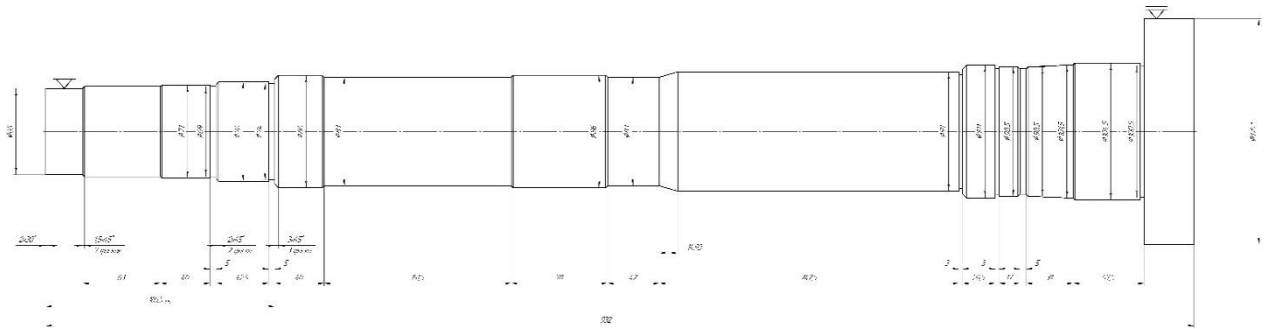


Рисунок 4.10 – Операційний ескіз 010 операції

На даній операція проводиться шліфування всіх ступенів шпинделя. Шорсткість оброблених поверхонь Ra 1,6.

Деталь закріплюється у токарному патроні спеціальному та центрі А-1-1-У ГОСТ 8742 -75. Обробка виконується за 1 установ. Операційний ескіз зі схемою базування приведено на рис. 3.3.

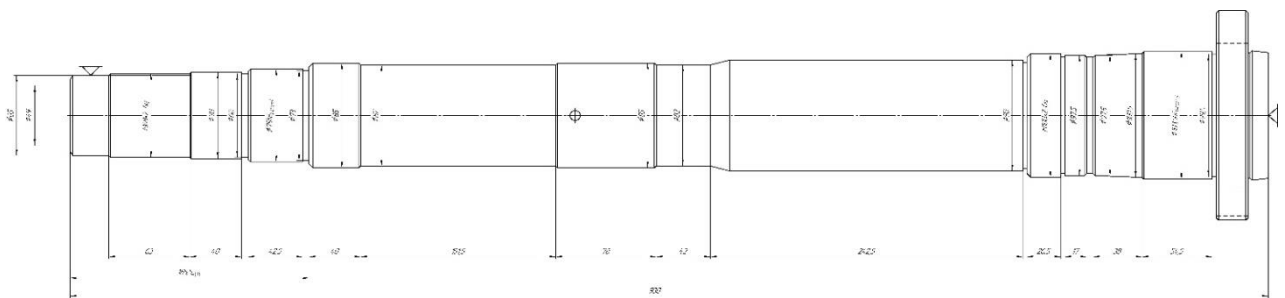


Рисунок 4.11 – Операційний ескіз 035 операції

Різальний інструмент на операції: круг шліфувальний 250x20x76 ПП 25А СМ5К6 ГОСТ 2424-83.

Для контролю розмірів на операції достатньо застосувати мікрометр МК 25-50 ГОСТ 6507-90.

Режими різання на операції: швидкість різання $V = 30$ м/с, частота обертання інструмента $n_i = 38$ об/хв, частота обертання заготовки $n_{заг} = 25$ об/хв, Поперечна подача $S_{поп} = 0,001$ мм/подв.хід, поздовжня подача $S_{позд} = 0,3$ м/хв, глибина різання $t = 0,03$ мм.

4.9 Висновки за четвертим розділом

В даному розділі був розроблений технологічний процес виготовлення шпинделя токарного верстата. Також був розроблений операційний технологічний процес обробки деталі. Були розглянуті операції 005 – токарно-гвинторізна та 045 – кругло-шліфувальна.

РОЗДІЛ 5

ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ

5.1 Обґрунтування необхідності створення верстатного пристрою

Задачею роботи є проектування пристосування на чорнову токарну операцію на якій відбувається попередня (чорнова) обробка заготовки.

В базовому технологічному процесі заготовка оброблювалася, на універсальному токарно-гвинторізному обладнанні. Базувалася заготовка в трикулачковому самоцентруючому патроні з під жаттям заднім центром.

Розглядаючи проєктований технологічний процес можемо сказати що операція буде замінена з універсальної на токарну з ЧПК та верстатними пристроєм з пневмоприводом – повідковим патроном. Дане, обладнання має систему ЧПК, що дозволить з точністю його позиціювання виконати обробку поверхонь. Використання спеціальних верстатних пристроїв допоможе скоротити час на установку, базування та закріплення заготовки, знизити розряд оператора верстата, що значно зменше допоміжний час, та як результат безпосередньо буде зменшена собівартість деталі. Також необхідно відмітити що використання спеціального верстатного пристрою допоможе збільшити точність стабільність параметрів отриманих на операції (точність форми та розміщення, шорсткість).

Система координат верстата буде відповідати системі обладнання з ЧПК, вісь Z якого напрямлена горизонтально, вздовж вісі заготовки.

5.2 Уточнення цілі технологічної операції

5.2.1 Точність розмірів

На операції виконується обробка циліндричних поверхонь та торців.

Розглядаючи креслення деталі можемо зробити висновок, що оброблювальні поверхні є проміжковими під термічну обробку

(технологічними) та до них не пред'явлені жорсткі вимоги по точності та якості.

На операції виконуються наступні поверхні з такою точністю:

- 94,3 мм $T = 0,35$ мм, $ES = +0,35$ мм та $EI = 0$ мм згідно з ГОСТ 25347-82 - 12 квалітет точності;
- 18 допуск складає $T = 0,18$ мм, $es = 0$ мм та $ei = -0,18$ мм згідно з ГОСТ 25347-82 - 12 квалітет точності;
- $\varnothing 25$ допуск складає $T = 0,21$ мм, $es = 0$ мм та $ei = -0,21$ мм згідно з ГОСТ 25347-82 - 12 квалітет точності;
- $\varnothing 35,5$ допуск складає $T = 0,21$ мм, $es = 0$ мм та $ei = -0,21$ мм згідно з ГОСТ 25347-82 - 12 квалітет точності;

5.2.2 Точність форми

Конструктором не відзначено точність форми отриманих поверхонь, тому назначаємо його відповідно з нормальною відносною геометричною точністю – А, згідно з ГОСТ 24643-81 (60%, або 30% для допуску циліндричності, круглості та профілю повздожнього січення, від допуску на розмір).

Проаналізуємо одну циліндричну та одну плоску поверхні з найменшими розмірами так як при однаковому допуску вони матимуть менше значення, тобто будуть точніше – це поверхні $\varnothing 25(-0,21)$ та торець виконаний в розмір $18(-0,18)$

Відповідно назначимо в відсотковій частині від допуску на розмір такі відхилення.

Допуск площинності торцю складатиме 60% від допуску для розміру 18мм, $T=0,18 \cdot 0,6=0,108$ мм, приймаємо 100 мкм - 13 степінь точності згідно з ГОСТ 24643-81.

Розглянемо допуск циліндричності та профілю повздожнього січення, котрі будуть знаходитись як 30% від допуску розміру $\varnothing 25$ мм, $T=0,3 \cdot 0,21=0,063$ мм, приймаємо 60 мкм - 11 степінь точності згідно з ГОСТ 24643-81.

Відхилення від циліндричності можуть бути: огранка, еліптичність, рисунок 5.1. Відхилення від профілю прокольного перерізу можуть бути: бочко, конус, сідло – подібність, рисунок 5.1.

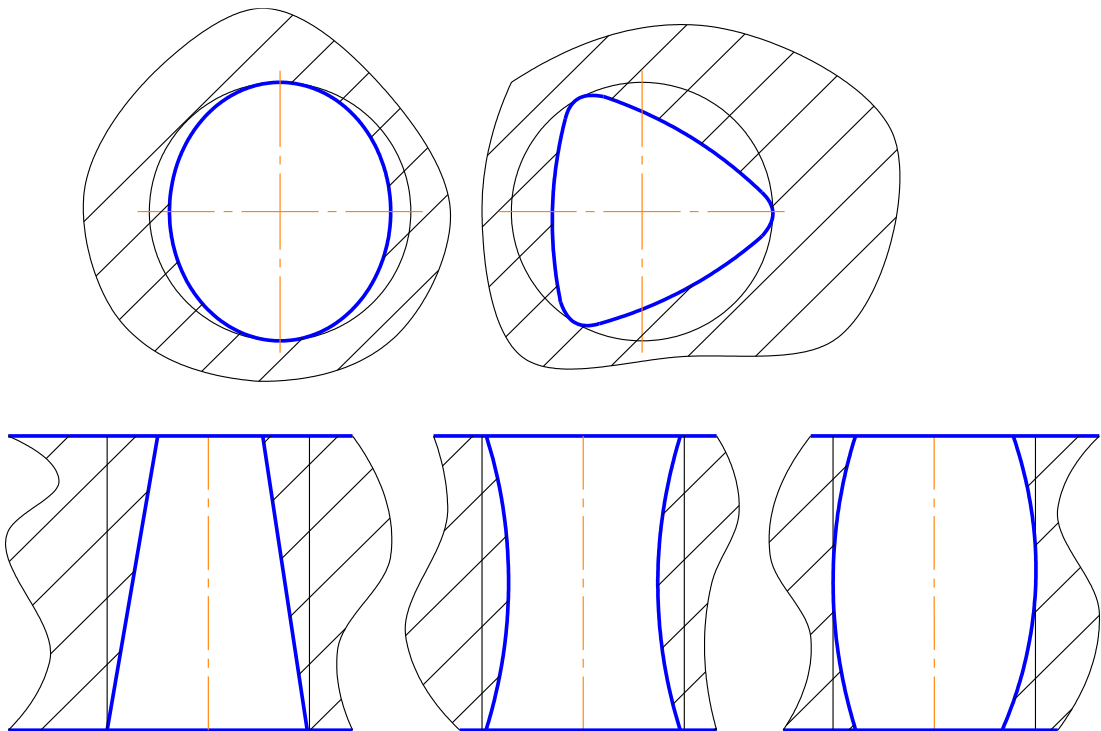


Рисунок 5.1 – Відхиленні циліндричних поверхонь від циліндричності та профілю прокольного перерізу

5.2.3 Шорсткість оброблюваних поверхонь

Шорсткість оброблюваних поверхонь складає $R_a = 3,2$ мм, так як поверхні виконуються під ультразвуковий контроль.

5.3 Виявлення кількісних та якісних даних про заготовку

Заготовку котру отримують – це штамповка. Для даної операції заготовка на токарному обладнанні пройшла обробку баз – підрізались торці в розмір 202 мм, зацентрувались А2 та проточилась шийка $\varnothing 63$.

Для базування доцільно приймати базові начисто оброблені поверхні, котрі розвинуті та відкриті, що дозволить полегшити проектування та виготовлення пристосування.

Тому, для даного випадку приймаємо механічно оброблені поверхні – чорнові бази – центрові отвори А2 та торець.

5.3.1 Точність розмірів

В якості базових поверхонь виступають поверхні прокату:

- центрові отвори А2 ГОСТ 14034-74, розміри $8^{+0,36}$, $\varnothing 2^{+0,1}$, що виконані по 14 квалітету згідно ГОСТ 25347-82.

- торець виконаний в розмір 202 мм, допуск складає $T=0,46$ мм, $es=0$, $ei=-0,46$ мм – 12 квалітет точності.

5.3.2 Точність форми

Допуск форми конічної поверхні, конструктором не оговорений, відповідно назначаємо його у відсотковому відношенні від допуску на розмір.

Допуск профілю повздовжнього січення.

Даний допуск складе 30% від допуску на розмір $2^{+0,1}$ мм, $T=0,3 \cdot 0,1=0,03$ мм, що відповідає 9 ступеню точності.

Відхилення профілю повздовжнього січення можуть відобразитись такими формами (ввігнутість, випуклість), рисунок 5.2.

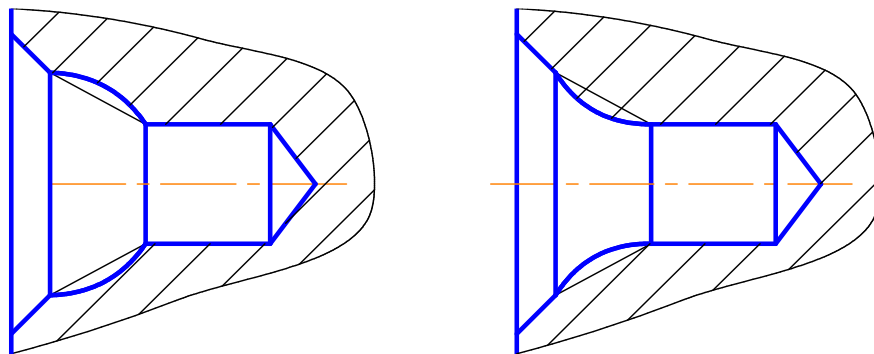


Рисунок 5.2 – Відхилення профілю продольного січення конічної поверхні центрального отвору

Допуск плоскості тоцю складатиме 60% від допуску для розміру 202мм, $T=0,46 \cdot 0,6=0,276$ мм, приймаємо 200 мкм - 12 степінь точності згідно з

ГОСТ 24643-81

5.3.3 Точність розміщення

Розглянемо допуск торцевого биття котрий складатиме 60% від допуску на розмір 202 мм, $T = 0,6 \cdot 0,46 = 0,276$ мм, приймаємо 200 мкм – 11 степінь точності.

Розглянемо допуск радіального биття котрий складатиме 60% від допуску на розмір $\varnothing 2$ мм, $T = 0,6 \cdot 0,1 = 0,06$ мм, приймаємо 50мкм – 10 степінь точності.

5.4 Визначення умов в котрих буде виготовлятися та використовуватися проектований пристрій

Пристрій повинен виконати понад 5000 циклів.

Пристрій буде використовуватися на токарно-револьверному верстаті моделі 1341.

Верстат має систему охолодження. Стружка видаляється з зони різання, стола верстата при виключеному обладнанні. Верстатний пристрій повинен обслуговуватися оператором 3-4-го розряду. Захисний кожух не дозволить в процесі обробки розлітатися стружці та охолоджуючій рідині.

Робоча температура навколишнього середовища $t = 20^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$, відносна вологість повітря 80%, атмосферний тиск $P_{\text{ат}} = 86 \dots 106 \text{кПа}$, швидкість руху повітря – 0,5 м/с, частота вібрації, виниклих в результаті роботи обладнання в цеху $f = 20 \div 30$ Гц, освітлення приміщення (місцеве освітлення) 1500 Люкс.

5.5 Складання переліку виконуваних функцій

Даний перелік функцій дозволяє попередня ознайомитись з об'ємом робіт по використанню пристосування, та зробити аналіз функцій.

0 – Переміщення та попередня орієнтація пристосування.

1 – Базування заготовки.

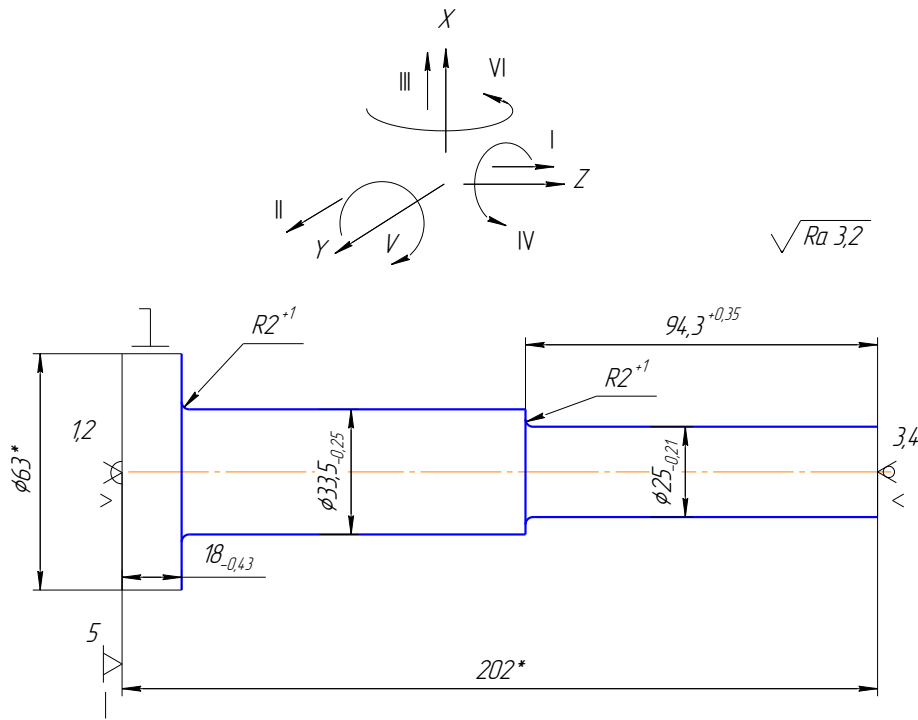
- 2 – Закріплення заготовки.
- 3 – Базування пристосування на верстаті.
- 4 – Закріплення пристосування на верстаті.
- 5 – Підвід та відвід енергоносіїв.
- 6 – Утворення сили для закріплення.
- 7 – Управління енергоносіями.
- 8 – обробка заготовки.
- 9 – Досягнення безпечних умов праці.
- 10 – Об'єднання функціональних вузлів.

Виходячи з умов реалізації цих функцій та вимог до результатів їх реалізації, конструктор шукає прототипів з накопленого запасу різноманітних технічних рішень. Перевагу потрібно віддавати вже перевіреним конструкціям, та бажано в основу конструкції вкладати здешевлення. Розробка спеціальних конструкцій вузлів потребує спеціального обґрунтування.

5.6 Розробка та обґрунтування схеми базування

На операції відбувається обробка під ультразвуковий контроль з наступною термічною обробкою.

Розглянемо базування заготовки в центрах, один з яких плаваючий, а другий обертовий. При даній схемі базування можна говорити про подвійно-напряму та опорну бази, заготовка полишається п'яти ступенів вільності, вакантним залишається один зв'язок – обертання навколо вісі, рисунок 5.3.



* Розміри для довідок

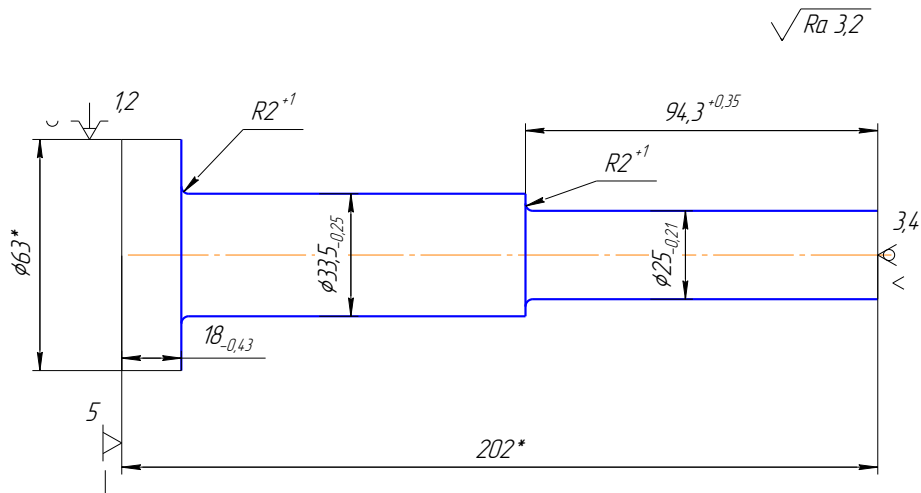
Рисунок 5.3 – Базування в патроні

При базуванні в центрах похибка базування на діаметральні розміри буде дорівнювати нулю так як відбудеться центрування $E_{\sigma}=0$.

Похибка базування на лінійного розміру 18 мм буде дорівнювати нулю так як співпадуть вимірювальна та технологічна бази – лівий установчий торець.

Похибка базування для розміру 94,3 мм буде дорівнювати допуску на розмір 202 та складе $E_{\sigma}=T_{202}=0,3$ мм, що менше допуску на виконувани розміри, $E_{\sigma}=0,35 < T_{202}=0,3$ мм

Розглянемо базування заготовки в трьохкулачковому патроні з під жимом задньою бабкою, рисунок 5.4. По базуванню та похибкам базування дана схема абсолютно рівноцінні попередній, але перша схема задовольняє вимоги креслення в більшій мірі, так як закріплення відбувається в центрах та на чорнових та чистових операціях виконується принцип постійності баз – обробка в центрах, тому приймаємо першу схему.



* Розміри для довідок

Рисунок 5.4 – Альтернативна схема базування в патроні

Складаємо таблицю відповідності 5.1 та матрицю зв'язків 5.2.

Таблиця 5.1 - Таблиця відповідності

Зв'язки	Ступені вільності	Назви баз
1, 2, 3,4	II, III, V, VI	Подвійно напрямна база
5	I	Опорна база
6	IV	Вакансія

Таблиця 5.2 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Назви баз
l	1	1	0	Подвійно-напрямна база
α	1	1	0	
l	0	0	1	Опорна база
α	0	0	0	
l	0	0	0	Вакансія
α	0	0	1	

5.7 Побудова функціональної структури верстатного пристрою

З тих функцій які були представлені вище потрібно виділити ті, які будуть реалізовані саме при використанні даного верстатного пристрою, а саме: 0,1,2,5,6,7,10. Третя та четверта функції впливають на підготовчий час, дев'ята та одинадцята впливають на штучний час операції.

Складемо структуру функцій з урахуванням послідовності їх реалізації (рисунок 5.5).

Номера функцій на схемі які не мають штриха відповідають прямій функції (закріплення деталі в пристрої), ті які мають штрих відповідають зворотній функції (розкріплення).

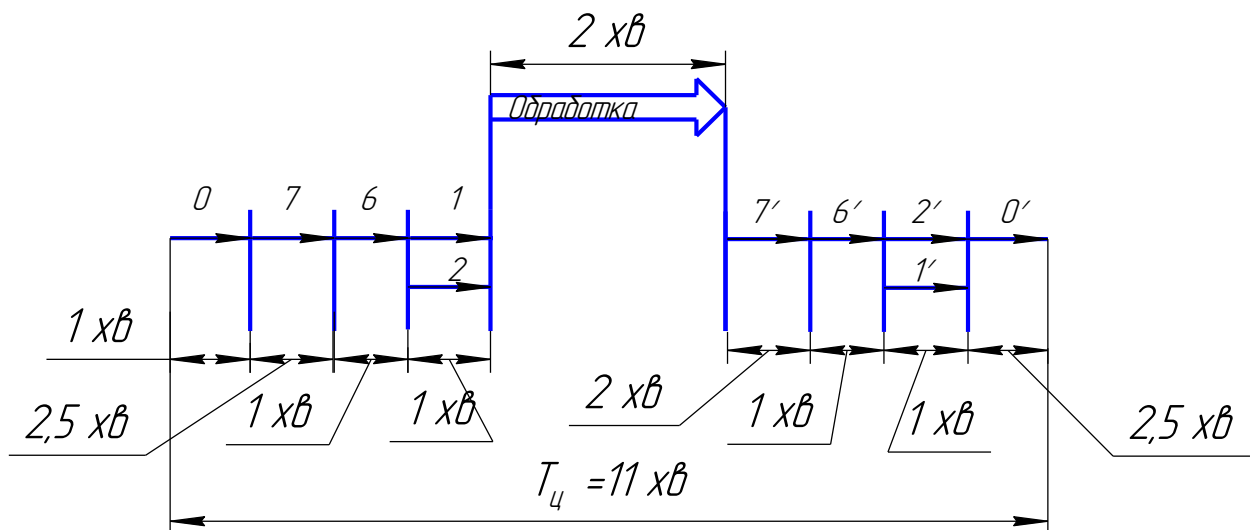


Рисунок 5.5 – Схема послідовної реалізації функції

Як зазначено вище номер функції яка не має штриха позначає пряму функцію, таку як, «закріпити», з штрихом – зворотню, таку як, «розкріпити». Через те що при послідовній структурі реалізації потоку роботи пристрою тривалість операції дуже велика побудуємо функціональну структуру яка зменшить час використання даного спеціального пристрою (рис. 5.6).

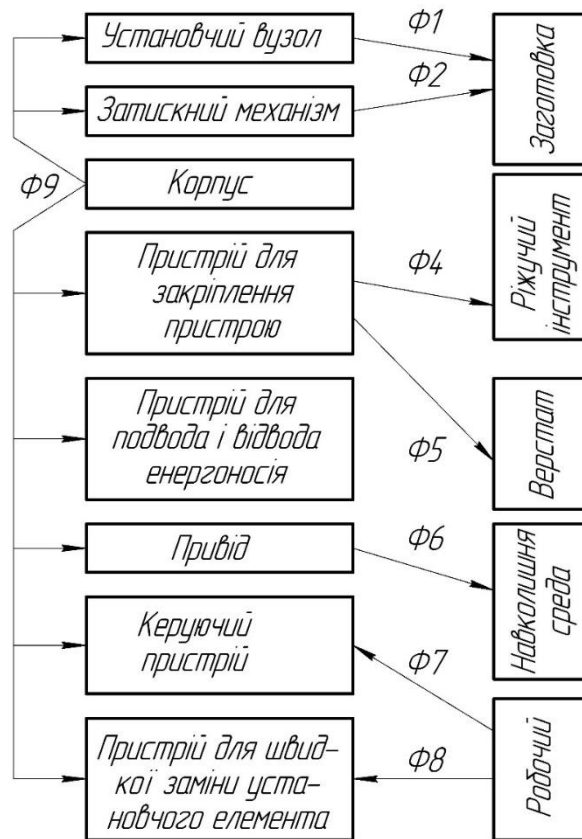


Рисунок 5.6 – Функціональна структура спеціального пристрою

5.8 Розробка та обґрунтування схеми закріплення

5.8.1 Аналіз структури полів збурюючих сил

Для знаходження поля утворюючих сил, збудуємо графічну модель даних сил, рисунок 5.7.

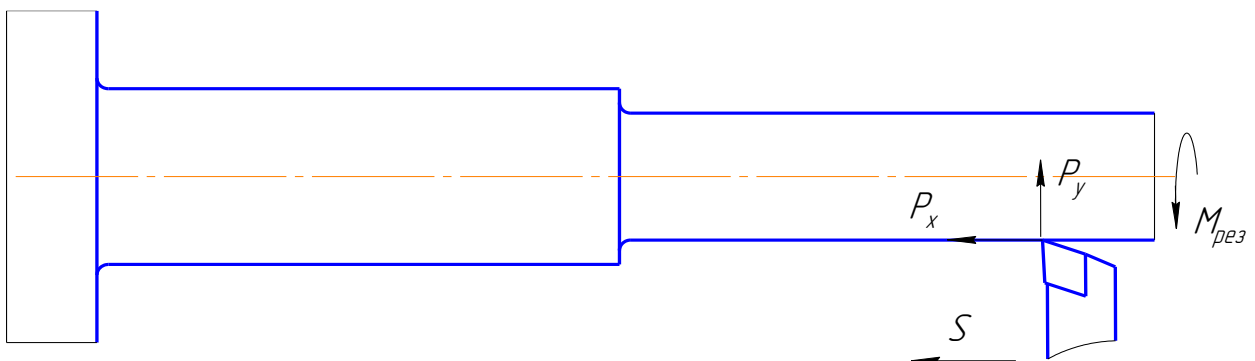


Рисунок 5.7 – Структура поля збурюючих сил

Складаємо таблицю Односторонніх зв'язків 5.3.

Таблиця 5.3 – Односторонніх зв'язків

Індекс зв'язку		x	x'	y	y'	z	z'	ω_x	ω_x^1	ω_y	ω_y^1	ω_z	
Спосіб реалізації	Реакція		R	R	R		R			R	R	R	R
	Сили закріплення		W	W	W		W			W	W	W	W
	Сили тертя	F(W)						F(W)	F(W)				

5.8.2 Розрахунок сил закріплення

Розрахуємо аналітичним підрізання торцю $\varnothing 63$ мм.

Вихідні дані: оброблюваний матеріал – сталь 40X з межею міцності $\sigma_B=785$ МПа, заготовки – прокат, обробка різцем з пластинкою Т5К10. Модель верстата 16Б16Т1, вимірювальний інструмент – штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1, ГОСТ 166-89.

Глибина різання дорівнює:

$$t = 1,5 \text{ мм},$$

Подача складатиме $S = 0,3$ мм/об (з урахуванням поправочних коефіцієнтів)

$K_{Sd} = 0,9$ – перетин державки;

$K_{SN} = 1,0$ – міцність різальної частини;

$K_{SM} = 0,8$ – механічні властивості оброблюваного матеріалу;

$K_{SY} = 0,9$ – схема установки;

$K_{SP} = 1,0$ – стан поверхні;

$K_{S\phi} = 1,0$ – геометрія різця.

$S = S_{\text{доп}} \cdot K_{Sd} \cdot K_{SN} \cdot K_{SM} \cdot K_{SY} \cdot K_{SP} \cdot K_{S\phi} = 0,6 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,32$ мм/об, коректуємо згідно з паспортом верстата 0,3 мм/об.

Стійкість ріжучого інструменту $T = 25$ хв.

Знаходимо швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} K_v,$$

де $C_v = 350$, $x = 0,15$, $y = 0,35$, $m = 0,2$ – коефіцієнти та показники в формулі швидкості різання;

K_v – поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання та знаходиться за формулою:

$$K_v = K^{mv} K^{pv} K^{sv},$$

де K^{mv} – поправочний коефіцієнт, враховуючий вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріала;

$K^{pv} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий поверхню заготовки;

$K^{sv} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал.

Коефіцієнт K^{mv} розраховується за формулою:

$$K_{mv} = K^r (750/\sigma_B)^{n_v},$$

де $K^r = 1,0$ – коефіцієнт, враховуючий групу сталі;

$n_v = 1,0$ – показник степені.

Тоді:

$$K_{mv} = 1,0 \cdot (750/785)^{1,0} = 0,95;$$

$$K_v = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,95 = 0,95.$$

З урахуванням показників знаходимо швидкість різання:

$$V = \frac{350}{25^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 0,95 = 95,3 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо частоту обертання шпинделя по формулі:

$$n_{ш} = \frac{1000V}{\pi \cdot D} ;$$

$$n = \frac{1000 \cdot 95,3}{3,14 \cdot 60} = 505,8 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо значення обертання шпинделя згідно з паспорту $n_{пр}=500$ об/хв.

З урахуванням прийнятого значення розраховуємо фактичну швидкість різання по формулі:

$$V_{ф} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} ;$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 500}{1000} = 94,2 \text{ м/хв.}$$

Знаходимо силу різання за формулою:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p$$

Де $C_p = 384$, $x = 0,9$, $y = 0,9$, $n = -0,15$ - значення коефіцієнтів та показників в формулі сили різання при точінні;

$K_p=1$ - коефіцієнт враховуючий фактичні умови обробки,

$$P_z = 10 \cdot 384 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,3^{0,9} \cdot 94,2^{-0,15} \cdot 1,0 = 946 \text{ Н.}$$

$$M_{кр} = \frac{P_z D}{2 \cdot 100},$$

де $D = 63 \text{ мм}$ – оброблюваний діаметр.

Тоді:

$$M_{кр} = \frac{946 \cdot 63}{2 \cdot 100} = 298 \text{ Нм.}$$

Необхідне зусилля при умові не провороту заготовки знайдемо:

$$W = \frac{1,33 K L R_{рез}}{f D}$$

Де W – сила затискання;

$D = 0,063 \text{ м}$ – діаметр закріплення заготовки;

$L = 0,202$ виліт заготовки;

$K = 2,7$ – коефіцієнт запасу, залежить від умов обробки.

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6,$$

де $K_0 = 1,2$ — гарантований коефіцієнт запасу, для всіх випадків;

$K_1 = 1,2$ — коефіцієнт залежний від поверхні (оброблена не оброблена);

$K_2 = 1,1$ — коефіцієнт враховуючий збільшення сил різання при зносі різального інструменту;

$K_3 = 1$ — коефіцієнт враховуючий сили різання при обробці поверхонь які мають вікна;

$K_4 = 1,4$ — коефіцієнт враховуючий постійність сил різання (від

приводу);

$K_5 = 1,2$ — коефіцієнт враховуючий сили які намагаються повернути заготовку;

$K_6 = 1$ — коефіцієнт враховуючий ергономіку пристрою[4];

тоді, $K = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1 = 2,66$, приймаємо 2,7;

$f_1 = 0,2$ — коефіцієнт тертя між заготовкою та установчою поверхнею;

Знайдемо силу, яку необхідно прикласти до заготовки:

$$W = \frac{1,33 \cdot 2,7 \cdot 0,202 \cdot 946}{0,063 \cdot 0,2} = 5446 \text{ Н.}$$

Так як в конструкції патрона є три кулака та коромисло плечі якого складають $100/50=2$ то силу закріплення на штоці необхідно зменшити в $2 \cdot 3=6$ разів з урахуванням ККД патрона (сили тертя механізму переміщення кулачків, $\eta=0,9$), тобто $\frac{5446}{2 \cdot 3 \cdot 0,9} = 1008 \text{ Н.}$

5.8.3 Розрахунок на міцність

Розрахуємо на міцність при розтягуванні болт пристосування. Матеріал штоку – сталь 40. Для того, щоб при загрузці різь штоку не зірвалась, необхідно щоб виконувались наступні умови:

$$\sigma_p \leq [\sigma]_p,$$

$$[\sigma]_p = 0,6 \cdot \sigma_T,$$

де $\sigma_T = 300 \text{ МПа}$ – границя текучості сталі 40;

$$[\sigma]_p = 0,6 \cdot 300 = 180 \text{ (МПа)};$$

$$\sigma_{\delta} = \frac{4F}{\pi d^2},$$

де $d = 16$ мм – діаметр штока;

F – максимальна осьова сила, яка діє на розтягування штоку, Н.

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 270}{3,14 \cdot 16^2} = 1,3 \text{ МПа}$$

Умова виконується ($1,3 \text{ МПа} < 180 \text{ МПа}$), тобто різь штока може витримувати дане зусилля.

5.9 Обґрунтування вибору привода

Для розкріплення достатньо ходу штока 15-20 мм, у зв'язку з чим раціонально примінити тарільчатую резино-тканинову пневмокамеру дво-сторонньої дії, діаметр діафрагми розраховується за формулою:

$$Q = \frac{0.75\pi}{16} [(D+d)^2 + d_1^2] p,$$

Звідки:

$$D+d = \sqrt{\frac{16Q}{0.75\pi p} - d_1^2}$$

де $Q = 1008$ Н – вихідне зусилля пневмокамери;

$d = 1,8$ см – діаметр штока

$p = 0,4$ МПа – тиск повітря в системі.

$$D+d = \sqrt{\frac{16 \cdot 1008}{0.75 \cdot 3.14 \cdot 0.4}} + 1,8^2 = 130 \text{ см},$$

Приймаємо $D = 125$ мм, $d = 80$ мм, тоді дійсне зусилля на штоці буде дорівнювати:

$$Q = \frac{0.75 \cdot 3.14 \cdot 0.4}{16} (125 + 80)^2 = 2474 \text{ м.}$$

Приймаємо $Q = 2400 \text{ Н.}$

5.10 Розрахунок точності пристрою

Від точності пристосування, безпосередньо биття його установчих поверхонь, буде залежати отримання необхідної точності оброблюваних поверхонь, розглянемо допуск радіального биття, котрий складає 100 мкм (знайдений раніше):

$$E_{np} \leq T - K_T \sqrt{(K_{T1} \cdot E_6)^2 + E_3^2 + E_y^2 + E_{II}^2 + E_{IS}^2 + (K_{T2} \cdot \omega)^2 + E_{поз}^2},$$

де $K_T = 1,2$ – коефіцієнт, враховуючий можливий відступ від нормального розподілення окремих показників;

$K_{T1} = 0,80$ - коефіцієнт, враховуючий можливий відступ від нормального розподілення допусків базових поверхонь;

$E_6 = 0$ мкм – похибка базування, знайдена раніше в пункті 6;

$E_3 = 0$ мкм – похибка закріплення, в центрах [3. с.162];

$E_y = 0$ мкм – похибка установки пристрою на верстаті, токарний патрон базується по конічній поверхні [3. с.162];

$E_{II} = 0$ мкм – похибка перекосу інструмента [3. с.162];

$E_{II} = 2$ мкм – похибка виникаюча внаслідок зносу установчих поверхонь:

$$E_{II} = \beta \cdot N = 0,002 \cdot 2000 = 4 \text{ мкм;}$$

$K_{T2} = 0,6$ – коефіцієнт враховуючий ймовірність з'явлення похибки обробки [3. с.162];

$\omega = 60$ мкм – середня економічна точність обробки [6, с. 150];

$E_{поз} = 0$ мкм - похибка позиціонування інструмента [3. с.162].

Тоді похибка пристосування складе:

$$E_{\text{пр}} = 100 - 1,2 \sqrt{(0 \cdot 0,8)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 2^2 + (0,6 \cdot 60)^2 + 0^2} = 56 \text{ мкм.}$$

З урахуванням отриманих даних приймаємо допуск биття установчих поверхонь патрону $T = 0,03$ мм. Похибка в даному діапазоні виникає як наслідок окремих похибок елементів пристрою.

5.11 Опис пристрою та принцип його роботи

Патрон установлюється на шпинделі токарного верстата, базуючись по конічній поверхні та закріплюється за допомогою болтів 18.

Патрон має кулачки 4, які закріплені за допомогою гвинтів 18.

Заготовку-вал установлюють в центр 25 та піджимають заднім центром до упору в торець патрона (втулку 13). Закріплення заготовки відбувається подачею робочого повітря в праву порожнину пневмокамери через пневморозподільник 3, при цьому шток 12 рухається вліво разом зі муфтою 5, а зусилля передається через складові патрона (муфта 5 передає на ричаги 7 патрона, котрі рухають кулаки 4) до контакту з заготовкою, її затисненням. Після закріплення оброблюється заготовка.

Для розкріплення заготовки скидається повітря та подається в протилежну порожнину пневмокамери, відбувається розкріплення заготовки та її заміна на наступну.

5.12 Висновки за п'ятим розділом

В даному розділі був розроблений верстатний пристрій, а саме трикулачковий патрон з пневмозажимом для верстата моделі 1341. Даний верстатний пристрій дозволяє закріплювати деталі більш швидко ніж звичайний патрон.

РОЗДІЛ 6

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЮ СПЕЦІАЛЬНОГО

6.1 Створення 3-D моделі пристрою спеціального

3-D модель була побудована на основі даних, отриманих з технічних характеристик верстата. Побудова 3-D моделі була проведена з максимальною можливою деталізацією. Модель показана на рисунках 6.1 та 6.2

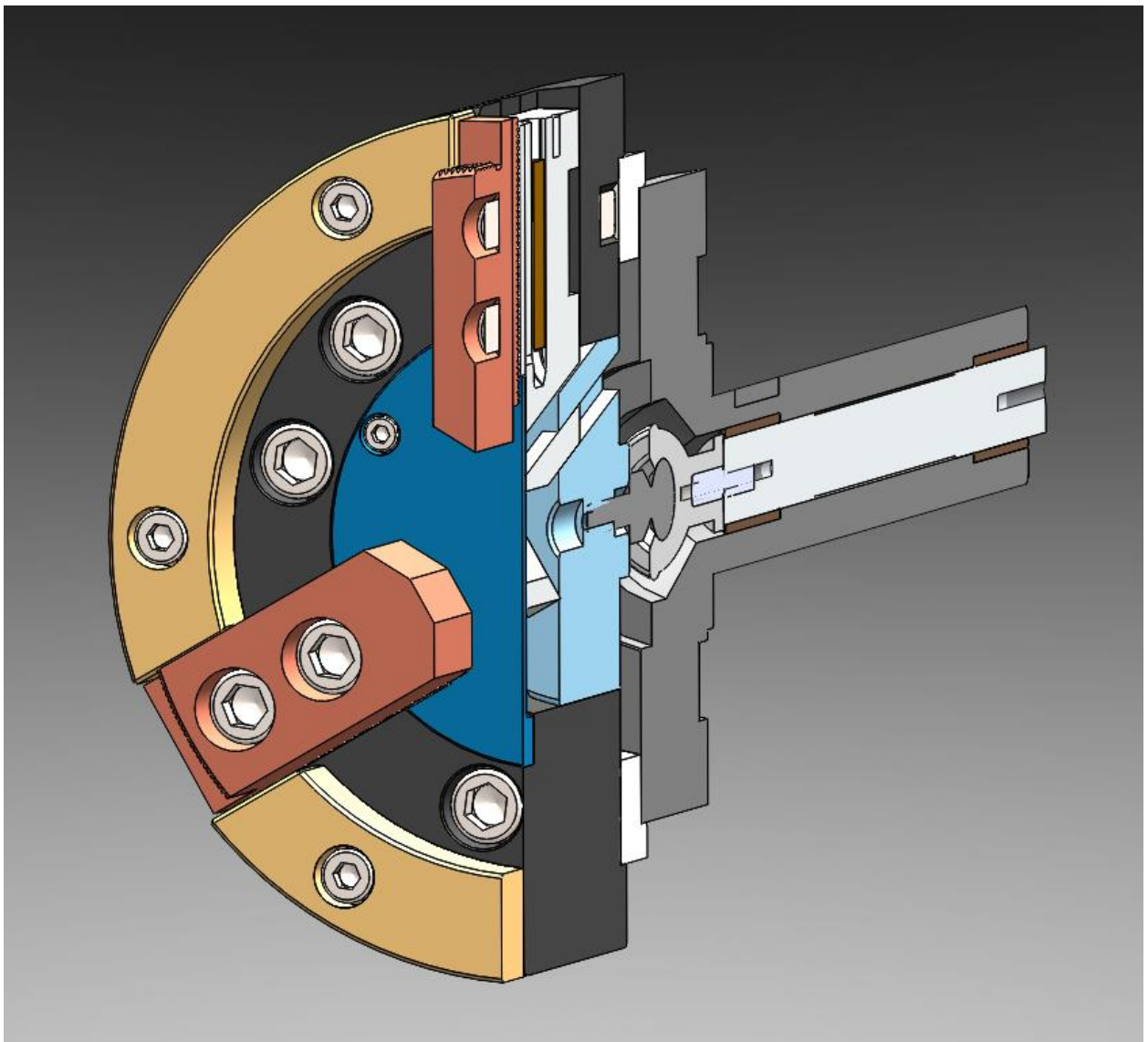


Рисунок 6.1 – 3-D модель пристрою спеціального в розрізі

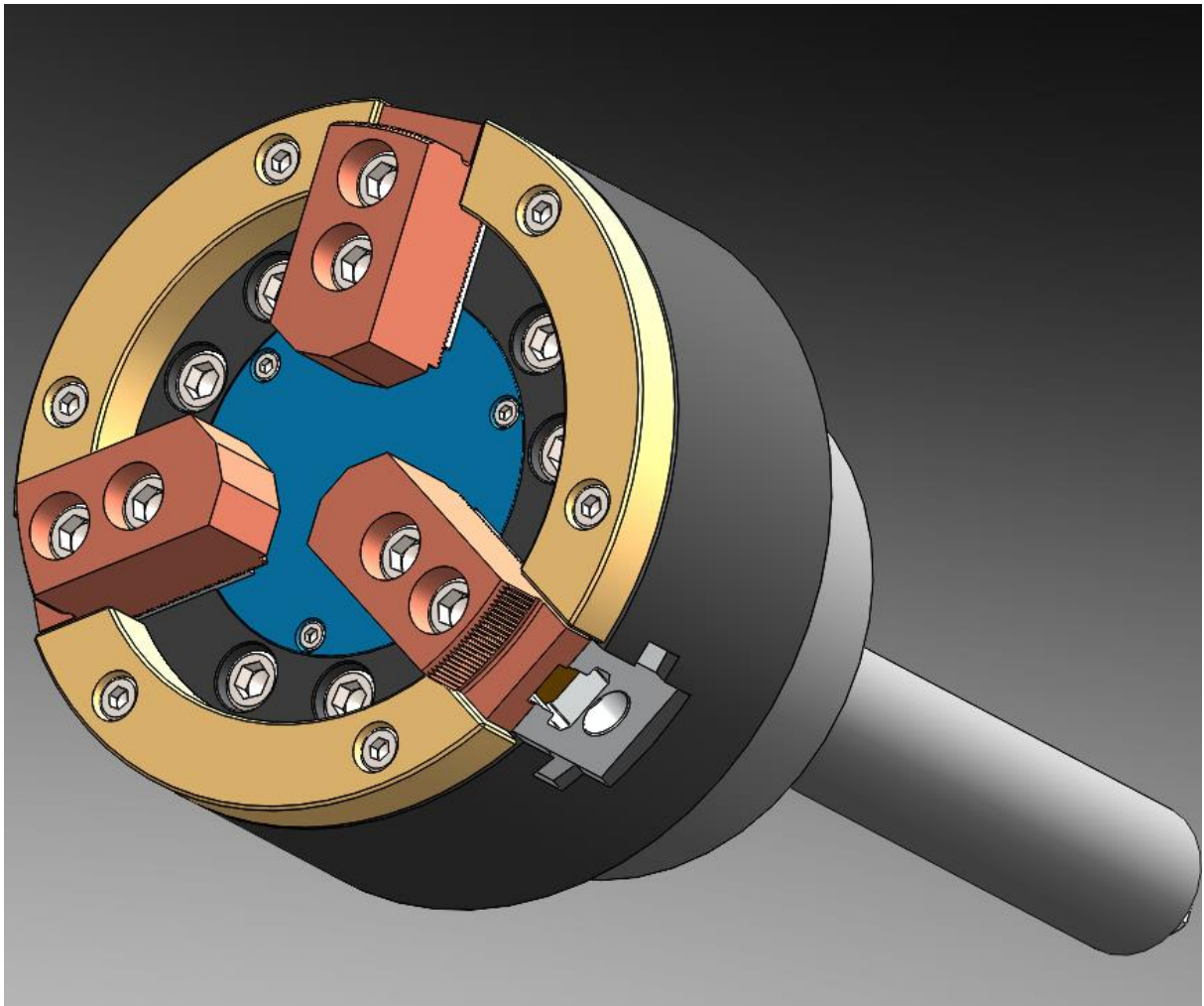


Рисунок 6.2 – 3-D модель пристрою спеціального

Для розрахунку жорсткості даного пристрою дану модель потрібно максимально спростити. Таке рішення прийнято для того щоб збільшити швидкість розрахунку та зробити розрахунок більш простим. Були видалені всі гвинти, заокруглення, отвори кріплення, майже всі складні форми, що не використовуються для закріплення елементів конструкції пристрою. Були залишені всі деталі які значно впливають на жорсткість конструкції.

3-D модель спрощеної версії пристрою спеціального показана на рис. 6.3.

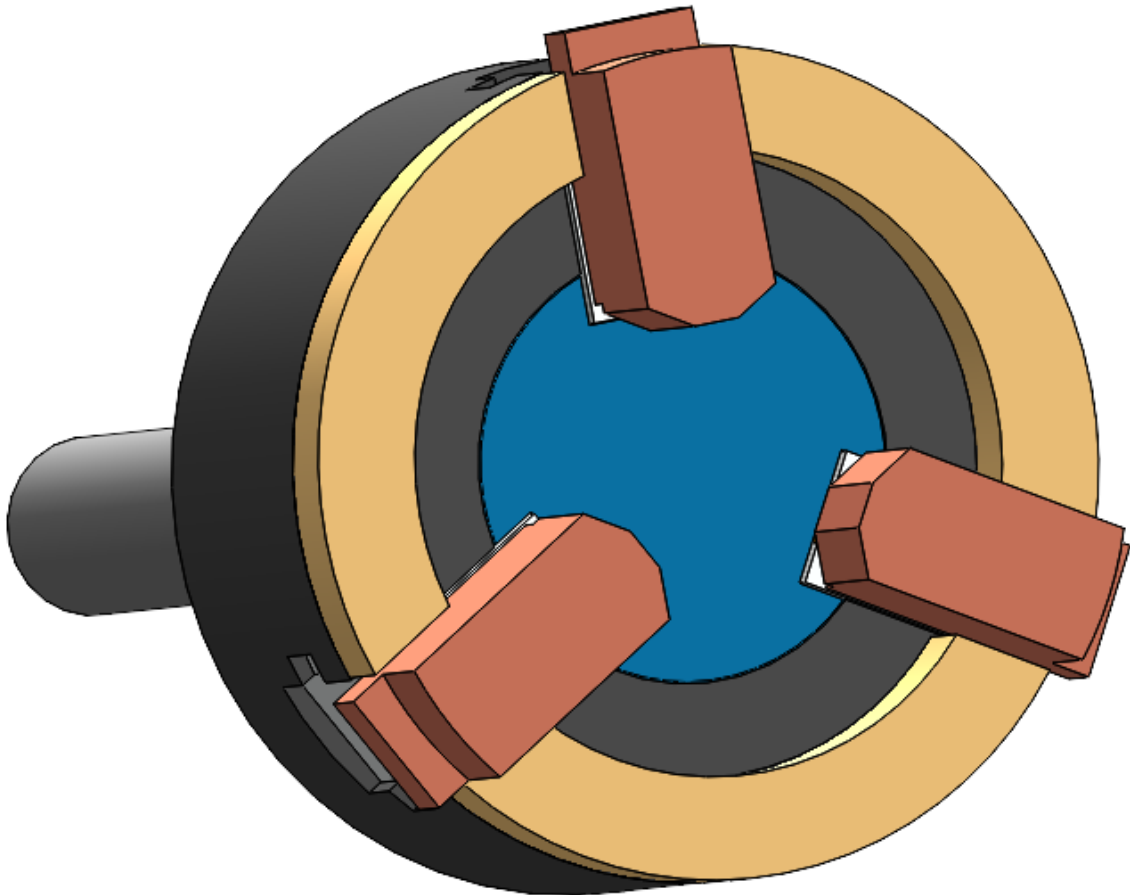


Рисунок 6.3 – Спрощена 3-D модель пристрою спеціального

6.2 Схема навантаження

Для розрахунку даного пристрою на жорсткість потрібно обрати оброблювану деталь, та визначити силу різання при обробці цієї деталі.

Для розрахунку обираємо деталь фланець шпинделя верстата 1П365. Оброблювана деталь показана на рисунку 6.4.

Так як найбільша сила різання буде виникати при чорновій обробці то обираємо таку операцію обробки деталі як чорнова обробка зовнішнього діаметру. Заготівка яка буде оброблюватись на операції показана на рисунку 6.5

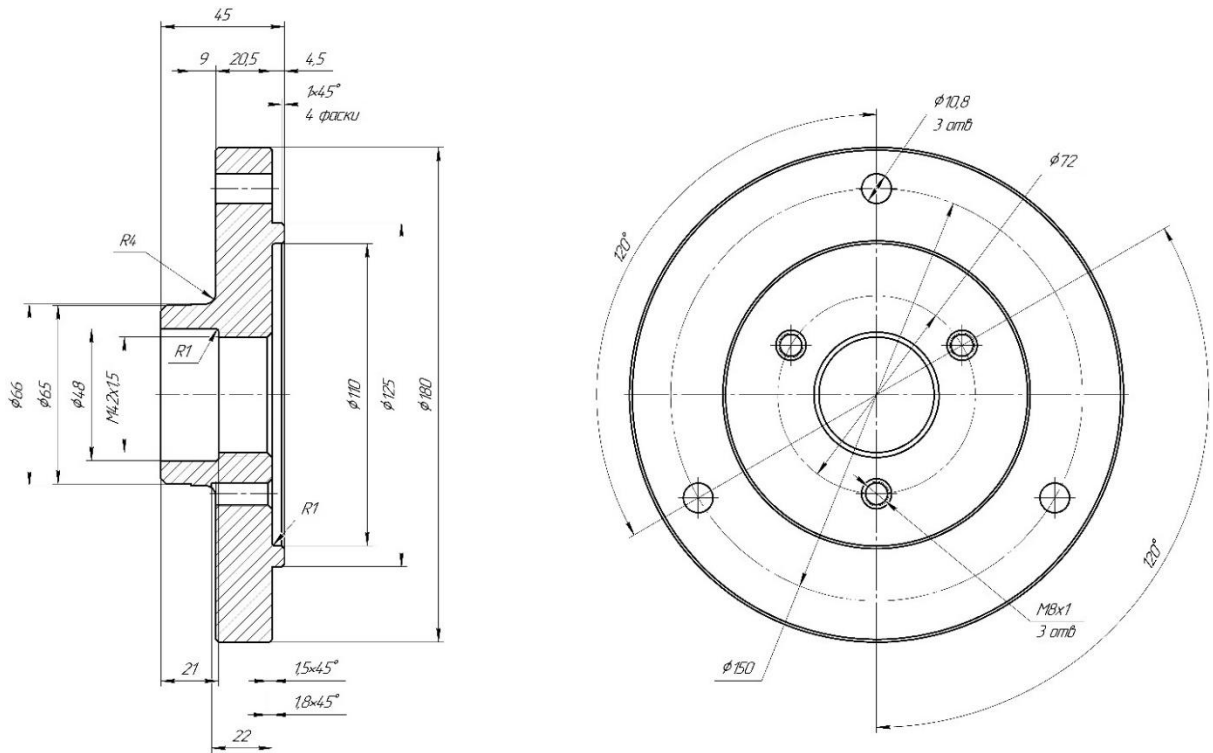


Рисунок 6.3 – Креслення фланця шпинделя верстата 1П365

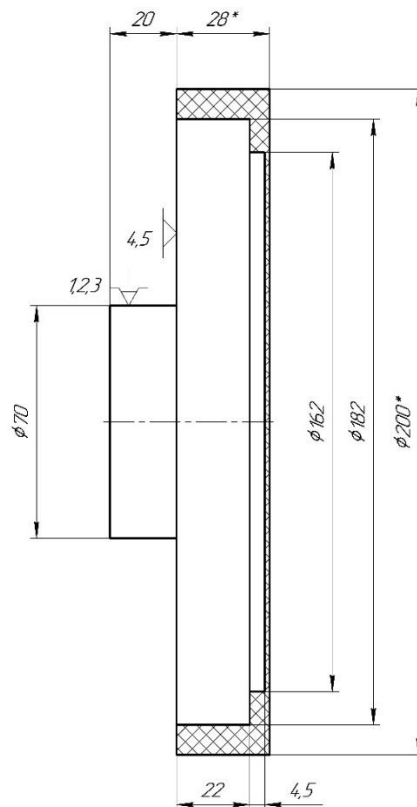


Рисунок 6.4 – Ескіз оброблюваної деталі

Для визначення головної складової сили різання розрахуємо швидкість різання [7]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \times t^x \times S^y} \times k_v,$$

де T – період стійкості, хв;

t – глибина різання, мм;

S – подача мм/об;

k_v – загальний поправочний коефіцієнт;

C_v – поправочний коефіцієнт;

m, x, y – показники ступеня.

Обираємо різець 2100-0410 Т15К6 ГОСТ 18878- 73. Державка даного різця має розміри в розрізі 25х25 мм. Так як точіння чорнове то глибина t для дорівнює 2 мм. Рекомендована подача для чорнового точіння деталі із чавуну дорівнює 0,8 мм/об. Період стійкості T приймаємо рівним 60 хв.

Значення коефіцієнта C_v і показників ступеня визначаємо табличним методом. Для зовнішнього точіння з пластиною з твердого сплаву Т15К6 обираємо такі показники:

$$C_v = 340; m = 0,15; x = 0,45; y = 0,2.$$

Загальний поправочний коефіцієнт розраховується за формулою[7]:

$$K_v = K_\mu \times K_\Pi \times K_{И},$$

де K_μ – коефіцієнт який враховує якість оброблюваного матеріалу;

K_Π – коефіцієнт який враховує стан поверхні заготовки;

$K_{И}$ – коефіцієнт який враховує матеріал інструменту.

Всі коефіцієнти визначаємо табличним методом: $K_\mu = 0,58$; $K_\Pi = 0,9$; $K_{И} = 1$.

$$K_v = 0,58 \times 0,9 \times 1 = 0,522 .$$

Швидкість різання дорівнює:

$$V = \frac{340}{60^{0,15} \times 2^{0,45} \times 0,8^{0,2}} \times 0,522 = 73,51 \text{ (м/хв)}.$$

При чорновому продольному точінні найбільшою складовою сили різання являється тангенціальна складова сили різання. Розрахуємо головну складову сили різання за формулою[7]:

$$P_z = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times v^n \times k_p ,$$

де t – глибина різання, мм;

S – подача мм/об;

v – швидкість різання, м/хв;

k_p – загальний поправочний коефіцієнт;

C_p – поправочний коефіцієнт;

x, y, n , – показники ступеня.

Значення коефіцієнта C_p та показників ступенів x, y, n знаходимо з таблиці: $C_p = 92$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = 0$; $k_p = 1,18$.

$$P_z = 10 \times 92 \times 2^1 \times 0,8^{0,75} \times 73,51^0 \times 1,18 = 1800 \text{ (Н)}.$$

6.3 Завдання взаємозв'язків між деталями та прикладення обмежень, прикладення сил

Для отримання адекватних результатів розрахунку потрібно прикласти до моделі обмеження в просторі та створити взаємозв'язки між окремими деталями пристрою.

В даній збірці не всі деталі закріплені між собою жорстко, тому

залишаємо глобальний контакт, який був створений середовищем Solidworks автоматично та вказуємо другі типи з'єднання для таких деталей як: поршень, кулачки основні. Так як ці деталі являються рухомими та мають прямий контакт між собою то застосовуємо між ними такий тип з'єднання який не закріпить їх жорстко але задасть правило при якому вони залишаться рухомими між собою але зв'язані суміжними поверхнями. Це показано на рисунку 6.5. Такий самий тип закріплення застосовуємо між корпусом патрона та поршнем (рисунок 6.6).

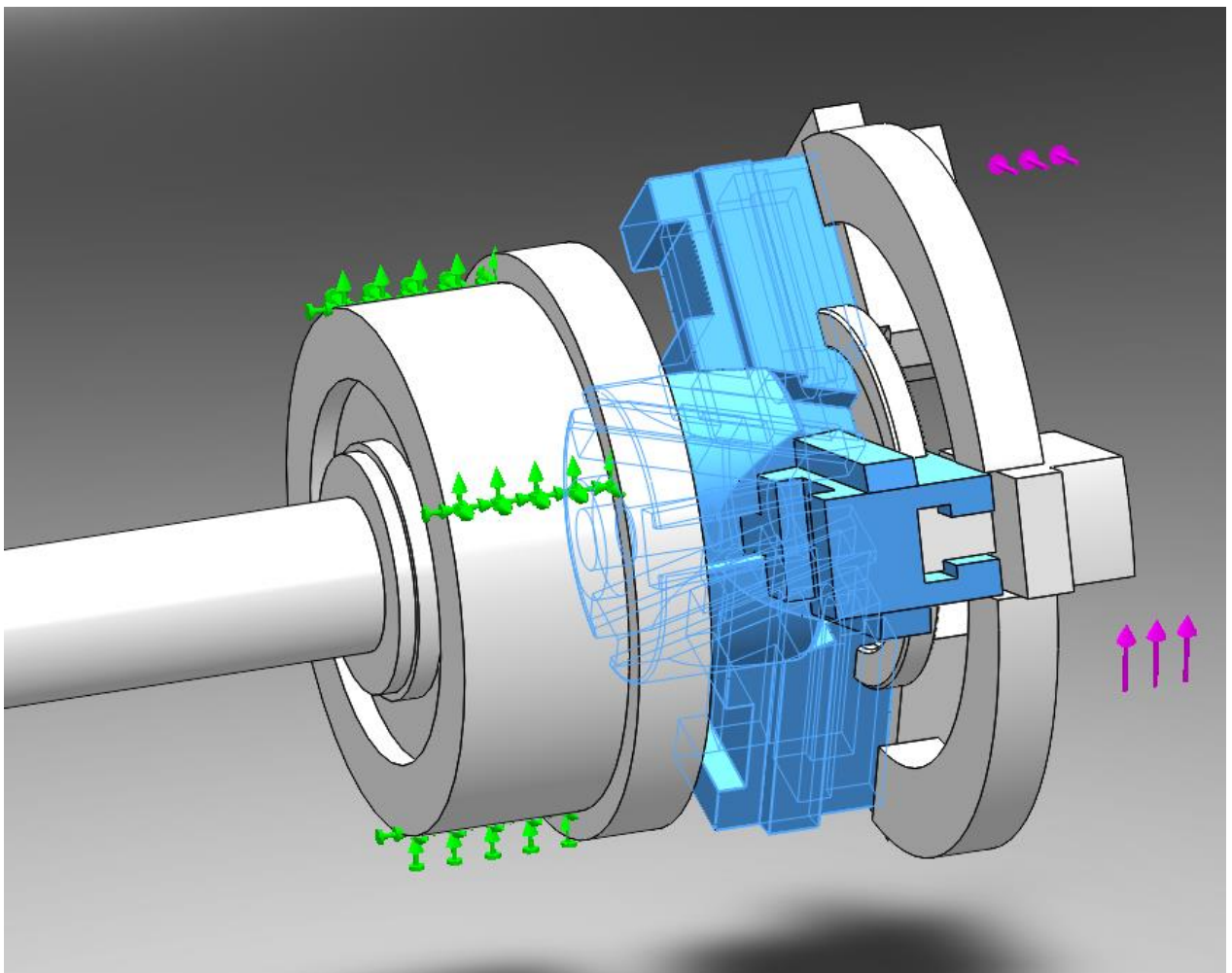


Рисунок 6.5 – Приклад застосування не фіксованої геометрії між поршнем та кулачками

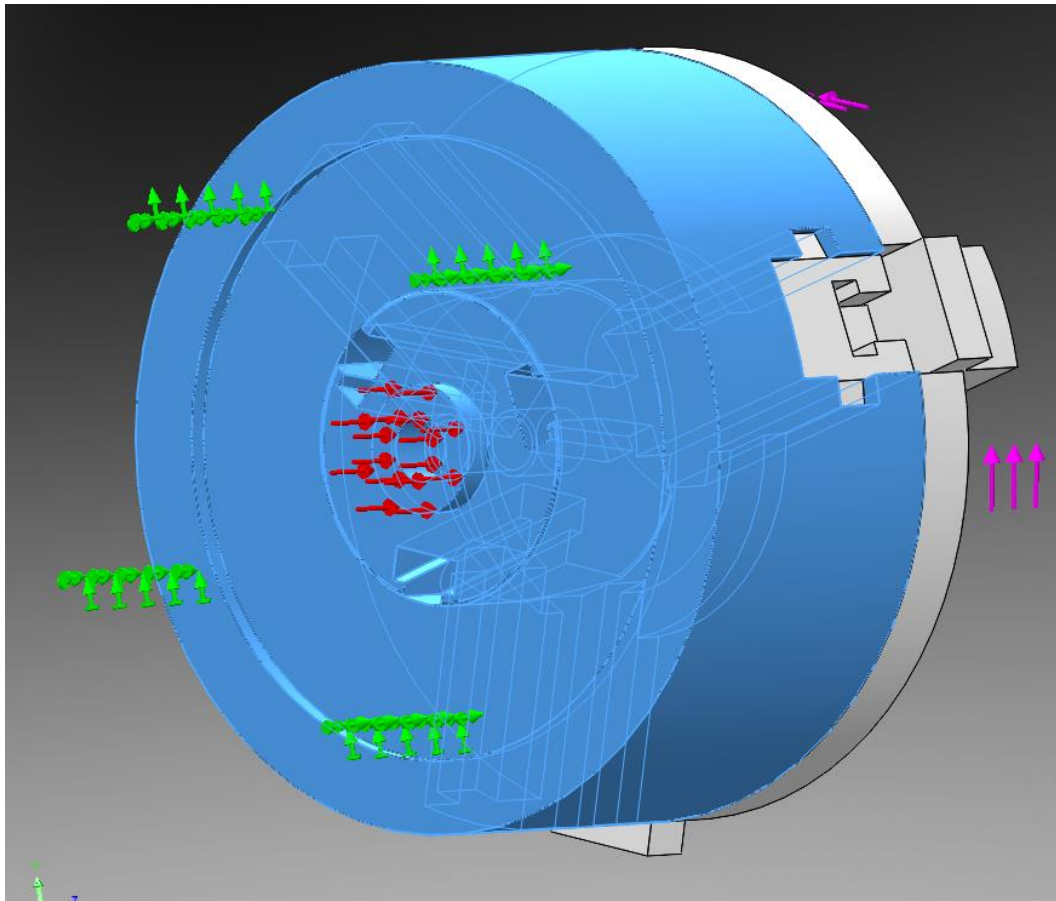


Рисунок 6.6 – Приклад застосування не фіксованої геометрії між поршнем та корпусом патрона

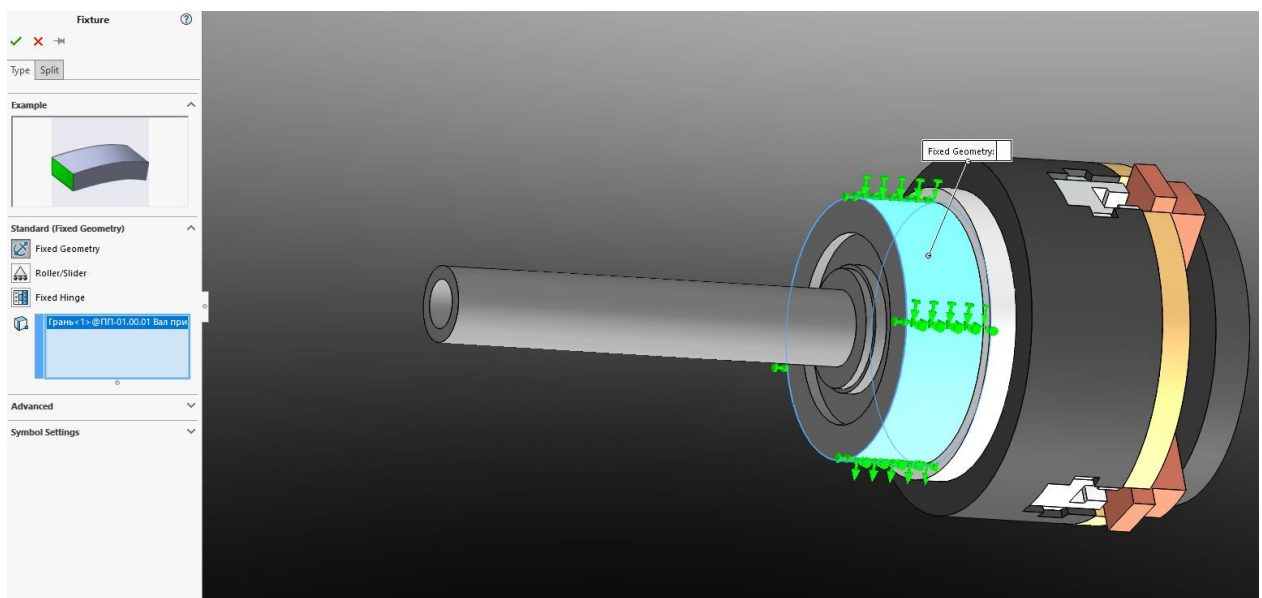


Рисунок 6.7 – Приклад застосування фіксованої геометрії

Для повної обмеження всієї збірки в просторі потрібно визначити яка деталь зафіксована жорстко по відношенню до верстата. Такою деталлю являється вал приводу. До даної деталі приміняємо інструмент “Зафіксована геометрія”. Ступені свободи, що обмежуються(три переміщення та три обертання) отримують значення «0». Дана операція показана на рисунку 6.7.

6.4 Прикладення сил

Сила різання прикладається до оброблюваної деталі. Так як в попередньому пункті ми перевели головну складову сили різання в крутний момент то прикладемо його до циліндричної поверхні деталі яка оброблюється за допомогою спеціальної команди. На рисунку 6.8 зображено прикладення крутного моменту до поверхні.

Для прикладення даної сили переведемо отримане значення тангенціальної складової сили різання в крутний момент:

$$M_{кр} = P_z \times D = 1800 \times 0,18 = 324 \text{ (Н/м)}.$$

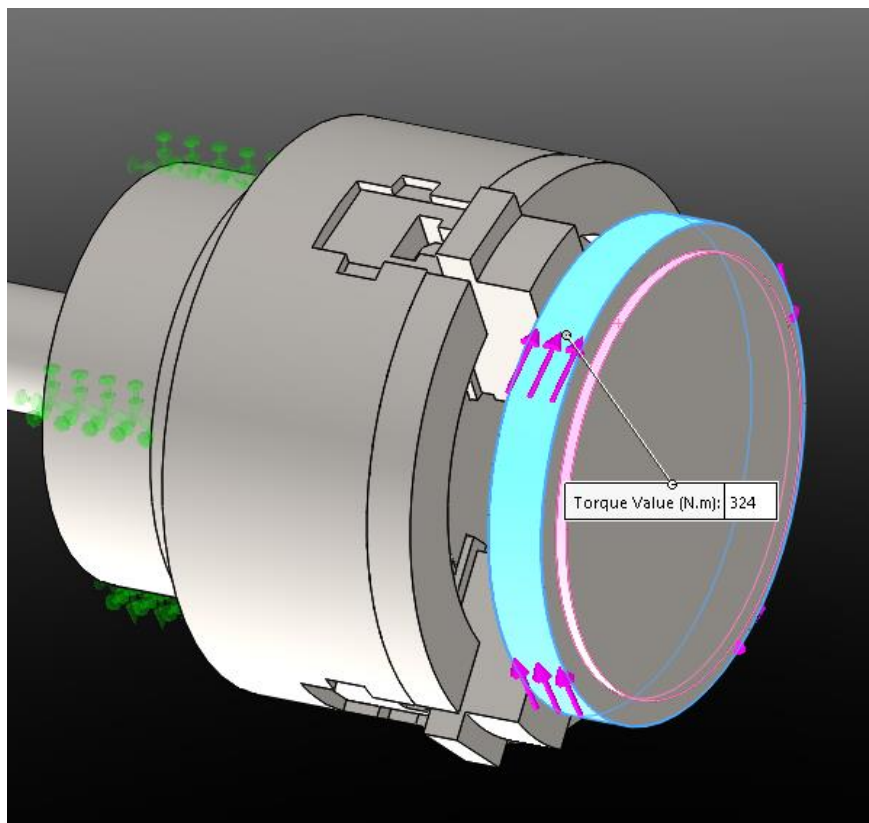


Рисунок 6.8 – Прикладення крутного моменту до поверхні деталі

Також зрозуміло, що поршень в даній конструкції не являється жорстко закріпленою деталлю. Через нього на кулачки а потім і на деталь подається тиск. Для даного патрону сила затиску дорівнює 0,63МПа. Прикладемо за допомогою інструменту «Тиск» зусилля до торцю штока. Це показано на рисунку 6.9.

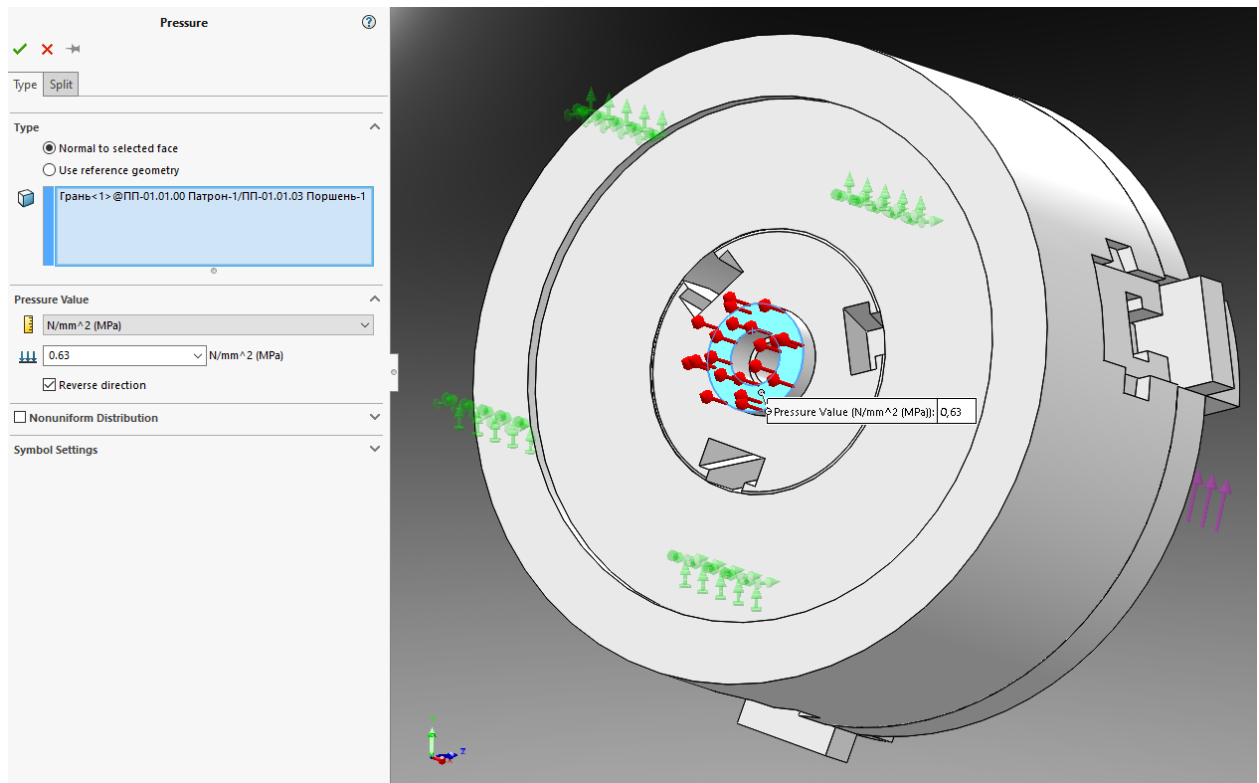


Рисунок 6.9 – Прикладення тиску до поверхні штока

6.5 Призначення матеріалів до елементів збірки

Відомо, що токарні патрони виготовляють із сірого чавуна маркою не менше СЧ 30. Матеріалом даного патрона являється сірий чавун марки СЧ 35. Такого матеріалу немає в базі матеріалів Solidworks. Тому створимо його та задамо всі потрібні параметри для даного матеріалу (рисунок 6.10). Матеріал заготовки також СЧ 35.

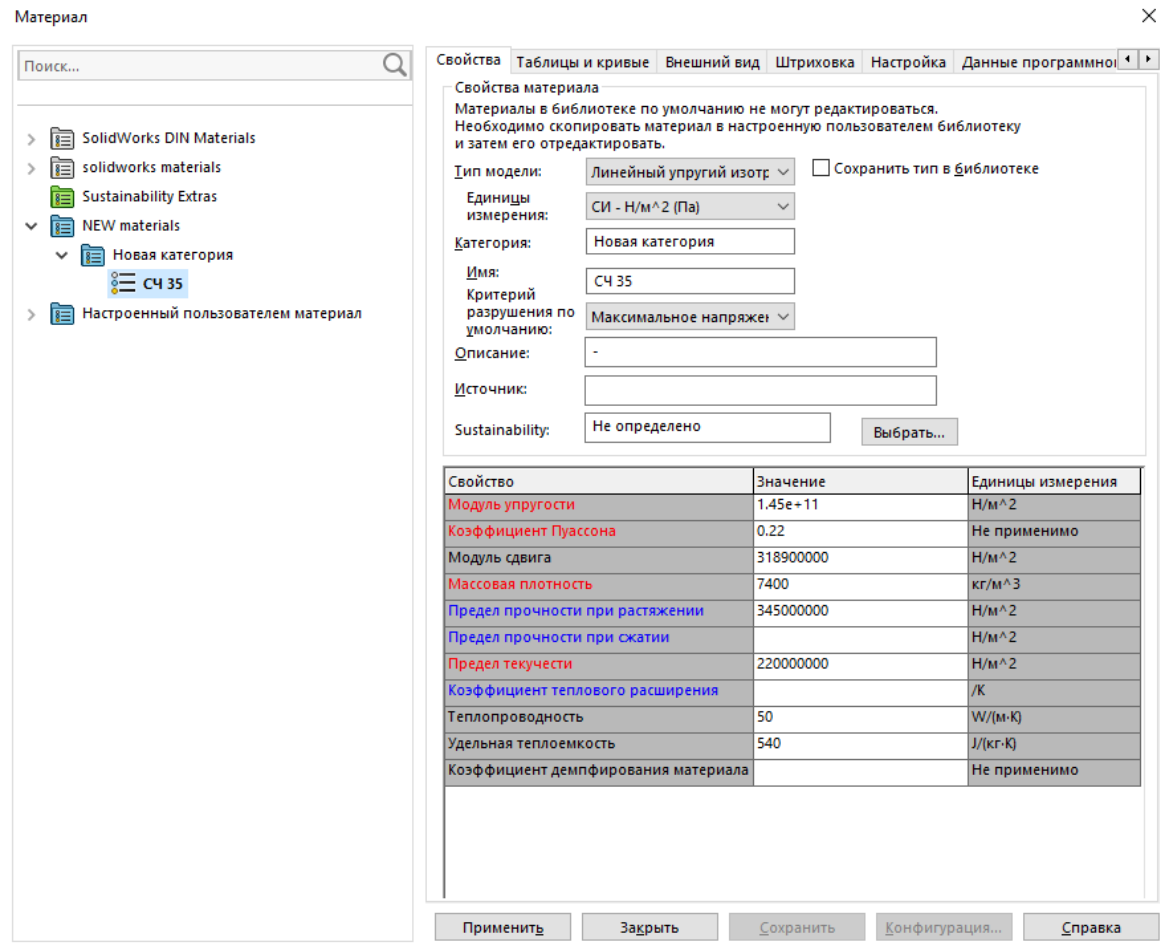


Рисунок 6.10 – Створений матеріал для деталей збірки та заготовки

6.6 Побудова скінчено-елементної сітки

Для розрахунку побудованої 3-D моделі на жорсткість потрібно побудувати скінченно-елементну сітку. Стандартна сітка складається із дуже дрібних елементів, в нашому випадку це не підходить, так як в збірці присутні деталі малого розміру. Тому для отримання найбільш вірного результату було прийнято рішення максимально зменшити елемент сітки по розміру. Розмір елемента впливає на швидкість розрахунку та його точність. Чим менше елемент тим більша точність розрахунку та більший час розрахунку.

На рисунку 6.11 показана модель із побудованою скінченно-елементною сіткою, на рисунку 6.12 показані всі характеристики побудованої сітки.

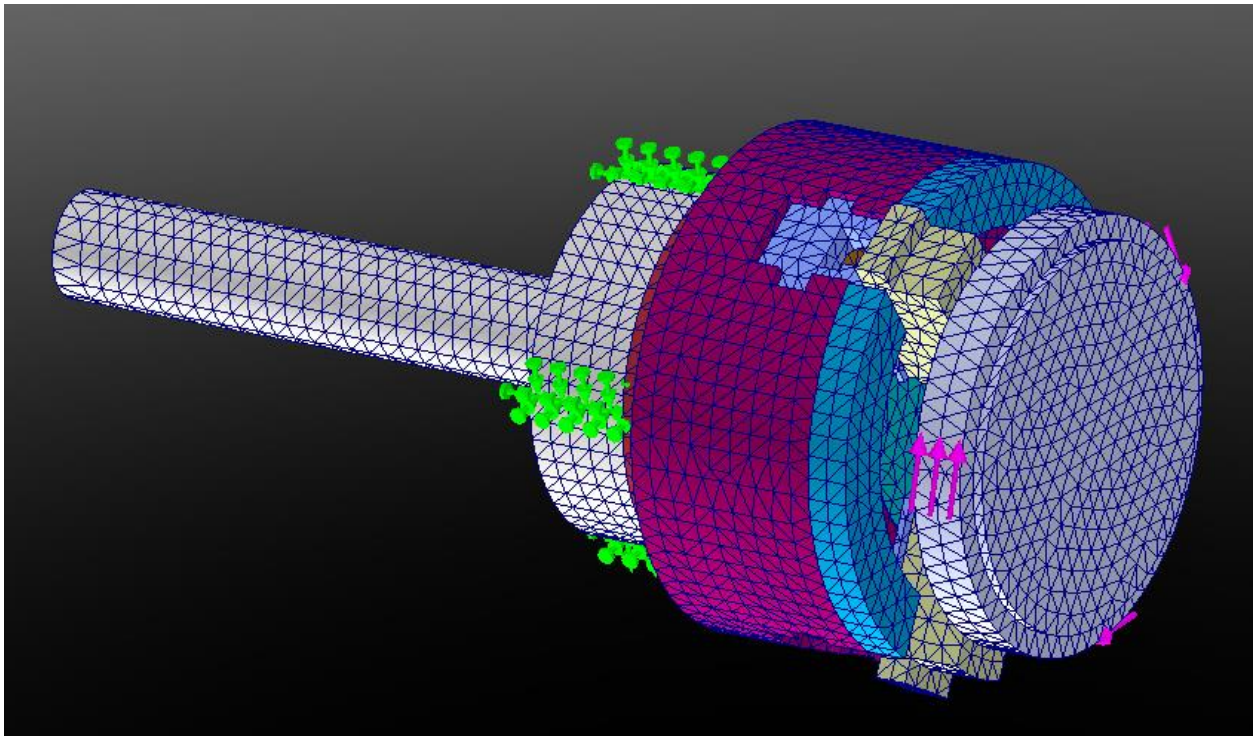


Рисунок 6.11 – 3-D модель з побудованою скінченно-елементною сіткою

Study name	Static 2 (-00-)
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used	Standard mesh
Automatic Transition	Off
Include Mesh Auto Loops	Off
Jacobian points for High quality mesh	16 points
Element size	9,11426 mm
Tolerance	0,455713 mm
Mesh quality	High
Total nodes	91293
Total elements	55122
Maximum Aspect Ratio	15,979
Percentage of elements with Aspect Ratio < 3	97,1
Percentage of elements with Aspect Ratio > 10	0,158
Percentage of distorted elements	0
Number of distorted elements	0
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off
Time to complete mesh(hh:mm:ss)	00:00:06
Computer name	

Рисунок 6.12 – Характеристики скінченно-елементної сітки

6.7 Результати дослідження жорсткості

При статичному аналізі було виявлено що найбільші переміщення при прикладеному крутному моменту виникають в кулачках. Найбільші переміщення на кулачках знаходяться на найбільш віддалених від центру точках. Найбільші переміщення досягають 0,0174 мм. На рисунках 6.13 та 6.14 показані діаграми переміщень при статичному аналізі. В корпусі патрона переміщення майже не спостерігаються.

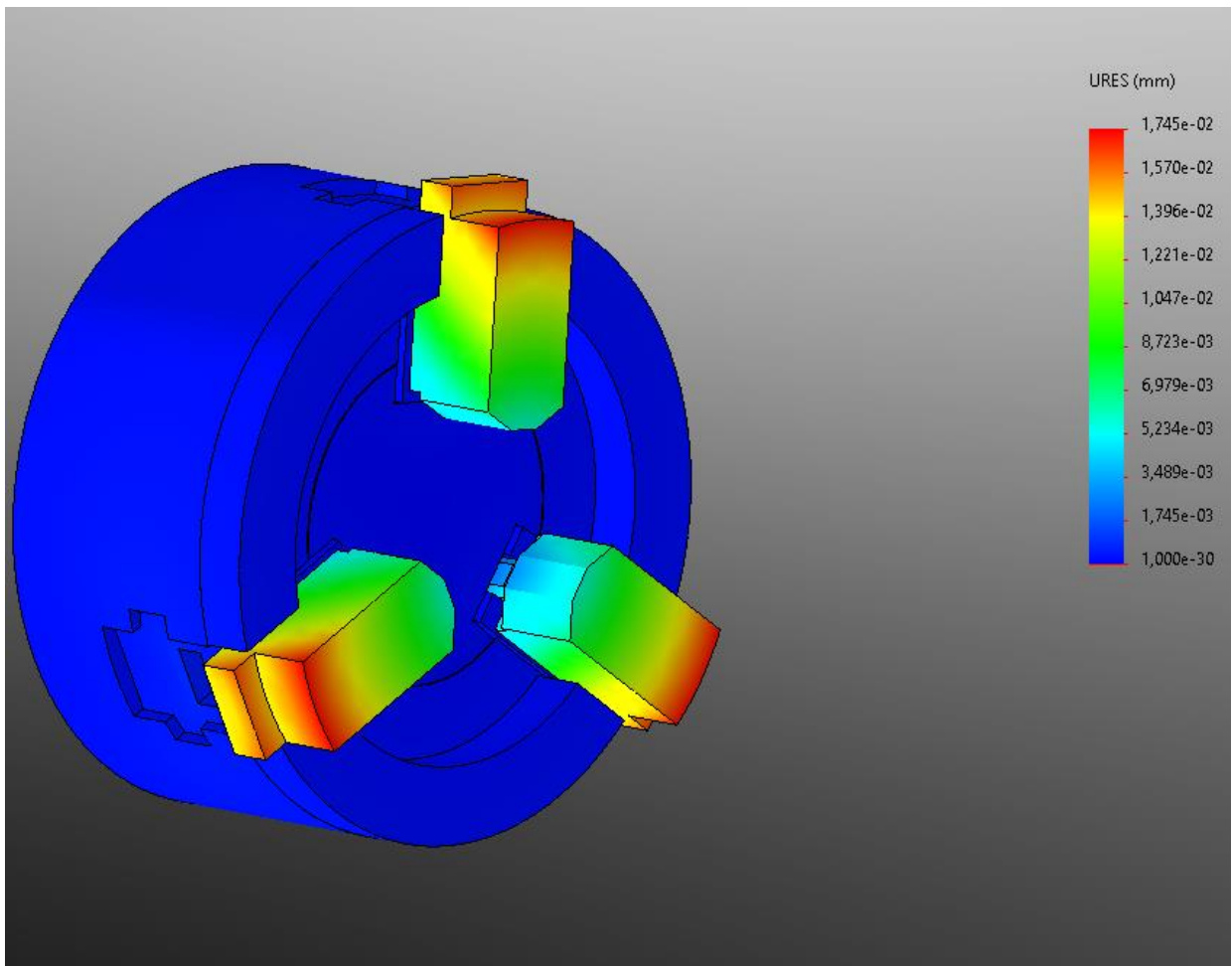


Рисунок 6.13 – Діаграма переміщень при статичному аналізі трикулачкового патрону

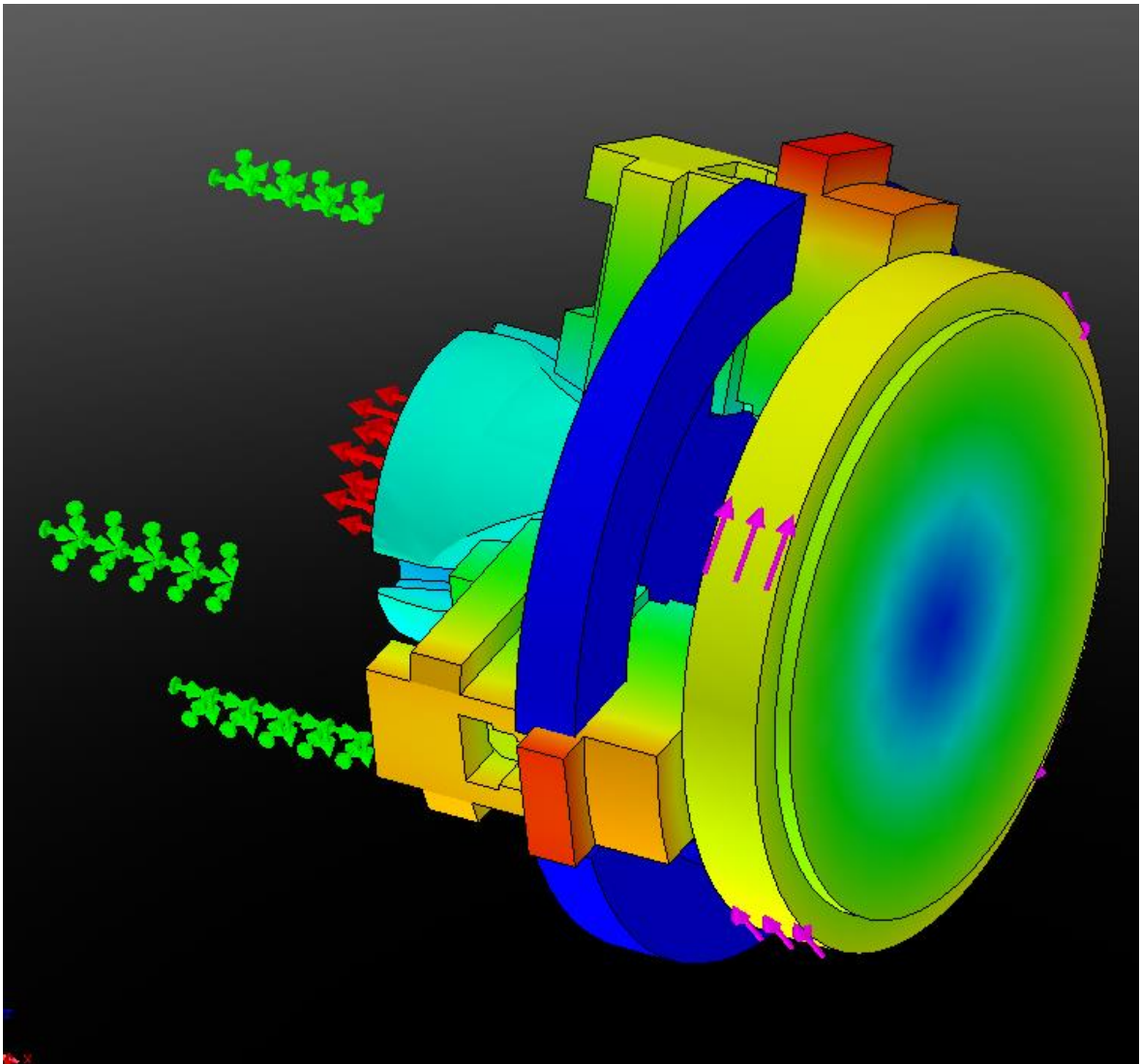


Рисунок 6.14 – Діаграма переміщень при статичному аналізі трикулачкового патрону

6.8 Модальний аналіз верстатного пристрою

Розрахунок був проведений з моделлю яка була створена в розділі 6. До моделі був прикладений глобальний контакт. До корпуса патрона був прикладений інструмент «Фіксована геометрія».

При проведенні розрахунку були виявлені такі власні частоти коливань:

1-й мод – 2664,9 Гц;

2-й мод – 2668,5 Гц;

3-й мод – 2678,2 Гц;

4-й мод – 3766,4 Гц;

5-й мод – 3791,8 Гц.

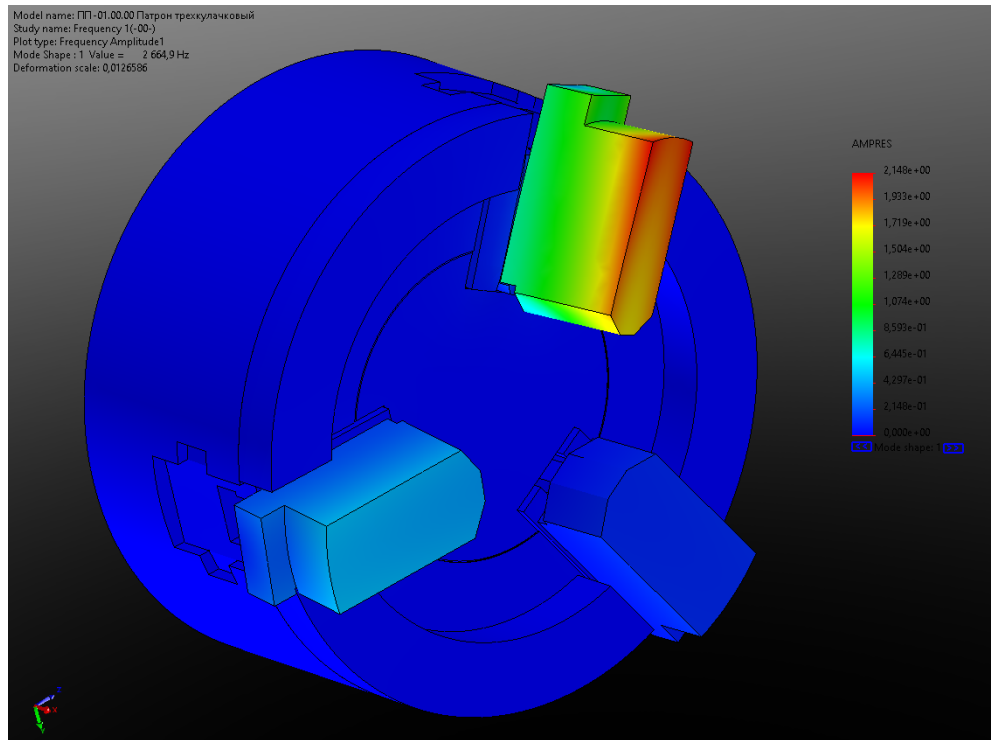


Рисунок 6.15 - Результат розрахунку власних частот коливань першої форми.

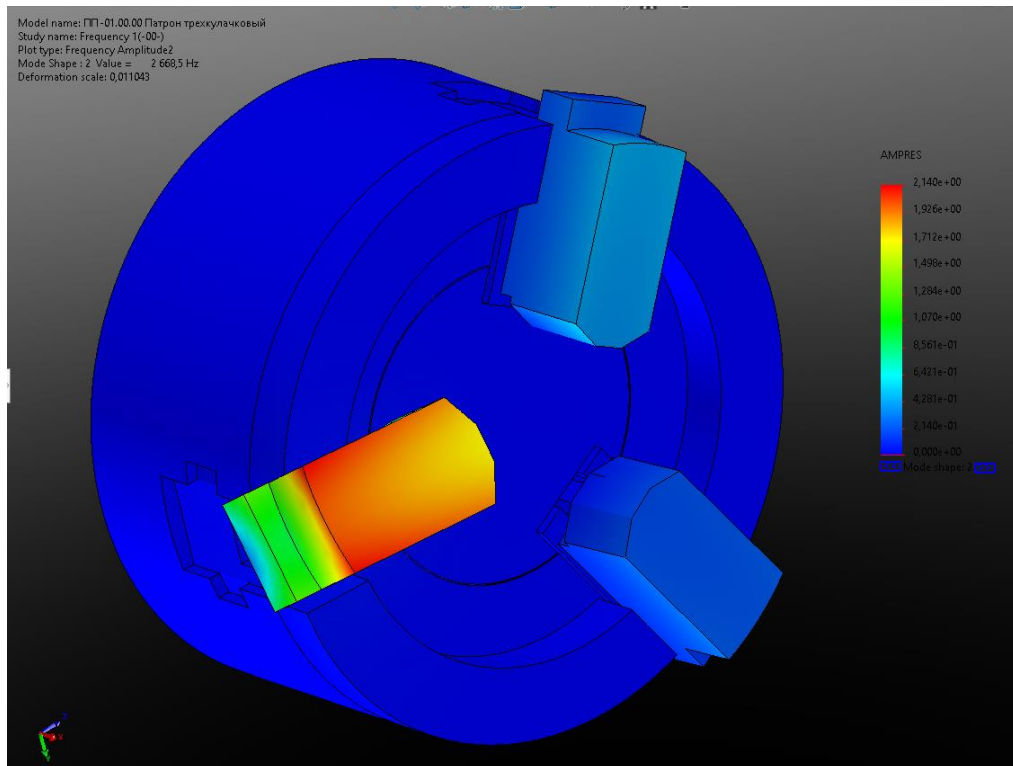


Рисунок 6.16 - Результат розрахунку власних частот коливань другої форми.

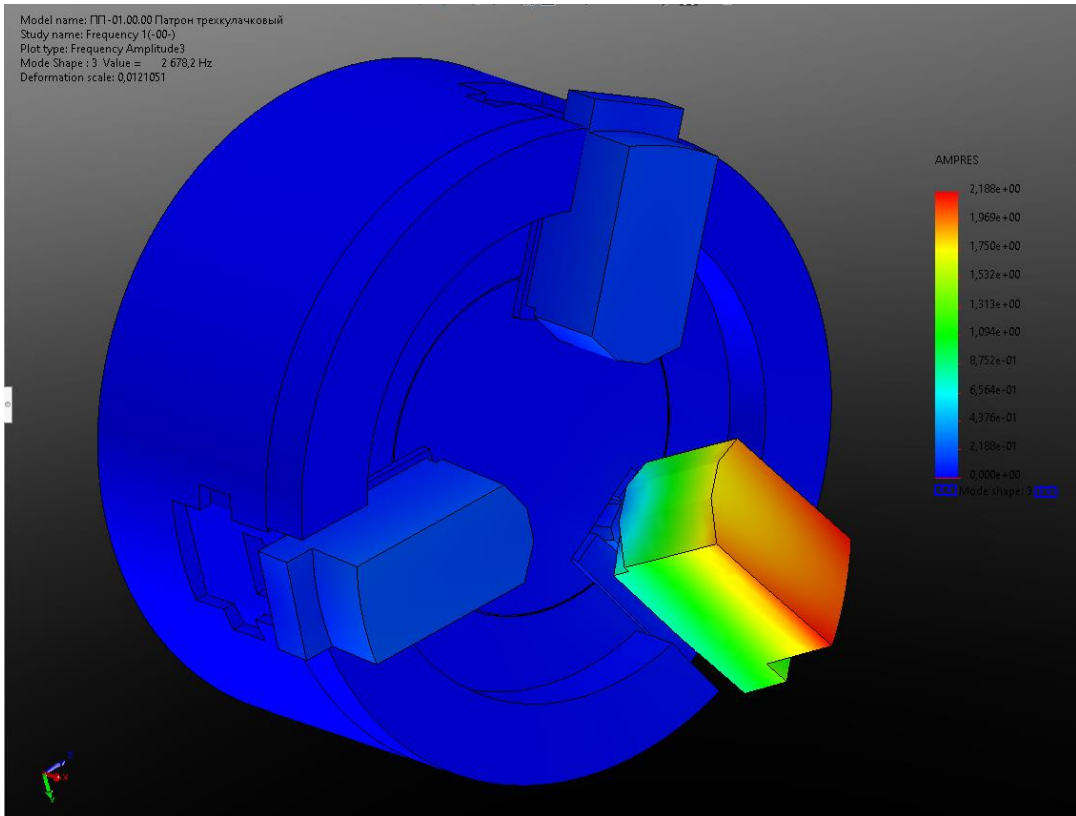


Рисунок 6.17 - Результат розрахунку власних частот коливань третьої форми.

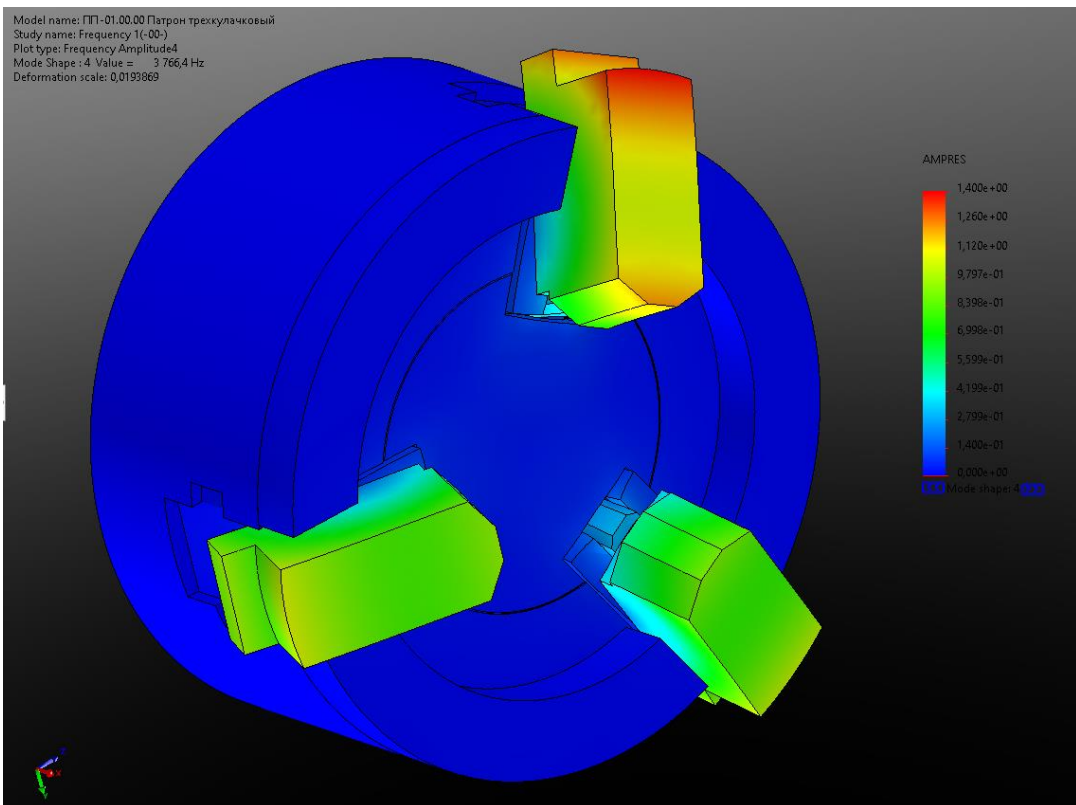


Рисунок 6.18 - Результат розрахунку власних частот коливань четвертої форми.

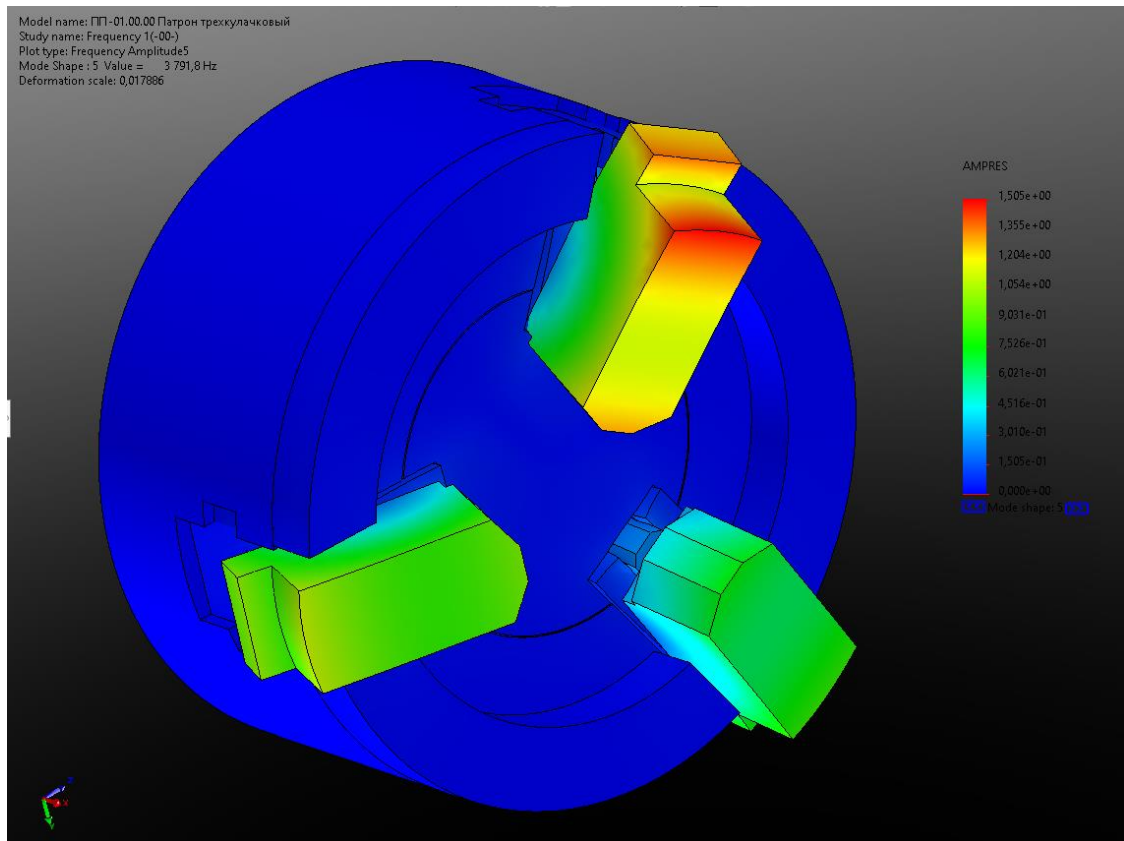


Рисунок 6.19 - Результат розрахунку власних частот коливань п'ятої форми.

6.9 Висновки за шостим розділом

В даному розділі був проведений статичний аналіз пристрою спеціального. При прикладеному моменті в 324 Н/м найбільша деформація спостерігається в накладних кулачках. Найбільші переміщення досягають 0,0174 мм.

Також в розділі був проведений модальний аналіз пристрою спеціального. Виявлені такі власні частоти коливань: 1-й мод – 2664,9 Гц; 2-й мод – 2668,5 Гц; 3-й мод – 2678,2 Гц; 4-й мод – 3766,4 Гц; 5-й мод – 3791,8 Гц.

ВИСНОВКИ

За результатами виконання комплексної роботи магістра було проведено:

- конструювання головного приводу верстата 1ПЗ65;
- написання технологічного процесу для шпинделя токарного верстата;
- конструювання пристрою спеціального для верстата 1ПЗ65;
- розрахунок пристрою спеціального на жорсткість та деформації під дією крутного моменту;
- розрахунок пристрою спеціального на виявлення власних частот коливань.

За результатами проведення статичного аналізу пристрою спеціального було виявлено, що найбільші переміщення відбуваються в накладних кулачках патрону і дорівнюють 0,0174 мм. Дані переміщення знаходяться в допустимих нормах для таких пристроїв.

Також були розглянуті питання охорони праці, присвячені освітленню робочих приміщень цеху, де проводиться оброблення обраної для аналізу деталі – «Шпиндель». Результати розрахунків наведені в додатку А.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бушуев, В. В. Практика конструирования машин : справочник / В. В. Бушуев. – М. : Машиностроение, 2006. – 448 с.
2. Проников, А. С. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. Т. 1. Проектирование станков / А. С. Проников и др. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1994. – 356 с.
3. Пуш В. Э. Конструирование металлорежущих станков / В. Э. Пуш. – М. : Машиностроение, 1977. – 390 с.
4. Кузьмин А. В. и др. Расчеты деталей машин : справ. пос. / А. В. Кузьмин и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск : Высш. шк., 1986. – 400 с.
5. Кочергин А. И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование : учеб. пос. / А. И. Кочергин. – Минск : Вышэйшая школа, 1991. – 382 с.
6. Справочник технолога – машиностроителя : в 2 т. / под ред. А. М. Дальского и др. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 2001. – Т. 2. – 944 с.
7. Орликов М. Л. Металлорежущие станки. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. пос. / М. Л. Орликов. – К. : Вища школа, 1987. – 152 с.
8. Станок 1341. Руководство по эксплуатации.
9. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи “ Кінематичний розрахунок привода металорізальних верстатів ” /Укладач М.М.Коротун. – Суми: Вид – во СумДУ, 2009. – 23 с.
10. Методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи з теми «Проектування та розрахунки привода верстатів» / укладачі: М.М. Коротун, О.В. Івченко – Суми :Сумський державний університет, 2013. – 35 с
11. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений / В.С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.

12. Проектирование станочных приспособлений: Учебное пособие для учащихся техникумов. – 3-е издание., перераб. и доп.– М.: Высш. Школа, 1980. – 240 с.
13. Гжиров Р. И. Краткий справочник конструктора: Справочник – Л: Машиностроение, Ленингр. 1983. – 464 с.
14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
15. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машностроения – Мн.: Выш. Школа, 1983. – 256 с.
16. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с.
17. Методические указания к выполнению контрольной работы по проектированию станочных приспособлений, Г. С. Чумаков - Сумы, СумГУ, 1997 – 34с.
18. Методичні вказівки до практичних занять з курсу “Технологічна оснастка”/Укладач П.В. Кушніров. – Суми: Вид-во Сум ДУ, 2009. – Ч.1. – 52с.
19. Сторож Б.Д., Карпик Р.Т., Гордеев А.І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник. – Івано-Франківськ; Хмельницький: ХНУ, 2004. – 230 с.
20. Пашкевич М.Ф., Мрочек Ж.А., Кожуро Л.М., Пашкевич В.М. Технологическая оснастка: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов, 2002. – 320 с.
21. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва. – К.: Кондор, 2007 – 726 с.
22. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ [Текст] : в 2 ч. Ч. 2 /М.: Экономика, 1990. – 472 с.

23. Общемашиностроительные нормативы времени для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ, [Текст] : в 2 ч. Ч. 1 /М.: Экономика, 1989. - 402 с.

24. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. – 5-е издание, стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.

25. Анурьев В.И. Справочник конструктора. В 3–х томах. – М.: Машиностроение, 1979.

ДОДАТОК А

ОХОРОНА ПРАЦІ

А.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Шпindel»

Проведемо аналіз умов праці в механоскладальному цеху Сумського державного університету, де виготовляється деталь «Шпindel».

Даний аналіз проводимо з використанням нормативних правових актів, до яких відносяться:

- стандарти системи безпеки (ССБТ);
- будівельні норми і правила (СНиП);
- санітарні норми і правила (Санпін);
- міжгалузеві правила по охороні праці;
- галузеві правила з охорони праці;
- міжгалузеві і галузеві організаційно-методичні документи (положення, методичні вказівки, рекомендації);
- типові галузеві інструкції з охорони праці;
- інструкції з безпеки.

Технологічний процес обробки деталі здійснюється на ділянці, розміщеній у механічному цеху, зібраному з типових секцій висотою 5 м.

У технологічному процесі обробки деталей задіяні наступні верстати та обладнання:

- токарні верстати;
- координатно-розточні верстати;
- фрезерні верстати;
- сведлильні верстати;
- комплексний оброблюваний центр із ЧПК.

Тип виробництва – багатомономенклатурний. Обладнання розставлено за груповою ознакою.

Для транспортування і зберігання деталей, заготовок і відходів виробництва використовується тара-контейнери. Згідно ДСТУ контейнери використовуються для заготовок і деталей.

Установка заготовок на верстатах при обробці на токарних, координатно-розточувальних верстатах проводиться в стандартних умовах – 3-х кулачкових патронах і лещатах відповідно. Крім того на координатно-розточний і багатоцільовий операції, застосовуються для установки та закріплення заготовок спеціальні пристосування з гідроприводом, що працюють при тиску в мережі 0,4 МПа. При встановленні заготовки в пристосування застосовується кран-балка вантажопідйомністю $Q=1$ т. Ця ж кран-балка застосовується для установки пристроїв на верстаті. Маса пристосування на операції до 30 кг. На контрольній операції використовується спеціальне пристосування масою 30 кг встановлення якого також здійснюється за допомогою кран-балки.

Ріжучий інструмент застосовується в основному стандартний, але є й спеціальні різці, використовувані на токарних і розточувальних операціях. На токарних операціях інструмент здійснює зворотно-поступальний рух, а при фрезеруванні - обертальний рух. При контролі на робочому місці і столі ВТК в якості вимірювального інструменту застосовується стандартний – шкальний та граничний інструмент.

Аналіз виробничого ділянки дозволяє виділити наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

- можливість контакту з рухомими частинами обладнання (пересуваються столом, супортом, обертовим інструментальним магазином);
- можливість контакту з рухомим технологічним транспортом;
- можливість падіння заготовки при встановленні і знятті її з верстата

в результаті відсутності схеми стропування;

- можливість появи небезпечної зони при транспортування тари, пов'язана з відсутністю маршруту переміщення або його порушенням;

- руйнування конструкцій інструменту, в результаті перевищення навантаженнями гранично допустимих значень;

- розкріплення деталі в пристосуванні з пневмоприводом під час її обслуговування на координатно-розточувальному верстаті з ЧПК з-за раптового припинення підведення повітря (при відмові компресора).

- замикання електричного ланцюга на металеві нетоковедущие частини обладнання в результаті порушення цілісності ізоляції струмоведучих частин; По пожежній безпеці приміщення проектного ділянки відноситься до категорії «Д», тобто в приміщенні використовуються негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Обладнання підключається до електричної мережі з трифазним струмом напругою 380 В і частотою 50 Гц.

- недостатня освітленість робочого місця при обробці поверхонь; Освітлення виробничого приміщення здійснюється природним і штучним світлом. Природне освітлення здійснюється за комбінованою схемою: через світлові отвори в бічних стінах і світлоаераційних ліхтарях. Загальне штучне освітлення здійснюється світильниками з лампами денного світла, застосування яких дозволено ДБН В.2.5-28-2006 [11]. Для місцевого освітлення застосовуються світильники, встановлені безпосередньо на робочому місці.

- контакт робочого, при виконання технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з гострими кромками, задирок на поверхнях заготовок;

- контакту робітника, при виконанні технологічних операцій (під час механічної обробки) з вилітає стружкою, утвореної в процесі різання;

- контакту робітника, при виконанні технологічних операцій (контроль, встановлення і зняття деталі), з поверхнями обладнання, заготовок,

інструментів, що мають підвищену температуру в результаті виділення тепла при різанні і при терті контактуючих поверхонь;

- підвищений сумарний рівень шуму при спільній роботі обладнання;
- підвищення вібрації обладнання через переривчастих процесів різання;
- запиленість і загазованість повітря робочої зони пилом і парами речовин, що утворюються при випаровуванні ЗОР.

Як МОР при обробці заготовок на ділянці використовується 5% розчин «Аквол-2». До її складу входять ПАР з додаванням мінеральних масел та інгібіторів корозії. Дана ЗОР має малу токсичність, не володіє дратівливою дією і не є активним джерелом забруднення повітря. ЗОР відноситься до 4-му класу небезпеки.

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт середньої важкості, категорія 2-б. Категорія зорових робіт за ДБН В.2.5-28-2006 від малої, середньої точності на чорнових операціях, до високої точності на чистових і контрольних операціях.

При обробці деталей, матеріалом яких є в'язка сталь, утворюється зливна стружка на токарних операціях і елементна стружка при фрезеруванні. На чорнових операціях при обробці по кірці утворюється пил від окалини з розмірами частинок від 2 до 60 мкм. На робочому місці забирається стружка з устаткування з допомогою гачка і шляхом змітання за допомогою щіток. Навколо устаткування і робочого місця забирається стружка допоміжними робітниками в контейнери, які потім транспортуються у відведене місце в цеху для подальшого вивезення.

Виконувані робітниками на ділянці операції відносяться до робіт середньої тяжкості, категорія II-б. Категорія зорових робіт по ДБН В.2.5-28-2006 від малої, середньої точності на чорнових операціях, до високої точності на чистових і контрольних операціях.

Для розроблення організаційних заходів, що забезпечують безпечні умови праці на ділянці з виробництва деталі типу корпус виконаємо порівняння допустимих та фактичних величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень шляхом порівняння показників у таблицях 4.1 та 4.2.

Відповідно до вимог техніки безпеки, викладеними в стандартах ДСТУ:

– для запобігання контакту робочого з рухомими частинами обладнання, передбачити відповідно до застосування додаткових захисних пристроїв, відповідних вимогам. Це, зокрема, додаткові огороження, що закривають рухомі частини обладнання (супорт, стіл, інструментальний магазин верстата);

– відповідно до в комплекті до пристосування з гідروприводом передбачити запобіжні пристрої - зворотні клапани для запобігання розкріплення деталей при раптовому припиненні подачі масла;

– для запобігання замикання через тіло людини електричного кола з підвищеним значенням напруги відповідно до передбачаються наступні заходи: підключення виробничого обладнання до заземлювального пристрою; наявність подвійної або посиленої ізоляції з пробивним напругою не менше 4000 В; на кожному робочому місці близько верстата повинні бути дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони, а за шириною не менше 0,6 м від частин верстата. Передбачається також застосування засобів індивідуального захисту (гумові калоші, килимки);

– для забезпечення освітленості робочих місць передбачити використання додаткових світильників місцевого освітлення на токарних операціях;

– для запобігання контакту робочого з поверхнями мають гострі кромки, задирки, шорсткість передбачити індивідуальні засоби захисту (рукавиці);

– для обмеження зони поширення стружки використовувати захисні екрани, як стаціонарно встановлені на обладнанні, так і окремо. На металорізальних верстатах зону обробки закривати захисними кожухами;

– для запобігання контакту робочого з поверхнями мають підвищену температуру (в основному поверхні обладнання, інструменту, стружки і оброблюваних деталей) використовувати захисні кожухи, індивідуальні засоби захисту (рукавиці). Для зниження температури в зоні різання використовувати МОР;

– для зменшення рівня шумів на робочому місці передбачити раціональну розстановку устаткування, що враховує фактор спрямованості, рекомендувати для облицювання стін і стель використовувати шумопоглинаючі матеріали для покриття внутрішніх поверхонь виробничих будівель, уникати по можливості переривчастого різання;

– для зменшення вібрації використовувати віброізоляцію обладнання. У конструкції виробничого обладнання передбачити виконання всіх вимог по вібраційної безпеки. Уникати переривчастих процесів різання. Для підтримки обладнання у відповідності з його технічними характеристиками передбачити систему планово-попереджувальних ремонтів;

Таблиця А.1 – Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна (%) на робочих місцях - постійних і непостійних	Швидкість руху (м/сек.) робочих місцях - постійних і непостійних
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний період	Середньої важкості Пб	21	23	15	13	75	не більше 0,4
Теплий період	Середньої важкості П	27	29	15	15	70 - при 25° С	0,5 - 0,2

Таблиця А.2 – Фактичні величини температури, відносної вологості та

швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, ° С				Відносна вологість (%) на робочих місцях постійних і непостійних	Швидкість руху (м/сек.) на робочих місцях постійних і непостійних
		Верхня межа		Нижня межа			
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний період руху	Середньої важкості Пб	20	19	18	14	75	не більше 0,4
Теплий період року	Середньої важкості Пб	22	25	20	20	70 - при 25° С	0,5 - 0,2

A.2 Розрахунок освітленості робочої зони, розрахунок природнього та штучного освітлення

Необхідно визначити ефективність природнього освітлення в цеху. Виробнича ділянка відноситься до групи механічних ділянок і має площу – 400 м². При цьому, ширина прольоту – 18 м, крок внутрішніх колон – 12 м. а висота цеху – 7,2 м. Розміри ділянки: довжина – 50 м, ширина – 8 м.

Вихідні дані:

Розміри віконних проємів (висота × ширина), м – 5×2;

Кількість вікон - 12 шт.

Висота від підлоги до вікна – 1,5 м.

Вікна розміщені вздовж більш довгої стіни.

Середньозважений коефіцієнт відбиття внутрішніх поверхонь r_{cp} – 0,4.

Найбільш віддалене місце від вікна - 8,0 м.

Рішення:

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення для четвертого кліматичного пояса України, e_n^{IV} , визначаємо за формулою:

$$e_H^{IV} = e_H^{III} \cdot m \cdot c \quad (A.1)$$

де e_n^{III} - нормоване значення КПО для III світлового пояса за ДБН В.2.5-28-2006.

Для верстатників у цеху, в якому виконуються роботи IV розряду (середньої точності), для бокового верхнього освітлення $e_n^{III} = 1,5\%$.

m - коефіцієнт світлового клімату (для України $m = 0,9$);

c - коефіцієнт сонячності (для м. Суми $c = 0,8$).

$$e_H^{III} = 1,5\% \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 1,08\%$$

Визначимо фактичне значення КПО за формулою:

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot S_0 \cdot t_0 \cdot r_1}{S_n \cdot n_0 \cdot K_3 \cdot K_{30}} \quad (A.2)$$

де S_0 - площа усіх вікон у приміщенні, m^2 ;

$$S_0 = 2 \cdot 5 \cdot 12 = 120 \text{ м}^2;$$

S_n - площа підлоги в приміщенні, m^2 ;

$$S_n = 50 \cdot 8 = 400 \text{ м}^2;$$

t_0 - загальний коефіцієнт світлопропускання віконного проєма; для заданих умов $t_0 = 0,5$;

r_1 - коефіцієнт, який враховує відбиття світла від внутрішніх поверхонь приміщення $r_1 = 1,2$;

n_0 - світлова характеристика вікна.

Виходячи з відношення довжини приміщення до його глибини рівної: $50/8=6,1$ та відношення глибини приміщення до його висоти від рівня умовної робочої поверхні до верху вікна до верху вікна рівної : $8/5=1,75$ значення світлової характеристики $n_0 = 13$.

$K_{зд}$ - коефіцієнт який враховує затемнення вікон будинками, що розташовані навпроти. При їх відсутності $K_{зд} = 1$.

K_3 - коефіцієнт запасу, знаходиться в межах $1,3 \div 1,5$.

Прийmemo середє $K_3 = 1,4$.

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot 120 \cdot 0,5 \cdot 1,2}{400 \cdot 13 \cdot 1,4 \cdot 1} = 0,71\%$$

При порівнянні фактичного КПО $e_{\phi} = 0,71\%$ з нормативним $e_n^{IV} = 1,08\%$ приходимо до висновку, що природнє освітлення в цеху не ефективне. Для поліпшення освітлення у цеху пропонується пофарбувати стіни у білий колір та встановити додатково штучні джерела освітлення, які необхідно розрахувати.

Прийmemo вид джерела світла – лампи розжарювання.

Кількість світильників – 12.

Кількість ламп у світильнику – 1.

Значення розрахункової освітленості, лм, знайдемо за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку за формулою:

$$F_l = \frac{E_{min}}{n_H \cdot N \cdot n} \quad (A.3)$$

Розрахункова освітленість повинна задовольняти умовам нормативної величини і складає для ламп розжарювання не менше 50 лк. Знайдемо

мінімально необхідний світловий потік лампи:

$$F \frac{50 \cdot 400 \cdot 1,75 \cdot 1,15}{0,5 \cdot 12 \cdot 1} \text{ лм}$$

де n_H – коефіцієнт використання світлового потоку; $n_H = 0,4 \div 0,6$ (приймаємо середнє значення 0,5);

N – кількість світильників, шт.;

n – число ламп у світильнику, шт.;

S – площа приміщення, м². $S = 400$ м²;

k – коефіцієнт запасу, $k = 1,5 \div 2$ (приймаємо середнє значення 1,75);

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, для ламп розжарювання – 1,15.

Фактична освітленість визначається за формулою:

$$E_{\phi} = \frac{F_{л} \cdot n_H \cdot N \cdot n}{S \cdot k \cdot Z} \quad (\text{A.4})$$

За нормативами обираємо найближче більше значення $F_{л} = 2000$ лм при потужності 150 Вт для ламп розжарювання.

$$E_{\phi} = \frac{2000 \cdot 0,5 \cdot 12 \cdot 1}{400 \cdot 1,75 \cdot 1,15} = 59,4 (\text{лк})$$

Задану кількість світильників необхідно розміщувати рівномірно по

площі приміщення, по можливості за сторонами квадрата, виконуючи умови:

сторона квадрата:

$$L = 1,4 \cdot H_p \quad (\text{A.5})$$

де H_p – висота підвіса світильника над робочою поверхнею.

$$H_p = 5 - 0,8 - 0,4 = 3,8(\text{м});$$

$$L = 1,4 \cdot 3,8 = 5,32(\text{м});$$

Відстань від світильника до стіни обираємо в межах

$$l = 0,3 \div 0,5 \cdot L \quad (\text{A.6})$$

$$l = 0,4 \cdot 5,32 = 2,28(\text{м})$$

У результаті розрахунку знайшли значення фактичного освітлення $E_\phi = 59,4$ лк, порівнюючи його з нормованим за ДБН В.2.5-28-2006 $E_H=50$ лк можна зробити висновок, що комбіноване штучне освітлення у цеху ефективно за умови використання ламп розжарювання потужністю не менше 150Вт.

А.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайна ситуація (НС) - стан, при якому в результаті виникнення джерела надзвичайної ситуації на об'єкті, визначеній території порушуються нормальні умови життя і діяльності людей, виникає загроза життю і здоров'ю,

завдається шкода населенню, народному господарству, навколишньому природному середовищу.

За характером джерел виникнення НС діляться на:

- а) природні явища і процеси;
- б) техногенні промислові аварії і катастрофи (радіаційні, хімічні, біологічні, гідродинамічні аварії);
- в) пожежі, вибухи, небезпечні пригоди на транспорті;
- г) інфекційні хвороби людей (епідемії);
- д) криміногенні.

Осередком ураження - називається територія з розташованими на ній будівлями, спорудами, інженерними мережами, комунікаціями, обладнанням і людьми, які постраждали від руйнування або зараження в результаті виникнення НС.

Безпека в НС - стан захищеності населення.

Захищеність в НС - стан, при якому запобігають, долають або гранично знижують негативні наслідки виникнення потенційних небезпек при НС.

Одним з основних способів захисту є своєчасний і швидкий вивіз людей з небезпечної зони, тобто евакуація.

Вид евакуації визначається видом, характером і умовами НС. Екстрена евакуація викликається швидкоплинними накопиченнями негативних факторів в зоні НС або від самого початку високими рівнями цих факторів.

У числі заходів щодо захисту персоналу підприємства, які розробляються об'єктовою комісією, вказуються дії по евакуації, як при загрозі так і при виникненні НС.

Питання евакуації для вивчення включаються в тематику занять робітниками і службовцями в системі цивільної оборони.

З урахуванням аналізу визначається вид евакуації, проводиться розрахунок службовців і робітників, встановлюються заходи щодо безаварійної зупинки виробництва, намічаються схеми руху евакуйованих із зони НС до пунктів тимчасового розміщення.

Керівник об'єктової комісії з НС приймає одне з рішень:

- а) провести евакуацію всередині цеху;
- б) вивести персонал за межі об'єкта;
- в) застосувати комбінований метод.

У зв'язку з можливістю загорання, вибуху газозмісних балонів або виникнення НС іншої категорії. На проєктованій ділянці повинен бути передбачений план евакуації.

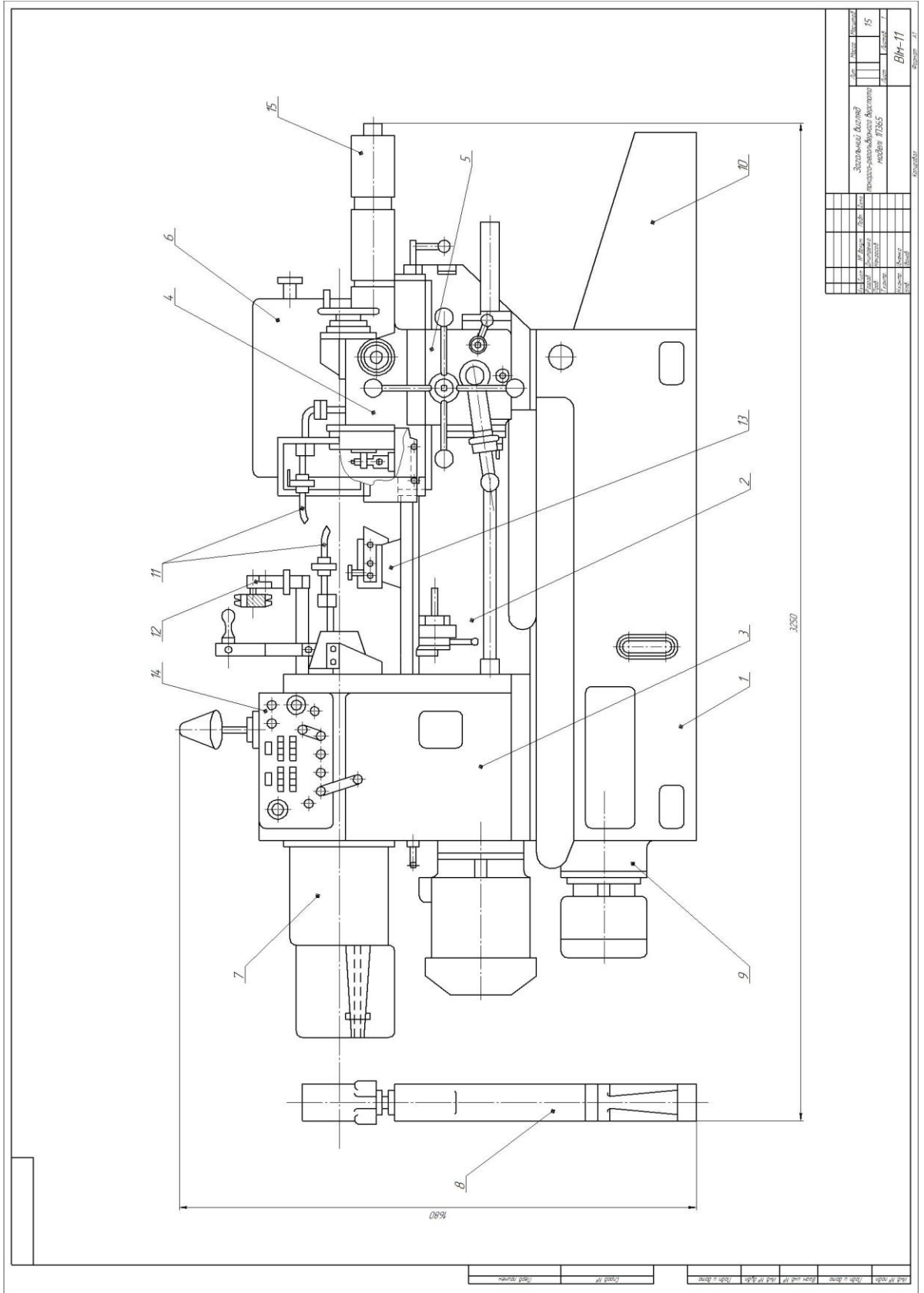
Відповідно до ГОСТ 12.1.004-91 планування будівель і споруд повинні забезпечувати швидку евакуацію людей у разі виникнення пожежі.

А.4 Висновки

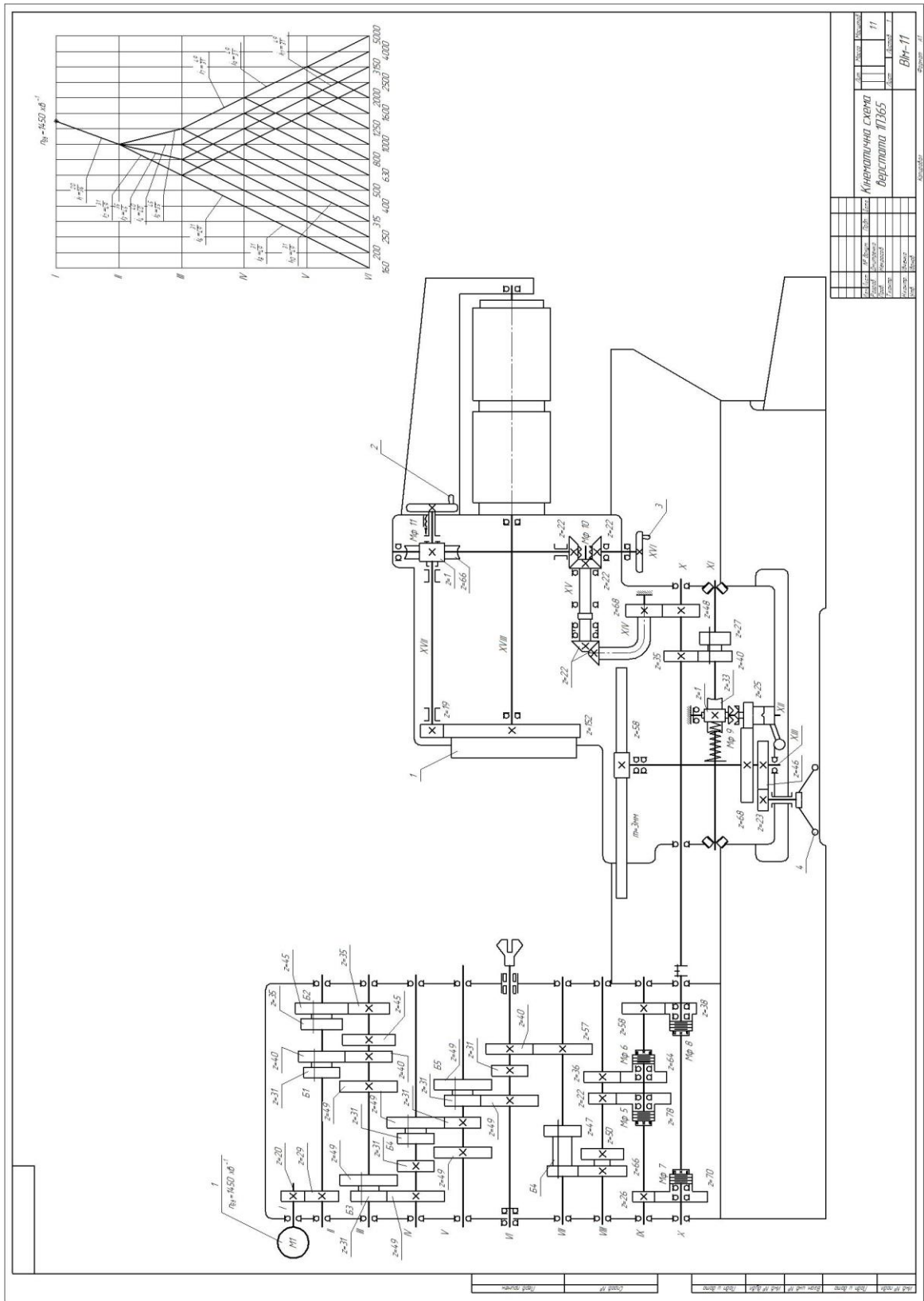
1. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних факторів на ділянці з виготовлення деталі «Шпindel» та визначені шляхи щодо їх усунення.
2. Виконаний розрахунок природнього та штучного освітлення, який дозволяє підібрати лампи для цеху, де виготовляється деталь «Шпindel», що буде забезпечувати достатню освітленість на робочих місцях.
3. Визначено заходи в разі виникнення надзвичайних ситуацій.

ДОДАТОК Б

ЗАГАЛЬНИЙ ВИГЛЯД ВЕРСТАТУ 1П365



ДОДАТОК В
КІНЕМАТИКА ВЕРСТАТУ 1П365



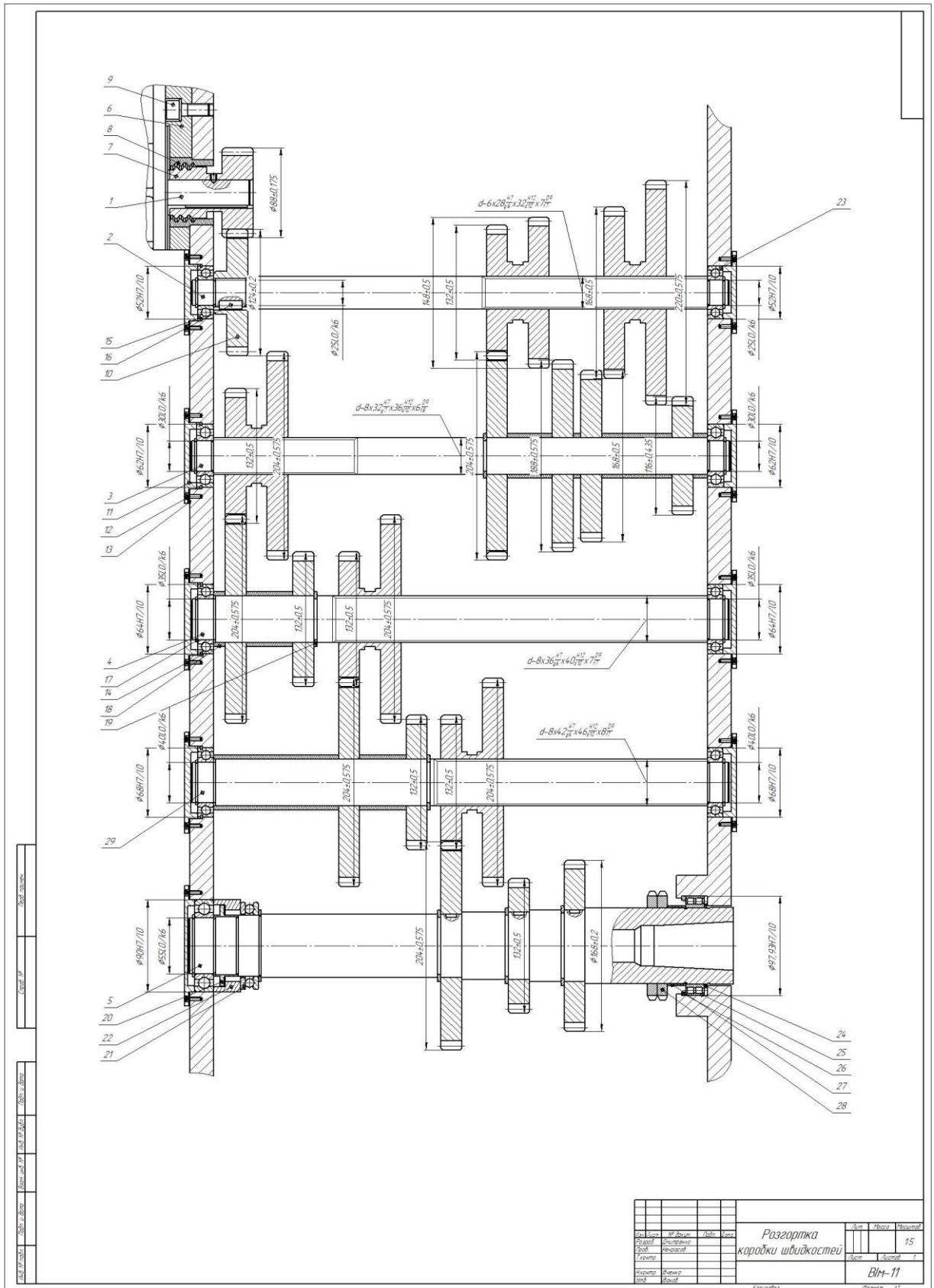
І	ІІ	ІІІ	ІV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	ІІІ	ІІІІ	І	ІІ	ІІІ
І	ІІ	ІІІ	ІV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	ІІІ	ІІІІ	І	ІІ	ІІІ
І	ІІ	ІІІ	ІV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	ІІІ	ІІІІ	І	ІІ	ІІІ

Кінематична схема верстака 1П365

Вибір 11

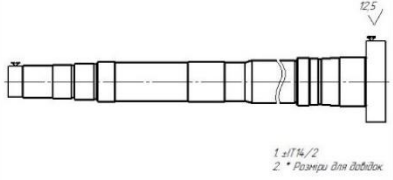
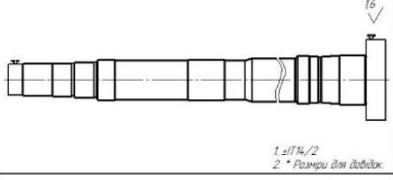
ДОДАТОК Г

РОЗГОРТКА КОРОБКИ ШВИДКОСТЕЙ ВЕРСТАТУ 1П365



ДОДАТОК Е

МАРШРУТНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИГОТОВЛЕННЯ ШПИНДЕЛЯ

№ операції	Найменування операції	Операційний ескіз	Обладнання	Технологічне оснащення	Вимірвальний інструмент
005	Токарно-гвинтарізна	 <p style="text-align: center;">1 ±IT14/2 2 * Розміри для довідок</p>	Токарно-гвинтарізна верстат TURNER 360	Токарний патрон спеціальний / Ланет 6046-0011 / ГОСТ 21190-75 / Різець проходний РСЛНР 225Р6 В8 ГОСТ 3882-74 / Різець канавочний Г1011.16.16R-4Т126Х24	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89
010	Токарно-гвинтарізна		Токарно-гвинтарізна верстат TURNER 360	Токарний патрон спеціальний / Ланет 6046-0011 / ГОСТ 21190-75 / Різець проходний РСЛНР 16 ІН2 15K6 ГОСТ 3882-74 / Різець канавочний Г1011.16.16R-4Т126Х24	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89
015	Токарно-гвинтарізна		Токарно-гвинтарізна верстат TURNER 360	Токарний патрон спеціальний / Ланет 6046-0011 / ГОСТ 21190-75 / Різець проходний РСЛНР 16 ІН2 15K6 ГОСТ 3882-74 / Різець канавочний Г1011.16.16R-4Т126Х24	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89
020	Свердлильна		Верстат глибокого свердління IMSA B4.S	Токарний патрон спеціальний / Ланет 6046-0011 / ГОСТ 21190-75 / Розточна оправка В3220.М6.070-090.22.02.12 з двма пластинами ССМТ1204.12-Е4.7 WSM20S / Передній адаптер А10ХМ150.020.63	Нутромір НН 10-16-4 ГОСТ 868-82
025	Вертикально-свердлильна		Вертикально-свердильний верстат 2Н135	Прізми / Зенкер спеціальний	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89
030	Токарно-гвинтарізна		Токарно-гвинтарізна верстат TURNER 360	Токарний патрон спеціальний / Ланет 6046-0011 / ГОСТ 21190-75 / Різець проходний РСЛНР 16 ІН2 15K6 ГОСТ 3882-74	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89
035	Радіально-свердлильна		Радіально-свердильний верстат СІ 180-100V	Зорілля Зетал в простій спеціальному свердлі ш 23 2301-3642 ГОСТ 8903-77 / Свердло ш 85 2301-3622 ГОСТ 8903-77 / Літчик 262Н-1905 ГОСТ 3266-81 / Літчик 262Н-1223 ГОСТ 3266-81 / Свердло ш 6,7 2301-3559 ГОСТ 3266-81	Шаблон для контролю різ / Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89
040	Термічна		Електропеч	Щипці	
045	Круглошліфувальна	 <p style="text-align: center;">1 ±IT14/2 2 * Розміри для довідок</p>	Круглошліфувальний верстат ЗМ152ВМ	Токарний патрон спеціальний / Центр А-1-4-9 ГОСТ 8742-75 / Круг шліфувальний 250x20x76 ПП 24 А СМ5К6 ГОСТ 24.24-83	Мікрометр МК 75-120 ГОСТ 6507-90
050	Токарно-гвинтарізна		Токарно-гвинтарізна верстат TURNER 360	Токарний патрон спеціальний / Центр А-1-4-9 ГОСТ 8742-75 / Різець різьбярізна 2660-0001 15K6 ГОСТ 18085-73	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89 / Шаблон для контролю різ
055	Фрезерна		Горизонтальний шліфувальний верстат 5350	Токарний патрон спеціальний / Центр А-1-4-9 ГОСТ 8742-75 / Фреза 2520-0732 ГОСТ 8027-86	Шаблон для контролю шліф
060	Вертикально-фрезерна		Вертикально-свердильний верстат 6Р13	Прізми / Фреза диска 2520-0001 ГОСТ 3964-69	Штангенциркуль ШЦ-І-125-0,1 ГОСТ 166-89

Розробив	Виконав	Перевірив	Затвердив	Методичний технологічний процес	Дата	Лист	З	Всього	1
Бірюк	Михайлюк	Михайлюк	Михайлюк						
Місце	Місце	Місце	Місце						

Віт-11

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
	17		Гвинт М8 х 40 ГОСТ 1491-80	4	
	18		Гвинт М8 х 20 ГОСТ 1491-80	2	
	19		Гвинт М10 х 18 ГОСТ 1491-80	1	
	20		Гвинт М8 х 16 ГОСТ Р 50383-92	1	
	21		Пружина №338 ГОСТ 1213-79	1	
			Інші вироби		
	22		Пневмоциліндр 7020-0101 ГОСТ 21821-76 тип 1 - одинарний	1	

Інв. № подл.	Подп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дцпл.	Подп. і дата

Ізм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
					2