

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Верстатне та інструментальне забезпечення обробки
деталі «Вал 14.02.15804»

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МВЗс-41

спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Стаднюк С.Д.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Кобельник В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Кобельник В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Кобельник В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2023

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

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ВІ
_____ Кобельник В.Р.

« » 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня _____ бакалавр

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування

студентці _____
Стаднюку Сергію Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Вал 14.02.15804»

Керівник роботи Кобельник В.Р., к.т.н., доцент, завідувач кафедри ВІ

Затверджені наказом ректора від « 28 » грудня _____ 2022 року № 4/7-1076

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі, маршрутний технологічний процес механічної обробки деталі, паспорт токарного верстата.

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

Аналіз завдання на проектування, характеристика деталі, огляд літератури.

Технологічний розділ. Розрахунок режимів різання. Конструкторський розділ.

Верстатне забезпечення технологічного процесу.

Інструментальне забезпечення обробки деталі

Розділ охорони праці та безпеки життєдіяльності

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

Креслення деталі – 0,5 арк. ф. А.1. Схеми формоутворення – 1 арк. ф. А. 1.

Кінематична схема – 1 арк. ф. А. 1., Фрезерна головка – 1 арк. ф. А. 1.

Свердлильна головка – 1 арк. ф. А. 1., Гідравлічна схема – 1 арк. ф. А. 1.

6. Консультанти розділів роботи

7.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та БЖД	Окіпний І.Б. к.т.н., доцент, зав. каф. ТМ		
Нормоконтроль	Кобельник В.Р. к.т.н., зав. каф. ВІ		

8. Дата видачі завдання

1.02.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	До 31.01.2023	
2	Огляд літератури	До 25.02.2023	
3	Технологічний розділ	До 01.03.2023	
4	Конструкторська частина	До 15.04.2023	
5	Розробка кінематичної схеми верстата	До 05.05.2023	
6	Розробка конструкції вузла	До 05.05.2023	
7	Розробка конструкції інструменту	До 20.05.2023	
8	Оформлення питань ОП та БЖД	До 27.05.2023	
9	Оформлення графічного матеріалу	До 10.06.2023	
10	Оформлення пояснювальної записки	До 10.06.2023	

Студентка

Стаднюк С.Д.

Керівник роботи

Кобельник В.Р.

Зміст

Вступ_____

1. Загальний розділ_____

1.1. Аналіз конструктивно-технологічних властивостей деталі._____

1.2. Обґрунтування, визначення типу організаційної форми виробництва з використанням робочого верстата._____

1.3. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки деталі – представника._____

2. Технологічний розділ_____

2.1. Розробка та вибір оптимального технічного маршруту механічної обробки деталі-представника._____

2.2. Призначення припусків та проектування заготовки._____

2.3. Розрахунок режимів різання по операціях і переходах._____

2.4. Технічне нормування розробленого технологічного процесу._____

3. Верстатне забезпечення механічної обробки_____

3.1. Розробка структурно - кінематичної схеми верстата._____

3.2. Проектування фрезерної головки_____

3.2.1. Опис конструкції та принципу роботи вузла._____

3.2.2. Вибір двигуна._____

3.2.3. Кінематичний розрахунок вузла. _____

3.2.4. Характеристики вузла._____

3.2.4.1. Вибір конструктивної схеми шпиндельного вузла._____

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Стаднюк С.Д.			ЗМІСТ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Кобельник						
Реценз.								
Н. Контр.		Кобельник						
Затверд.		Кобельник						
						ТНТУ, гр. МВ _{зс} - 41		

- 3.2.4.2. Вибір геометричних характеристик шпиндельного вузла. _____
- 3.2.5. Розрахунок оптимальної між опорної відстані. _____
- 3.2.6. Розрахунок радіальної жорсткості шпиндельного вузла. _____
- 4.2.7. Розрахунок направляючих фрезерної головки. _____
- 3.2.8 Модуль точності вузла. _____
- 3.3. Проектування свердлильної головки _____
- 3.3.1.Опис конструкції та принципу роботи вузла. _____
- 3.3.2. Вибір двигуна. _____
- 3.3.3. Кінематичний розрахунок вузла. _____
- 3.3.4. Розрахунок осьової жорсткості шпиндельного вузла _____
- 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці** _____
- 4.1. Засоби з техніки безпеки в конструкції верстата. _____
- 4.2. Робоче місце верстата. _____
- Висновки** _____
- Перелік посилань** _____
- Додатки** _____

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

У технології верстатобудування комплексно вивчають питання взаємодії верстату, пристосіблення, ріжучого інструменту і обробляючих деталей, шляхи побудови найбільш раціональних, тобто найбільш продуктивних, економічних, технологічних процесів обробки деталей машин, включаючи вибір обладнання і технологічної оснастки, методи раціональної побудови технологічних процесів складання машин.

Вдосконалення технологічних методів виготовлення машин має при цьому першочергове значення. Якість машини, надійність, довговічність і економічність в експлуатації залежить не тільки від вдосконалення її конструкції, але і від технології виробництва. Застосування прогресивних високопродуктивних методів обробки, забезпечуючи високу точність і якість поверхонь деталі машини, методів спрощення робочих поверхонь, підвищуючи ресурс роботи деталей і машини в цілому, ефективно використання сучасних автоматичних і потокових ліній, станків з програмним керуванням (в тому числі і багатоопераційних), електронно-обчислювальних машин та іншої нової техніки, застосування прогресивних форм організації і економіки виробничих процесів – все це направлено на вирішення головних задач: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

Науково-технічний прогрес в машинно і верстатобудуванні в значній степені визначає розвиток і вдосконалення всього народного господарства країни. Важливими умовами прискорення науково-технічного прогресу являється ріст продуктивності праці, підвищення ефективності загального виробництва і покращення якості продукції. Тому майбутні спеціалісти – верстатобудівники повинні володіти основами конструювання верстатів і їх важливих вузлів.

					КРБ 21-467.00.00.000 ПЗ			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Вступ	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Стаднюк С.Д.					<i>Н</i>		<i>1</i>
<i>Перевір.</i>	Кобельник В.Р.							
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. контр.</i>	Кобельник В.Р.							
<i>Зав. каф.</i>	Кобельник В.Р.							
						ТНТУ, гр. МВЗс-41		

1. Загальний розділ

1.1. Аналіз конструктивно-технологічних властивостей деталі.

Деталь, «Вал 14.02.15804», виготовляється з сталі 40Х ГОСТ 4543-81. Вихідною заготовкою для виготовлення деталі є штамповка. Діаметри шийок вала за виключенням $\varnothing 45_{k6}$ зменшується до торця вала. В конструкції даної деталі немає фланців з великими перепадами діаметрів по відношенню до основної частини.

В конструкції вала передбачено шпонковий паз на шийці $\varnothing 60_{k6}$ на яку встановлюється зубчасте колесо.

Для забезпечення необхідної твердості треба провести термообробку. Щоб забезпечити шорсткість поверхонь 1,25 і 3,2 необхідно здійснити шліфування цих поверхонь.

Деталь є досить високої точності так як є велика кількість ділянок з 6-м квалітетом. Вал є досить жорстким, що дозволяє забезпечити необхідну точність.

З точки зору технологічності дану деталь можна вважати технологічною.

Конструкція вала не має поверхонь, для обробки яких необхідно було б використовувати дороге обладнання. Обробку поверхонь вала можна проводити прохідними різцями.

Так як діаметри шийок вала зменшуються до торця вала, то є можливість проводити обробку на гідрокопірувальних або багаторізцевих напівавтоматах. Використання цього високопродуктивного обладнання дозволяє зменшити час на обробку поверхонь, тобто збільшити продуктивність.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Стаднюк С.Д.			Загальний розділ	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Кобельник В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Кобельник В.				ТНТУ, гр. МВ _{зс} - 41		
Затверд.		Кобельник В.						

Даний вал використовується в редукторі для передачі крутного моменту.

Основні механічні властивості матеріалу:

границя текучості = 80 кг-с/мм²;

границя витривалості = 100 кг-с/мм².

1.2. Обґрунтування, визначення типу організаційної форми виробництва з використанням робочого верстата.

Тип виробництва і форма його організації буде визначатись в основному місячною програмою випуску деталей, видами операцій і їх трудомісткістю. В залежності від того, яка форма організації буде прийнята підбирається обладнання і відповідно оснащення, тобто для одиничного і дрібносерійного виробництва використовують універсальні верстати і пристосування, а в масовому і крупносерійному - спеціальні верстати.

Розроблений в даній дипломній роботі верстат є спеціальним фрезерно-центрувальним автоматом, пристрої, які на ньому використовуються мають гідро або електропривод, тому верстат буде використовуватись в масовому і крупносерійному виробництві.

1.3. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки деталі - представника.

Розглянемо два варіанти отримання заготовки:

- одержання заготовки з прокату;
- одержання заготовки штамповкою на ГKM.

Дані для розрахунку по першому та другому варіантах зводимо в таблицю 1.1.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1. - Дані для розрахунку

Назва показників	Варіант	
	Перший	Другий
Вид заготовки	Прокат $\text{Ø}65 \times 295$	Штамповка на ГKM
Клас точності	-	1
Група складності	-	1
Маса заготовки Q, кг	7,41	6,3
Маса готової деталі	$q = 4$ кг	

Провівши необхідні розрахунки та порівнявши отримані результати ми можемо зробити висновок, що будемо використовувати заготовку виготовлену штамповкою на ГKM, так як вартість її нижча.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2. Технологічний розділ

2.1. Розробка та вибір оптимального технологічного маршруту механічної обробки деталі-представника.

I варіант. (Заготовка-прокат Ø65x295 ГОСТ 7417-57)

Таблиця 2.1 - Технологічний маршрут обробки.

№ опер.	Назва операції	Обладнання
005	Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати торці в розмірі 1 2. Центрувати отвори Ø14x11 мм	
010	Токарно-револьверна 1. Свердлити отвір Ø16x150 мм	1П365
015	Токарно-револьверна 1. Свердлити отвір Ø16x150 мм	1П365
020	Токарно-револьверна 1. Свердлити отвір в розмірі 21,1	1П365
025	Токарно-револьверна 1. Зенкувати фаску в розмір 10, 20 Переустановити деталь 2. Зенкувати фаску в розмір 10, 20	1П365
030	Токарно копірувальна 1.Обточити поверхню в розміри 2, 15, 11	1708
035	Токарно-копірувальна 1. Обточити поверхню в розмір 22, 11, 6, 19, 12, 5, 17,4, 16	1708
040	Зубо-нарізна 1. Фрезерувати зуби в розміри 9, 26, 23, 22, 24,25	5350
045	Шпоночно-фрезерна 1. Фр.шпоночний паз в розмірі 13, 14,27, 28, 29	690P
050	Круглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню в розміри 2, 15	ЗБ151
055	Круглофліфувальна 1. Шліфувати поверхню в розміри 19, 6	ЗБ151

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ		
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Стаднюк С.Д.				Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Кобельник В.						
Реценз.					Технологічний розділ		
Н. Контр.	Кобельник В.				ТНТУ, гр. МВ _{зс} - 41		
Затверд.	Кобельник В.						

Продовження таблиці 2.1

060	Круглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню в розміри 11, 5	ЗБ151
065	Круглофліфувальна 1. Шліфувати поверхню в розміри 16, 4	ЗБ151

II варіант (Заготовка-штамповка на ГКМ)

У цьому варіанті операції 030 і 035 виконаємо на багато різцевому напівавтоматі мод. 1A720. Цей верстат дешевий, а також зможе забезпечити зменшення часу обробки. Це дає можливість нам зменшити вартість механічної обробки деталі при незмінних інших операціях. Отже, доцільним є використання другого варіанта технологічного маршруту механічної обробки.

2.2. Призначення припусків та проектування заготовки.

Призначаємо припуски на оброблювані поверхні вала у відповідності з ГОСТ 7505-85.

Приведемо необхідні дані для виконання поставленого завдання.

Поковка - вал.

Степінь складності С1

Група сталі М1

Точність виготовлення I клас

Нагрів заготовки в полум'яній печі.

Маса поковки $m = 6,3$ кг

При визначення припусків на обробку при полум'яному нагріві припуск збільшується на 1,0 мм.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Припуски на обробку

Розмір, на який призначається припуск, (мм)	Припуск, (мм)
282	3,4
88	3
35	2,2
Ø60	2,5
Ø50	3,3
Ø45	3,2

Радіуси заокруглень кутів - R2,5 мм

Визначимо розміри поковки

$$282 + 2 \cdot 2,34 = 288,8 \text{ мм};$$

$$88 + 2 \cdot 3 = 94 \text{ мм};$$

$$35 + 2 \cdot 2,2 = 39,4 \text{ мм};$$

$$\text{Ø}60 + 2 \cdot 2,5 = 65 \text{ мм};$$

$$\text{Ø}50 + 2 \cdot 3,3 = 56,6 \text{ мм};$$

$$\text{Ø}45 + 2 \cdot 3,2 = 51,4 \text{ мм}.$$

Призначаємо допуски на розміри поковки:

$$39,4_{-0,4}^{+1,0}; 288,8_{0,8}^{+1,2}; 94_{-0,5}^{+1,0}; \text{Ø}60_{-0,5}^{+1,0}; \text{Ø}56,6_{-0,5}^{+1,0}; \text{Ø}51,4_{-0,5}^{+1,0}$$

Допуски на радіуси: R 2,5⁺¹ .

Заусенець по периметру зрізу - 1,0

									Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ				

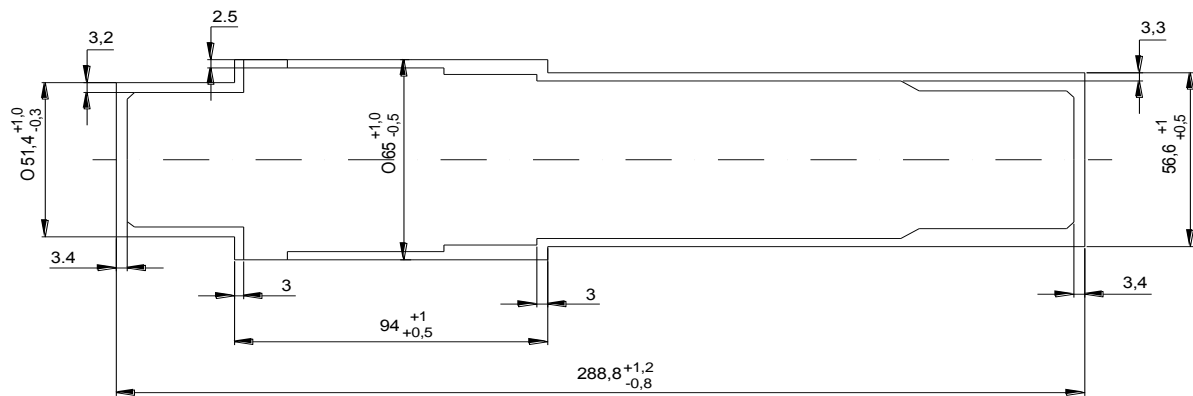


Рис. 2.1 - Ескіз заготовки

Розмірний аналіз

Розглянемо розмірний ланцюг А. Що складається з чотирьох ланок.

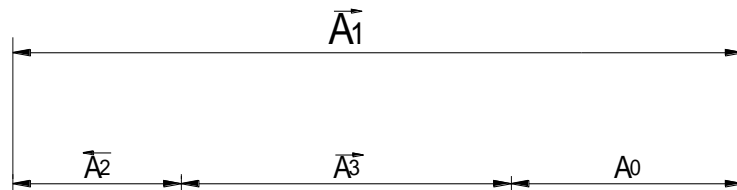


Рис. 2.2 - Розмірний ланцюг

$$A_1 = 282_{-0.5}; A_2 = 35_{\pm 0.62}; A_3 = 201_{\pm 1.15}$$

Визначимо номінальний розмір замикаючої ланки A_0 , величину допуску, верхнє і нижнє відхилення та середину поля допуску.

1. Номінальний розмір:

$$A_0 = \Sigma \vec{A} - \Sigma \vec{A} = A_1 - (A_2 + A_3) = 282 - (35 + 201) = 46 \text{ мм}$$

2. Величина допуску

$$T_{A_0} = 0,5 + 1,4 + 2,3 - 4,04 \text{ мм}$$

3. Верхнє і нижнє відхилення:

$$ES_{A_0} = 0 - (-0,62 - 1,15) = 1,77 \text{ мм}$$

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$EI_{A_0} = -0,5 - (-0,62 - 1,15) = -2,27 \text{ мм}$$

4. Середина поля допуску:

$$E_{cA_0} = (ES_{A_0} + EI_{A_0})/2 = (1,77 + (-2,27))/2 = -0,25 \text{ мм}$$

$$\text{Отже, } A_0 = 46_{-2,27}^{+1,77} \text{ мм}$$

2.3. Розрахунок режимів різання по операціях і переходах.

Розрахуємо аналітично режими різання для першого переходу операції 005.

Операція 005

1. Фрезерувати торці вала в розмір 1

Інструмент - торцеві фрези з встановленими ножами з швидкоріжучої сталі ГОСТ 26695-85.

Розміри фрези: $D=100\text{мм}$; $d=50\text{мм}$; $B=50\text{мм}$; $t=8$.

Період стійкості фрези 180 хв.

- Глибина різання: $V=50\text{мм}$;
- Ширина: $t=5\text{мм}$;
- Довжина робочого ходу $L_{p.x.} = 230\text{мм}$;
- Подача $St=0,15\text{мм}$, [2, с.
- Швидкість різання визначаємо за формулою:

$$V = \left((C_v \cdot D^g) / (T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p) \right) \cdot K_v, [2, \text{с.}]$$

де C_v, g, u, m - коефіцієнт і показники степенів;

$$x = 0,1; \quad p = 0; \quad u = 0,15, \quad C_v = 142;$$

$$g = 0.25; \quad y = 0.4; \quad m = 0.2; \quad [2].$$

D - діаметр фрези, мм;

T - період стійкості фрези, хв;

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Z - кількість зубів фрези;

$K_v = 0,89$ - коефіцієнт, що враховує умови різання

$$V = \left((142 \cdot 100^{0,25}) / (180^{0,25} \cdot 5^{0,1} \cdot 0,15^{0,4} \cdot 50^{0,15}) \right) \cdot 0,89 = 143 \text{ м/хв}$$

- Число обертів шпинделя:

$$n = (1000 - V) / (\pi \cdot D) = (1000 - 143) / (3,14 \cdot 100) = 456 \text{ об/хв}$$

- Сила різання визначається за формулою:

$$P_Z = \left((10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B_Z^u \cdot z) / (D^g \cdot n^w) \right) \cdot K_{mp}$$

де C_p , x , y , u , g , w - коефіцієнт і показники степенів.

$C_p = 82,5$; $x = 0,95$; $y = 0,8$;

$u = 1,1$; $g = 1,1$; $w = 0$ [2]

n - частота обертів фрези, об/хв.

$$P_Z = \left((10 \cdot 82,5 \cdot 5^{0,95} \cdot 50^{1,1} \cdot 8 \cdot 0,15^{0,8}) / (100^{1,1} \cdot 456^0) \right) \cdot 0,75 = 2335 \text{ Н}$$

- Крутий момент:

$$M_{кр} = (P_Z \cdot V) / (1020 \cdot 60) = (2335 \cdot 100) / (1020 \cdot 60) = 1168 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

- Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N = (P_Z \cdot V) / (1020 \cdot 60) = (2335 \cdot 143) / (1020 \cdot 60) = 5,3 \text{ кВт}$$

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 - Зведена таблиця режимів різання

№	Назва операції		t мм	L _{p.x} мм	T ₁ хв	n ₁ об/хв	V ₁ м/хв	S мм/об	S _x мм/об	T ₀ хв	N _{різ} кВт	N _{дв} кВт
005	Фрезерно-центрувальна	1	2	230	180	456	143	0,72	322	0,13	5,3	5,5
		2	2	13	15	1125	14,1	0,18	202,5	0,18	0,5	1,1
010	Токарно-револьверна	1	8	155	60	270	13,6	0,35	95,5	1,6	1,9	4
015	Токарно-револьверна	1	8	155	60	270	13,6	0,35	95,5	1,6	1,9	4
020	Токарно-револьверна	1	2,5	293	80	272	18,0	0,35	95,5	3,2	1,9	4
025	Токарно-револьверна	1	2	8	50	168	18,5	руч	-	0,5	0,8	4
		2	2	8	50	168	18,5	руч	-	0,5	0,8	4
030	Токарна	1	3,7	39	60	575	64,3	0,4	230	0,27	4,8	7,5
035	Токарна	1	4,7	135	80	575	90,3	0,4	230	1,31	5,9	7,5
040	Зубо-нарізна	1	5	50	300	80	17,8	0,63	50,4	1,57	5,6	7,5
045	Шпоночно-фрезерна	1	1,8	128	120	315	17,8	0,79	250	3,2	1,6	2,3
050	Кругло-шліфувальна	1	0,3	35	100	120	17	0,26	31,2	1,13	3	6,5
055	Кругло-шліфувальна	1	0,3	113	100	120	18,8	0,32	38,4	0,93	3,5	6,5
060	Кругло-шліфувальна	1	0,3	28	100	90	15,5	0,26	23,4	1,13	3	6,5
065	Кругло-шліфувальна	1	0,3	47	100	90	17	0,26	23,4	1,13	3	6,5

2.4. Технічне нормування розробленого технологічного процесу.

Розрахунок технологічних норм часу проводимо по посібнику [9].

Розрахуємо норму штучного часу для операції 020.

Основний час $T_0 = 3,2$ хв, такт випуску $T_v = 2,43$ хв.

1. Знайдемо об'єм допоміжної роботи і час необхідний на її виконання.

Установка і зняття деталі $T_{уст} = 0,23$ хв [9, с.152]

Час керування верстатом $T_{кер} = 0,09$ хв [3, с.365]

Час вимірювання деталей $T_{вим} = 0,09$ [3, с.217]

2. Оперативний час визначаємо за формулою:

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата					

Таблиця 2.4 - Норми часу

№	Назва операції	Основний час, хв	Допоміжний час, хв			Оперативний час, хв	Час обслуговування, хв	Час на відпочинок, хв	Штучний час, хв	Підготовчий час, хв
			Установка і зняття деталі	Керування верстатом	Вимірювання деталі					
005	Фрезерно-центрувальна	0,31	0,06	0,04	0,05	0,15	0,11	0,03	0,93	20
010	Токарно-револьверна	1,6	0,23	0,03	0,18	2,04	0,37	0,11	2,52	28
015	Токарно-револьверна	1,6	0,23	0,03	0,18	2,04	0,37	0,11	2,52	28
020	Токарно-револьверна	3,2	0,23	0,05	0,09	3,57	0,42	0,24	4,32	28
025	Токарно-револьверна	0,5	0,21	0,3	-	0,74	0,6	0,03	1,37	28
030	Токарна	0,27	0,10	0,01 3	0,01	0,51	0,1	0,03	0,64	30
035	Токарна	1,31	0,10	0,01 3	0,08	1,72	0,15	0,1	1,97	38
040	Зубо-нарізна	1,57	0,15	0,05	0,27	2,39	0,1	0,1	2,59	34
045	Шпоночно-фрезерна	3,2	0,15	0,02	0,16	3,51	0,16	0,21	3,88	17

Продовження таблиці 2.4

050	Кругло-шліфувальна	1,13	0,17	0,002	0,09	1,41	0,56	0,16	2,13	30
055	Кругло-шліфувальна	0,93	0,17	0,02	0,09	1,21	0,56	0,16	1,93	30
060	Кругло-шліфувальна	1,13	0,17	0,02	0,09	1,41	0,56	0,16	2,13	30
065	Кругло-шліфувальна	1,13	0,17	0,02	0,09	1,41	0,56	0,16	2,13	30

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата						

3. Верстатне забезпечення механічної обробки

3.1. Розробка структурно - кінематичної схеми верстата.

Аналіз схем формоутворення

Всі поверхні можна уявити у вигляді сукупності декількох простих: плоских, циліндричних, конічних, сферичних, торових, евольвентних, гвинтових.

Кожна поверхня уявляється як слід руху однієї лінії (твірної) по іншій (направляючій). Ці лінії називають - відтворюючими.

Для виконання будь-яких поверхонь необхідно здійснити формоутворюючі рухи, тобто рухи інструмента і заготовки узгоджені між собою.

Проаналізуємо, які методи формоутворення можна використати для утворення торцевих поверхонь деталі і центрових отворів.

1. Фрезерування торців вала.

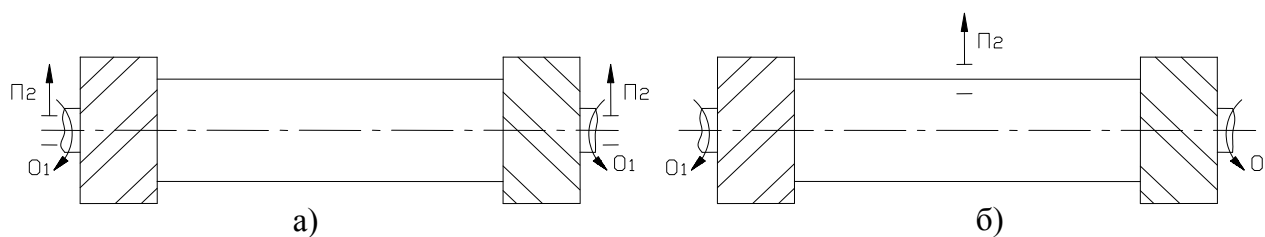


Схема обробки торцевими фрезами з рухомою (б) і нерухомою (а) заготовкою

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Стаднюк С.Д.				Верстатне забезпечення механічної обробки	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Кобельник В.							
Реценз.								
Н. Контр.	Кобельник В.					ТНТУ, гр. МВ _{зс} - 41		
Затверд.	Кобельник В.							

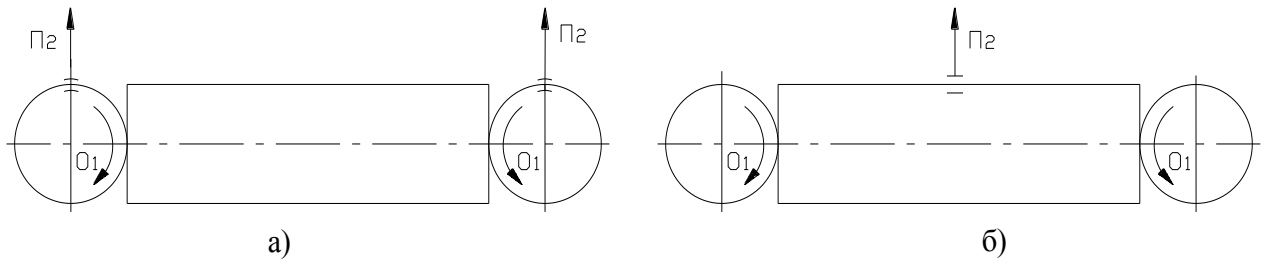


Схема обробки циліндричними фрезами з рухомою (б) і нерухомою (а) заготовкою

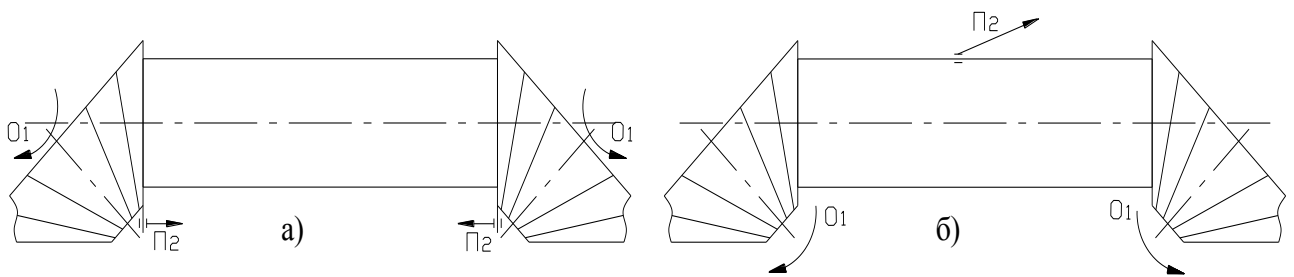


Схема обробки конічними фрезами з рухомою (б) і нерухомою (а) заготовкою

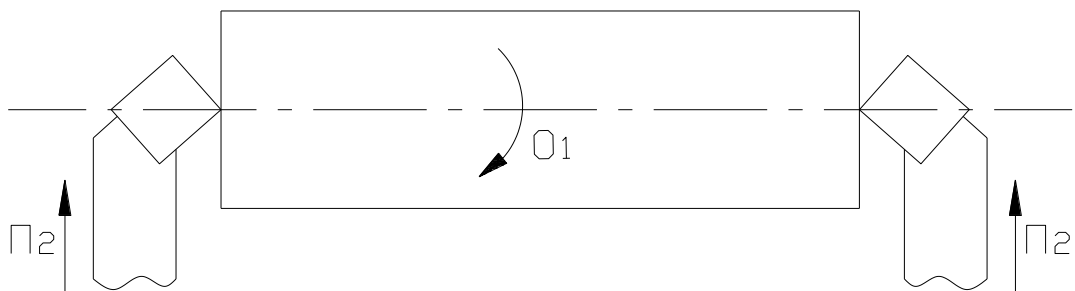


Схема обробки прохідними різцями

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

2. Обробка центрових отворів

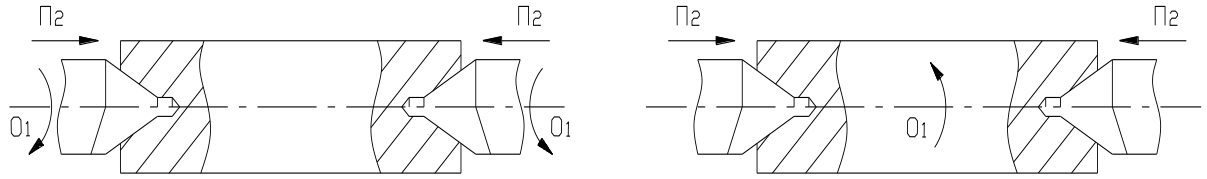


Схема обробки центральними сверлами з рухомою (б) і нерухомою (а) заготовкою

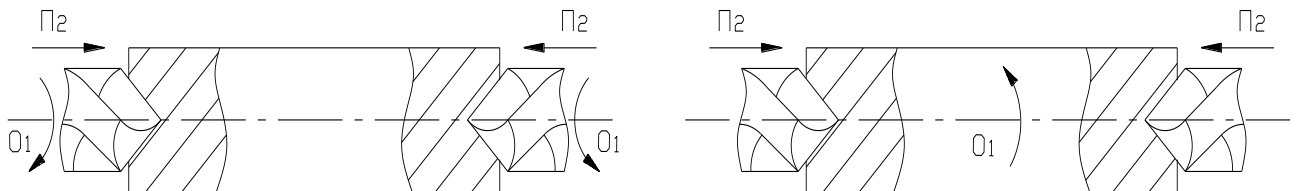


Схема обробки циліндричними сверлами з рухомою (б) і нерухомою (а) заготовкою

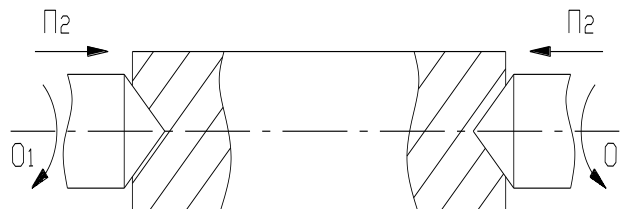


Схема обробки методом пластичної деформації

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Проаналізувавши приведені вище схеми обробки вала і центрових отворів, а також враховуючи рекомендації, вимоги до оброблюваних поверхонь призначаємо обробку по схемах рис. 2.1.(а) і рис.2.5.(а).

Визначимо набори виконавчих рухів.

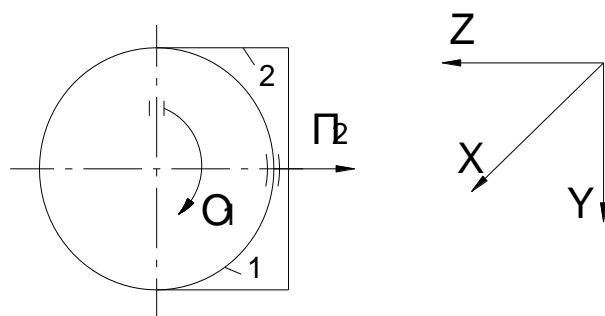
1. Фрезерування.

Технологічний модуль ТМ=ОСУ

Модульний комплект МК=ОСУ_w

Матриця можливих компонок по ТМ

A = {ОСУ}



1 - твірна. Метод формоутворення - дотику, $\Phi=2$ ($\Phi_1(O_1)$, $\Phi_5(\Pi_2)$).

2 - направляюча . Метод формоутворення - сліду, $\Phi=1$ ($\Phi_5(\Pi_2)$).

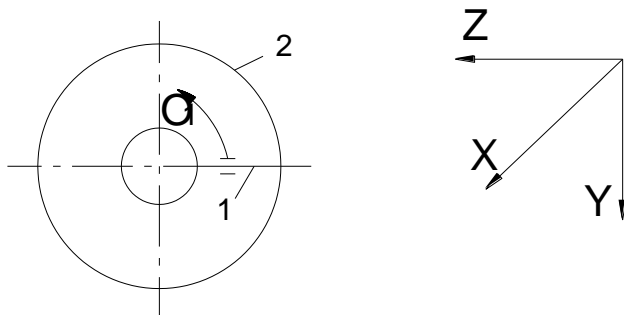
2. Центрування.

Технологічний модуль ТМ= OCZ

Модульний комплект МК=OCZ_w

Матриця можливих компонок по ТМ

A- {OCZ}



1- твірна Метод формоутворення - копіювання, $\Phi=0$, ($Vp(\Pi_2)$)

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.2.Проектування фрезерної головки

3.2.1. Опис конструкції та принципу роботи вузла.

Фрезерні головки змонтовані на направляючих коробках привода і при допомозі шліцевого вала, шестерні і рейок отримують рух від одного гідроциліндра. Шпинделі фрезерних головок приводяться в рух від індивідуальних фланцевих двигунів змінного струму. Ліва фрезерна головка вздовж станини не переміщається. Переміщення правої головки проходить разом з коробкою привода. Зміна швидкостей обертання шпинделів здійснюється змінними шестернями, які розміщені біля заднього торця. Цикл роботи головки забезпечується системою електромагнітів та кінцевих вимикачів і включає швидкий підвід, робочий хід і швидкий відвід.

3.2.2. Вибір двигуна.

По розрахованій потужності по каталогу вибираємо двигун А02-42-4, для якого $N = 5,5$ кВт; $n = 1440$ об/хв; $\eta = 0,87$.

Проведемо перевірку двигуна по нагріву методом еквівалентної потужності.

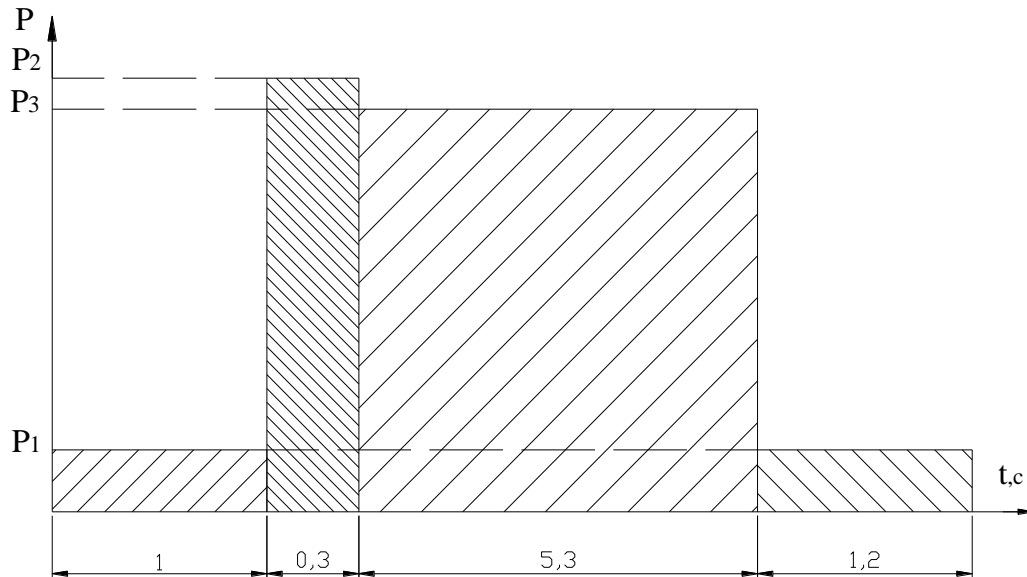


Рис. 3.2 - Графік потужності.

$$P_1 = (d_{cp} / 10^6) \cdot (\Sigma_n + k_1 \cdot (d_{um} / d_{cp}) \cdot n_{um}) \cdot k_2 =$$
$$(45 / 10^6) \cdot (3084 + 1.75 \cdot (70 / 45) \cdot 456) = 0.8 \text{ кВт}$$

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Потужність врізання:

$$P_2 = 1,4 \cdot P_3 = 1,4 \cdot 5,5 = 7,7 \text{ кВт}$$

Робоча потужність $P_3 = 5,5$ кВт.

Еквівалентна потужність згідно [3, с.315]

$$P_e = 1,1 \cdot (0,8^2 \cdot 1 + 7,7^2 \cdot 0,3 + 5,5^2 \cdot 5,3 + 0,8^2 \cdot 1,2) / 7,8 = 5,3 \text{ кВт}$$

$P_e < P_{\text{пом}}$, отже двигун вибрано правильно.

3.2.3. Кінематичний розрахунок вузла.

На даному верстаті передбачається обробляти заготовки діаметром від 25 мм до 80 мм. Тому приймаємо розміри фрез:

$D_{\text{max}} = 130$ мм і $D_{\text{min}} = 90$ мм.

Тоді швидкості різання $V_{\text{min}} = 110$ м/хв, $V_{\text{max}} = 354$ м/хв.

Мінімальну частоту обертання визначаємо за формулою:

$$n_{\text{min}} = (1000 \cdot V_{\text{min}}) / (\pi \cdot D_{\text{max}}), [7, \text{ с.90}]$$

де n_{min} - мінімальна частота обертання, об/хв;

D_{max} - максимальний діаметр фрези, мм.

$$n_{\text{min}} = (1000 \cdot 110) / (3,14 \cdot 130) = 270 \text{ об/хв}$$

Максимальна частота обертання:

$$n_{\text{max}} = (1000 \cdot V_{\text{max}}) / (\pi \cdot D_{\text{min}}), [7, \text{ с.90}]$$

$$n_{\text{max}} = 1250 \text{ об/хв}$$

де n_{max} - максимальна частота обертання, об/хв;

V_{max} - максимальна швидкість різання, м/хв;

D_{min} - мінімальний діаметр фрези, мм.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Діапазон регулювання частот обертання:

$$R_n = n_{\max} / n_{\min} = 1250 / 270 = 4,63$$

Для визначення числа ступеней частот обертання шпинтделя приймаємо $\varphi = 1,26$

$$\text{Тоді } Z = 1 + (\lg R_n / \lg \varphi) = 1 + (\lg 4,63 / \lg 1,26) = 7,$$

де Z - число ступеней швидкості різання.

Для переналадки верстата на інші режими буде використовуватись гітара змінних коліс, так як верстат спеціальний. Виходячи з цього будемо структурну сітку.

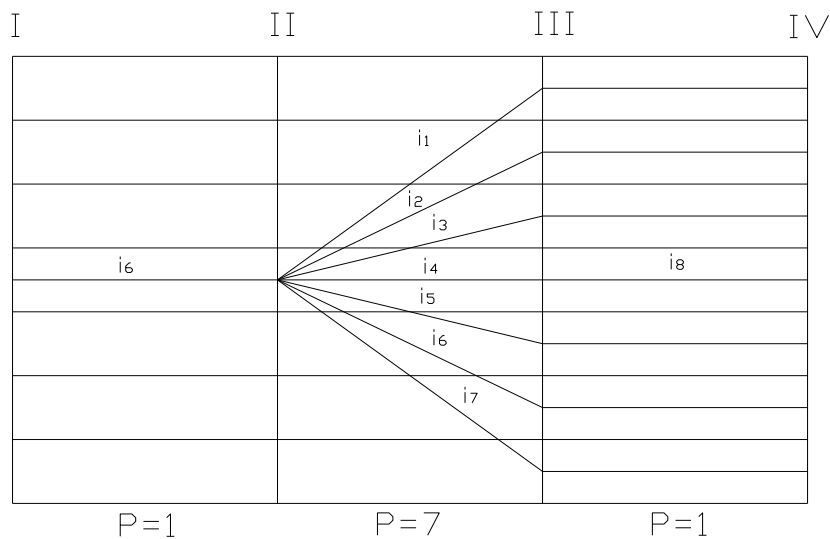


Рис. 3.3 - Структурна сітка

Так як сітка симетрична, то кожна пара коліс може використовуватись два рази: як прискорююча і як сповільнююча.

З структурної сітки:

$$i_1; i_2; i_3; i_4; i_5; i_6; i_7 = \varphi$$

$$i_4 = 1, \text{ тоді } i_3 = \varphi = 1,26; i_2 = \varphi^2 = 1,58; i_1 = \varphi^3 = 2,0; i_5 = 1/\varphi^2 = 1/1,26;$$

$$i_6 = 1/\varphi^2 = 1/1,58; i_7 = 1/\varphi^3 = 1/2.$$

3.2.4. Характеристики вузла.

а) Точність .

Для спеціальних верстатів точність обертання залежить від необхідної точності обробки : $\Delta = \Delta_d/3$,

Де Δ - биття шпинделя;

Δ_d - допуск на лімітуючи й розмір виробу.

Для нашого випадку $\Delta_d = 0,5/2 = 0,25$ мм

Тоді $\Delta = 0,25/3 = 0,083$ мм.

б) Жорсткість.

Жорсткість шпиндельного вузла визначається по деформації шпинделя під навантаженням. При цьому жорсткість на передньому кінці шпинделя, Н/мкм.

$$J = F/Y,$$

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

Y - прогин переднього кінця шпинделя.

При визначенні жорсткості шпинделя виходячи з вимог до точності обробки, визначаю прогин Y від сил різання і моменту привода при відповідних режимах обробки. Він обмежуються допуском на лімітуючий розмір деталі:

$$Y = \Delta_d / 3 = 0,083 \text{ мм.}$$

Виходячи з нормальної роботи підшипників, жорсткість на ділянці між опорами лежить в межах 250-500 Н/мкм.

в) Вібростійкість.

Дана характеристика також справляє значний вплив на якість обробки. Вібрації, які виникають в шпиндельному вузлі, негативно позначаються на точності і чистоті обробки, стійкості інструмента і продуктивності верстата.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Згідно рекомендації [1, с.209], власна частота коливань шпинделя повинна бути не нижче 400-600 Гц.

г) Теплостійкість.

Тепловиділення і температурні деформації шпиндельного вузла необхідно зводити до мінімальних значень, так як вони впливають на точність обробки і робото здатність опор. Допустимий нагрів на зовнішньому кільці підшипника складає 70°C.

3.2.4.1. Вибір конструктивної схеми шпиндельного вузла.

Для створення шпиндельного вузла у вигляді окремих агрегатних модулів, зменшення трудоемкості конструювання, виготовлення і експлуатації шпиндельних вузлів і експлуатації шпиндельних вузлів доцільно використовувати типові конструктивні схеми, їх особливістю є те, що осьове навантаження сприймається передньою опорою, задня опора при цьому плаваюча, тобто не закріплена в основному напрямку. Це підвищує радіальну жорсткість вузла, зменшує теплові деформації переднього кінця шпинделя.



Рис. 4.5 - Конструктивна схема шпиндельного вузла.

3.2.4.2. Вибір геометричних характеристик шпиндельного вузла.

Діаметр шпинделя в передній опорі приймаємо $d = 80$ мм.

Міжопорна відстань $l = 270$ мм.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Діаметр переднього кінця шпинделя $d_k = (1 - 1,2)d = 90$ мм.

Діаметр шпинделя в задній опорі $d_k = (1 - 0,8)d = 70$ мм.

Діаметр шпинделя в між опорній частині $d_m = (1 - 0,9)d = 75$ мм.

Виліт шпинделя $C = (1 - 2,1)d = 75$ мм.

3.2.5. Розрахунок оптимальної між опорної відстані.

Конструктивні параметри шпиндельного вузла в значній мірі впливають на його жорсткість. Для отримання оптимальних жорсткісних характеристик вузла необхідно зробити раціональний вибір цих параметрів. При наближених проектних розрахунках шпиндель заміняють балкою на двох опорах з силою F , прикладеною до консолі, тобто на відстані C від передньої опори.



Рис. 3.6 - Розрахункова схема.

Радіальну деформацію робочого кінця шпинделя можна представити в вигляді:

$$U_{\Sigma} = U_{\text{шп}} + U_{\text{оп}} + U_{\text{зс}}$$

де $U_{\text{шп}}$ - зміщення викликане прогином тіла шпинделя;

$U_{\text{оп}}$ - зміщення викликане податливістю опор;

$U_{\text{зс}}$ - зміщення зсуву від дії поперечних сил.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

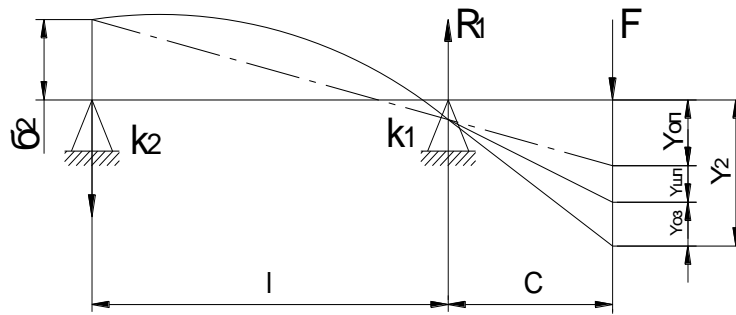


Рис. 3.7 - Схема деформації шпинделя

Так як зміщення $y = (3 - 6)y_1 \cdot y_\Sigma$, то при наближених розрахунках не враховуємо. Сумарну деформацію визначаємо за формулою [5,с.92]

$$Y = ((F \cdot C^2)/3E) \cdot [(C/l_2) + (1(1 - \xi_3)/l_1)] + F \{k_1 [(C(1 - \xi) + 1)/1]^2 + k_2(1 - \xi_3)(C^2/l^2)\},$$

де E - модуль пружності матеріалу шпинделя;

I_1, I_2 - осьовий момент інерції сечення шпинделя на консолі і між опорами;

k_1, k_2 - податливість передньої і задньої опор;

ξ_3 - коефіцієнт защемлення

Загальна податливість шпиндельного вузла: $K = P/ y_\Sigma$.

Оптимальне значення між опорної відстані визначаємо з рівняння [5.С.93] :

$$I^3 - \{(6EI_1k_1/C)l + 6EI_1[k_1(1 - \xi) + k_2]\} = 0.$$

Розв'язок кубічного рівняння дає значення оптимальної між опорної відстані l_{opt} . Розрахунки здійснені з допомогою ЕОМ.

Вихідні дані для розрахунку представлені в таблиці.

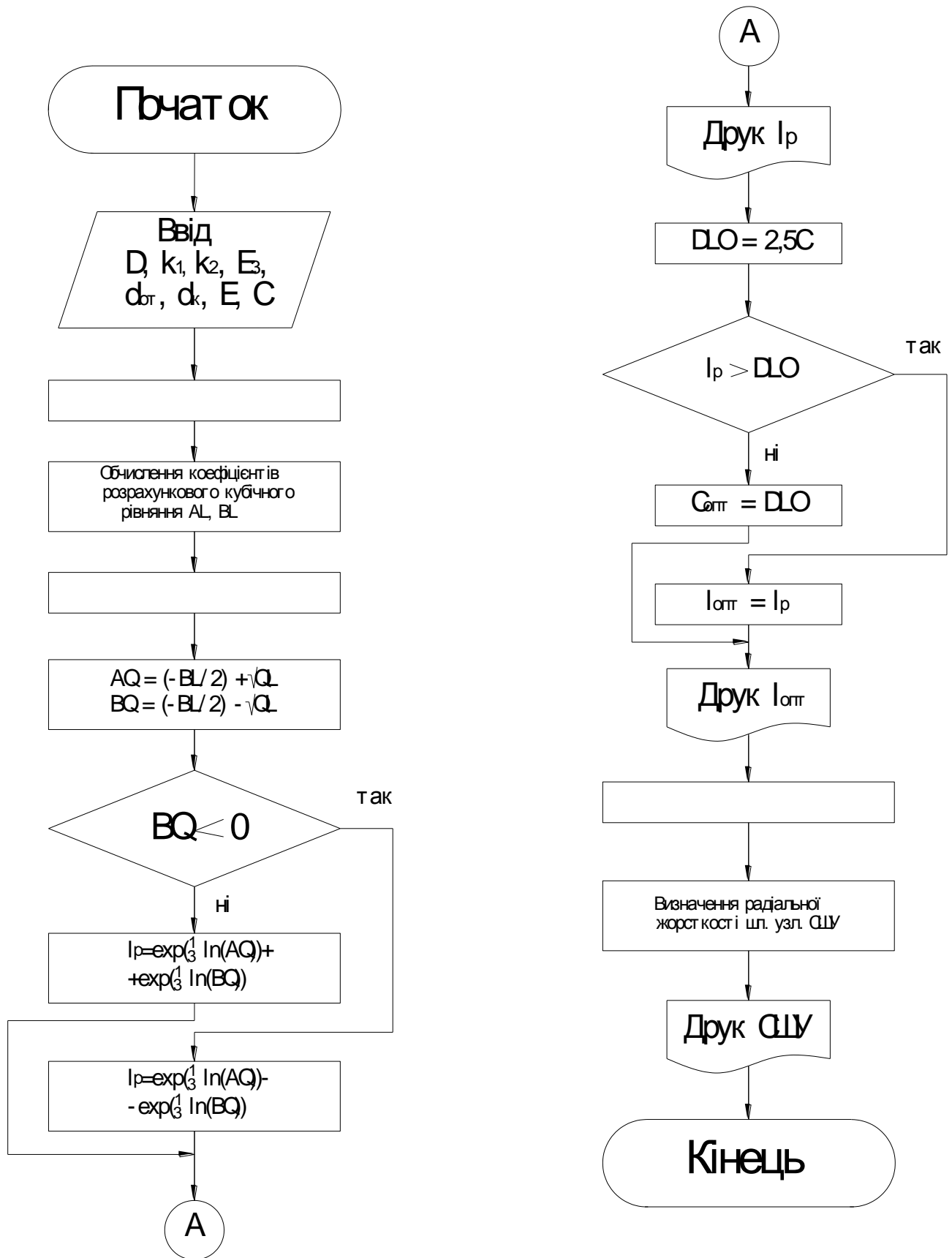
					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для розрахунку.

Назва величини	Ідентифікатор	Позначення	Величини	Одиниці виміру
Діаметр шпинделя в між опорній частині	DM	D	75	мм
Діаметр отвору в шпинделі	DOT	d _{от}	30	мм
Діаметр кінця шпинделя	DK	d _к	80	мм
Модуль пружності	EPR	E	$2 \cdot 10^5$	Н/мм ²
Податливість передньої опори	POD1	k ₁	$7,1 \cdot 10^{-7}$	мм/Н
Податливість задньої опори	POD2	k ₂	$0,9 \cdot 10^{-775}$	мм/Н
Виліт робочого кінця шпинделя	C	C	75	мм
Коефіцієнт зацімлення 1 опори	ES	ξ	0,3 – 0,45	-

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Блок-схема розрахунку.



Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

Таблиця 3.3 - Результати розрахунку

Назва величини	Ідентифікатор	Позначення	Величина	Одиниці виміру
Розрахункова між опорна відстань	RASDL	l_p	270	мм
Оптимальна між опорна відстань	OPDL	l_{opt}	270	мм
Жорсткість шпиндельного вузла	YSP	$C_{шп}$	269 020	Н/мм

3.2.6. Розрахунок радіальної жорсткості шпиндельного вузла.

Радіальну жорсткість даного шпиндельного вузла визначимо як для статично-визначеної системи, прийнявши пару підшипників передньої опори за одну опору, центр якої знаходиться на осі першого підшипника.

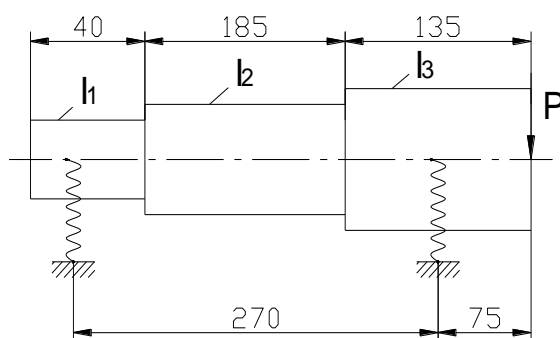


Рис. 3.8 - Розрахункова схема.

Як бачимо зі схеми даний вал складений з трьох ділянок з різними моментами інерції. Так як перепади бу то всі моменти інерції можна звести до приведенного з формулою:

$$I_{\text{пр}} = \sum l_i I_i / \sum l_i = (I_1 I_1 + I_2 I_2 + I_3 I_3) / (I_1 + I_2 + I_3)$$

Момент інерції окремої ділянки знаходимо за формулою:

$$I = \pi(D^4 - d^4)/64,$$

де D - зовнішній діаметр, мм;

d - діаметр отвору в шпинделі, мм.

$$I_1 = 3,14(70^4 - 30^4)/64 = 1\,138\,250 \text{ мм}^4 ;$$

$$I_2 = 3,14(75^4 - 30^4)/64 = 1\,512\,627,5 \text{ мм}^4 ;$$

$$I_3 = 3,14(80^4 - 30^4)/64 = 1\,969\,859,5 \text{ мм}^4 .$$

Тоді $I_{\text{пр}} = (4553 \cdot 10^4 + 27984 \cdot 10^4 + 26593 \cdot 10^4) / 360 = 164,2 \cdot 10^4 \text{ мм}^4$

Для визначення зміщення викликаного прогином тіла шпинделя необхідно представити систему як пружну балку на жорстких опорах.

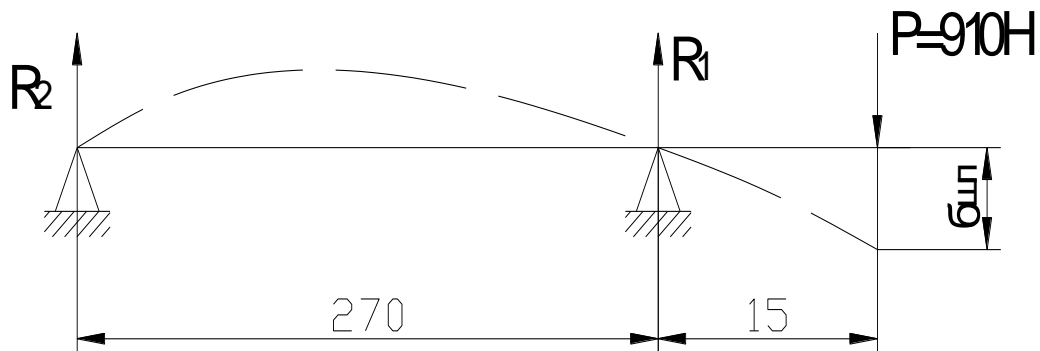


Рис. 3.9 - Розрахункова схема.

Зміщення кінця шпинделя знаходимо за правилом Верещагіна:

$$\delta = \sum_{i=1}^n (1/EI_i) W_i M_i,$$

де W_i - площа ділянки епюри моментів від заданої сили;

M_i - координата центру ваги на епюрі від одиничної сили для відповідної ділянки.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Необхідні епюри представлені на рис. 3.10

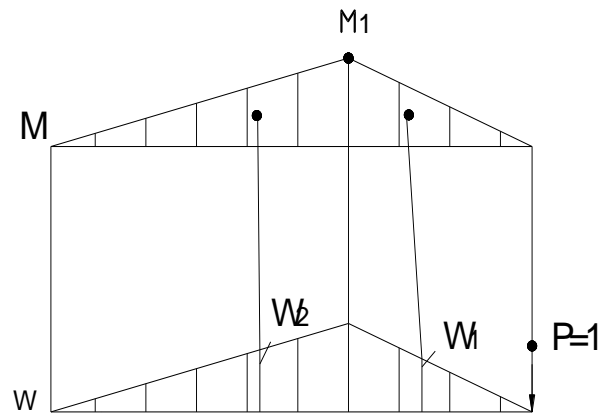


Рис. 3.10 - Епюри моментів.

$$M_1 = P \cdot 75 = 910 \cdot 75 = 68250 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$W_1 = \frac{2}{3} \cdot 75 \cdot 1 \text{ Н} = 50 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$R_2 = (P \cdot 75) / 270 = (1 \cdot 75) / 270 = 0,277 \text{ Н}$$

$$\text{Тоді } W_2 = R_2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 270 = 0,277 \cdot \frac{2}{3} \cdot 270 = 50 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Обчислимо значення $\delta_{\text{шп}}$:

$$\delta_{\text{шп}} = 1 / (1/E I_{\text{пр}}) (W_1 \cdot \frac{1}{2} a + W_2 \cdot \frac{1}{2} 1) = (1 / (2 \cdot 10^5 \cdot 164 \cdot 2 \cdot 10^4)) \times \\ (50 \cdot 2559375 + 50 \cdot 9213750) = 1,79 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$$

визначення зміщення викликаного податливістю опор представимо систему як жорстку балку на пружних опорах.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Обчислимо податливість кожного стику.

Для плоских нерухомих стиків 2, 3, 5, 6, 10 лінійна податливість:

$$e^{\wedge} = C_{\delta} / (2F^{0.5} \cdot P^{0.5}),$$

де $C_{\delta} = 1,9 \cdot 10^{-9}$ - для контакту сталь-сталь;

P - осьова сила, Н; $P = 200$ Н;

F - площа контакту, мм^2 .

Площі стиків: $F_2 = 1460 \text{ мм}^2$; $F_3 = 1055 \text{ мм}^2$; $F_5 = 4082 \text{ мм}^2$;

$F_6 = 4082 \text{ мм}^2$; $F_{10} = 2120 \text{ мм}^2$.

Підставляючи значення в формулу отримаємо: $e^{\wedge}_2 = 1,76 \cdot 10^{-6}$;

$e^{\wedge}_3 = 2,1 \cdot 10^{-6}$; $e^{\wedge}_5 = 1 \cdot 10^{-6}$; $e^{\wedge}_6 = 1 \cdot 10^{-6}$; $e^{\wedge}_{10} = 1,5 \cdot 10^{-6}$.

Для плоского затягнутого стику 1 лінійна податливість:

де $C_{\delta} = 1,5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^3 \text{ Н}^{-1}$

Лінійна податливість : $e^{\wedge}_1 = 1,25 \cdot 10^{-12}$.

Для підшипника 4 лінійна податливість $e^{\wedge} = K_p$,

де $K_p = 2 \cdot 10^{-6}$ - коефіцієнт контактної податливості для роликових підшипників.

Осьова жорсткість шпindelного вузла :

$K_{\text{ос.ш}} = 1/\Sigma e^{\wedge}_i = 1/9,46 \cdot 10^{-6} = 105,7 \text{ Н/мкм}$.

3.2.7. Розрахунок направляючих фрезерної головки.

Фрезерні головки переміщуються в вертикальній площині по направляючих типу "ластівчин хвіст".

При переміщенні фрезерної головки на неї діє складна система сил. Зовнішніми силами є сила різання P_{max} , тягове зусилля Q і сила ваги фрезерної головки $C = 7000$ Н.

В результаті дії цих сил в направляючих виникають реакції, які і визначають опору питомих тисків в кожній направляючій.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$7) C \cdot \sin \alpha \cdot l_c^2 / 2EI_c = B \cdot l_b^2 / 2EI_b \quad C \cdot \sin \alpha \cdot l_c^2 / I_c = B \cdot l_b^2 / I_b,$$

Розв'язуючи систему п'яти рівнянь визначаємо невідомі.

З рівняння 4:

$$-P \cdot Y_p + A \cdot Y_a - B \cdot Y_B = 0;$$

$$P = 3100 \text{ Н}; \quad Y_p = 35 \text{ см}; \quad Y_a = Y_B = 20 \text{ см.}$$

З рівняння 7:

$$l_c = 16,5 \text{ см}, \quad E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

$$I_{cB} = B \cdot h^3 / 12 = 70 \cdot 4,5^3 = 590 \text{ см}^4$$

$$l_b = 20 \text{ мм.}$$

$$I_{bB} = B \cdot h^3 / 12 = 70 \cdot 4^3 = 340 \text{ см}^3.$$

$$C \cdot 0,82 \cdot 16,5^2 / 590 = B \cdot 20^2 / 340;$$

$$B = C \cdot 0,82 \cdot 16,5^2 \cdot 340 \cdot 20^2 \cdot 590 = 0,32 \cdot C.$$

З першого рівняння, підставляючи замість $A \cdot (B + 637)$, замість $B \cdot$

$(0,32 \cdot C)$ і $C = D$, одержимо:

$$-P + A + B \cdot 2C \cdot \cos \alpha = 0;$$

$$-P + B + 637 - 2C \cdot \cos \alpha + B = 0;$$

$$-310 + 2 \cdot 0,32 + 6370 - 2C \cos \alpha = 0$$

$$C = 3370 \text{ Н}; \quad C = D = 3370 \text{ Н.}$$

$$B = 0,32C = 1078,8 \text{ Н.}$$

З рівняння 3:

$$A = 6370 + B = 6370 + 1078,8 = 7448,8 \text{ Н}$$

$$Q = 3370 \cdot 0,12 + 3370 \cdot 0,12 + 1078,8 \cdot 0,12 + 7448,8 \cdot 0,12 + 7000 = 8840 \text{ Н}$$

Максимальне тягове зусилля, яке забезпечується приводом рівне 10000Н. Середні питомі тиски:

$$\tau_A = A / l \cdot a = 7450 / 40 \cdot 10 = 20 \text{ Н/см}^2$$

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Допустимі питомі тиски:

$[\tau] = 120 \text{ Н/см}^2$ - для чавунних направляючих.

Питомі тиски на інших ділянках будуть ще меншими. Так як дійсні питомі навантаження значно менші за допустимі, то розрахунок по максимальних питомих навантаженнях можна не проводити.

3.2.8 Модуль точності вузла.

З розділів представлених вище маємо:

$TМ = \{ОСУ\}$; $МК = \{ОСУ_w\}$.

Згідно технологічного модуля запишемо характеристичні коди.

Код компоновки 062.

Координатний код 62.

Математична модель формоутворюючої частини:

$$\dot{r}_0 = A_{01} \cdot \dot{r}_e,$$

де \dot{r}_0 - радіус-вектор точки в системі заготовок;

\dot{r}_e - радіус-вектор в системі інструмента

(математична модель інструмента).

$A_{01} = A^6(Q) \cdot A^2(Y)$ - матриця перетворень координат.

$$A_{01} = \begin{vmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 & -y \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 & y \cos \theta \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$$

Математична модель інструмента.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\varepsilon = \begin{vmatrix} 0 & -\gamma & \beta & \delta x \\ \gamma & 0 & -\alpha & \delta y \\ -\beta & \alpha & 0 & \delta z \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix},$$

де - δx , δy , δz - це малі зміщення початку системи координат відносно номінального значення;

α , β , γ - це малі кути повороту системи координат відносно осей номінальної

3.3. Проектування свердлильної головки

3.3.1. Опис конструкції та принципу роботи вузла.

Свердлильні головки в самостійними вузлами і змонтовані зверху на коробках приводу. Шпинделі свердлильних головок приводяться в обертання від індивідуальних фланцевих електродвигунів змінного струму. Шпиндель свердлильної головки має 6 ступенів чисел обертів в межах 238 - 1125 об/хв. Зміна швидкостей обертання шпинделя здійснюється змінними зубчастими колесами, розміщеними в торці задньому свердлильної головки.

Подача пінолей здійснюється від гідро циліндрів і забезпечує цикл роботи, що включає швидкий підвід, робочий хід і швидкий відвід. Зміна здійснюється від своїх гідро панелей. Центрувальні свердла затискуються в самоцентруючі затискні цанги.

3.3.2. Вибір двигуна.

По розрахованій потужності по каталогу вибираємо двигун А02-21-4, для якого $N = 1,1$ кВт, $n = 1400$ об/хв, $\eta = 0,87$.

Проведемо перевірку двигуна по нагріву методом еквівалентної потужності.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

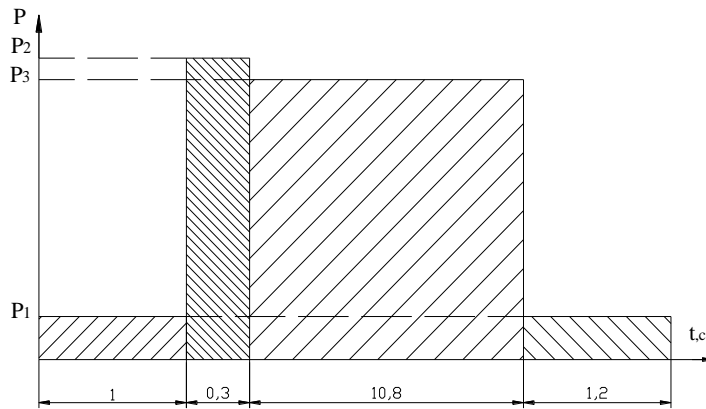


Рис. 3.14 - Графік потужності.

Потужність холостих ходів:

$$P_1 = (d_{cp} / 10^6) (\sum n + k_1 \cdot d_{ш} / d_{cp} \cdot n_{шп}) \cdot k_2 =$$

$$= (33,3 / 10^6) (2142 + 1,75 \cdot (50 / 33,3) \cdot 238) \cdot 4 = 0,4 \text{ кВт.}$$

Робоча потужність $P_3 = 0,5 \text{ кВт}$

Потужність врізання $P_2 = 1,4 \cdot P_3 = 1,4 \cdot 0,5 = 0,7 \text{ кВт.}$

Еквівалентна потужність згідно [3, с.375]

$$P_0 = 1,1 \cdot \sqrt{(\sum P_e^2 \cdot t / \sum t)} =$$

$$= 1,1 \cdot \sqrt{(0,4^2 \cdot 1 + 0,7^2 \cdot 0,3 + 0,5^2 \cdot 10,8 + 0,4^2 \cdot 1,2) / 13,3} = 0,73 \text{ кВт}$$

$P_e < P_{ном}$, отже двигун вибрано вірно.

3.3.3. Кінематичний розрахунок вузла.

На даному верстаті передбачається обробляти центрові отвори свердлами 4x11 - 6x15 мм. Тому для розрахунку приймаємо: $D_{max} = 6 \text{ мм}$, $D_{min} = 4 \text{ мм}$. Тоді швидкості різання $V_{max} = 14,1 \text{ м/хв}$, $V_{min} = 4,5 \text{ м/хв}$.

Мінімальна частота обертання свердлильної головки визначаються за формулою [7, с.90]:

$$n_{min} = 1000 \cdot 4,5 / 3,14 \cdot 6 = 238 \text{ об/хв};$$

Максимальна частота обертання:

$$n_{max} = 1000 \cdot 14,3 / 3,14 \cdot 4 = 1125 \text{ об/хв};$$

Діапазон регулювання частот обертання:

$$R_n = n_{min} / n_{max} = 1125 / 238 = 4,73.$$

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для визначення числа ступенів частот обертання шпинделя приймаємо $\varphi = 1,26$. Тоді:

$$t = 1 + \lg R_n / \lg \varphi = 1 + \lg 4,73 / \lg 1,26 = 6,$$

де t - число ступенів швидкості різання.

Для переналадки верстата на інший режим буде використовуватись гітара змінних коліс, так як верстат спеціальний. Виходячи з цього будемо структурну сітку.

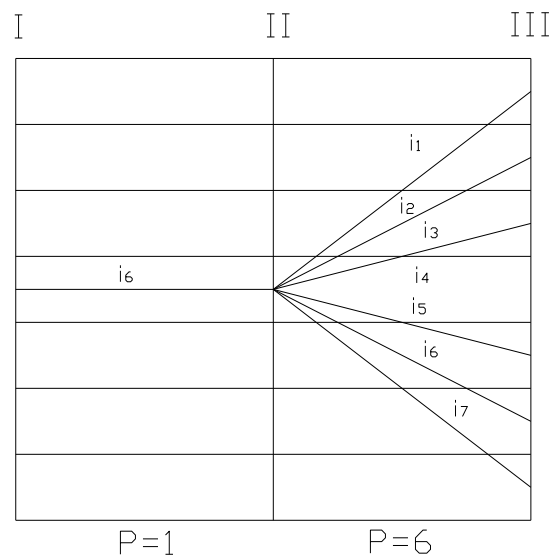


Рис. 3.15 - Структурна сітка.

Так як сітка симетрична, то кожна пара коліс може використовуватись два рази: як прискорююча і як сповільнююча.

З структурної сітки:

$$i_1; i_2; i_3; i_4; i_5; i_6 = \varphi$$

$$\text{тоді } i_3 = \varphi = 1,26; i_2 = \varphi^2 = 1,58; i_1 = \varphi^3 = 2,0; i_4 = 1/\varphi^2 = 1/1,26;$$

$$i_5 = 1/\varphi = 1/1,26; i_6 = 1/\varphi^3 = 1/2.$$

Вибрані значення передаточних відношень задовольняють умову $1/4 \leq i \leq 2$. Приймаєм $i_0 = 1/\varphi^4 = 1/1,26$.

Для визначення чисел зубів знаходимо по таблиці таку суму Z , яка б задовольняла три передаточних відношення: $i_1(i_6), i_3(i_5), i_3(i_4) \Sigma Z = 108$.

Для передаточного відношення $i_0 \Sigma Z = 111$.

Результати вибору чисел зубів коліс зводимо в таблицю:

Таблиця 4.4 - Числа зубів коліс.

I	$i_0=1/1,26$	$i_1=2,0$	$i_2=1,58$	$i_3=1,26$	$i_4=1/1,26$	$i_5=1/1,58$	$i_6=1/2$
Z1:Z2	30:84	74:34	62:40	57:51	51:57	42:66	34:74
Σz	111	108	108	108	108	108	108

Маючи числа зубів будемо графік чисел обертів

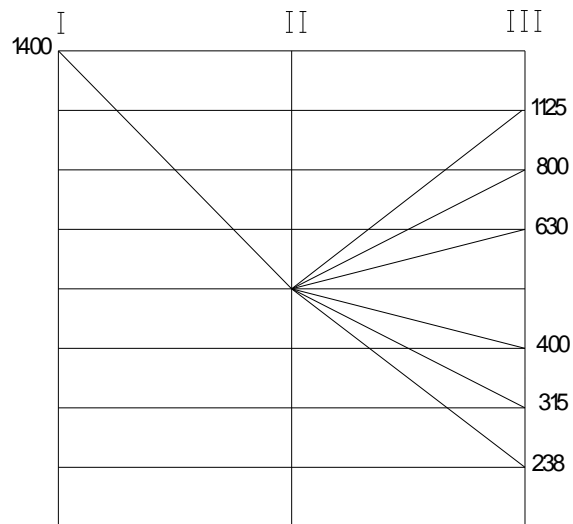


Рис. 3.16 - Графік чисел обертів.

3.3.4. Розрахунок осьової жорсткості шпиндельного вузла

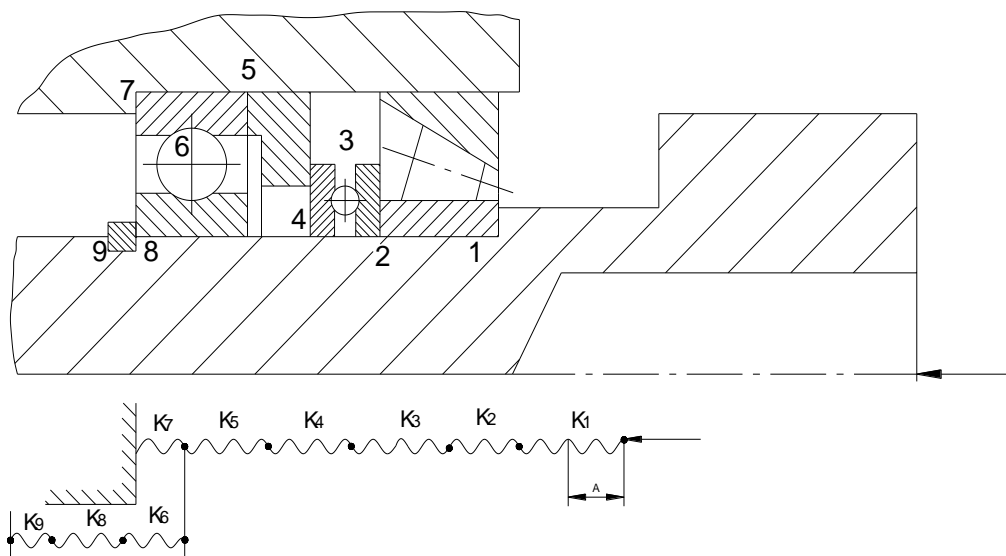


Рис. 3.17 Схема навантаження

Проаналізувавши проведену вище схему бачимо, що гілка К₆, К₈, К₉ розвантажуються, тобто осьове зусилля сприймається гілкою К₁, К₂, К₃, К₅, К₆, К₇.

Осьова деформація шпинделя визначається за формулою:

$$\Delta = \sum_{i=1}^n P / K_i, \text{ де } P - \text{осьова сила, Н;}$$

K - жорсткість стику;

N - кількість стиків.

Осьова жорсткість шпиндельного вузла

$$K_{\text{ос.ш.}} = P/\Delta = 1/\sum_{i=1}^n P / K_i = 1/\sum_{i=1}^n e_{K_i}$$

Обчислимо податливість кожного стику. Для плоских нерухомих стиків 1, 2, 4, 5, 7 лінійна податливість:

$$e^{\wedge} = C\delta / (2F^{0.5} \cdot P^{0.5}),$$

де $C\delta = 1,9 \cdot 10^{-9}$ - для контакту сталь-сталь;

P - осьова сила, Н; $P = 200$ Н;

F - площа контакту, мм².

Площі стиків: $F_1 = 1500$ мм²; $F_2 = 1688$ мм²; $F_4 = 1394$ мм²; $F_5 = 1825$ мм²; $F_7 = 1320$ мм².

Підставляючи значення в формулу для визначення податливості отримаємо: $e^{\wedge}_1 = 2,0 \cdot 10^{-6}$; $e^{\wedge}_2 = 1,9 \cdot 10^{-6}$; $e^{\wedge}_4 = 2,1 \cdot 10^{-6}$; $e^{\wedge}_5 = 1,8 \cdot 10^{-6}$; $e^{\wedge}_7 = 2,1 \cdot 10^{-6}$.

Для підшипника 3 лінійна податливість

$e^{\wedge} = K_y$, де $K_y = 1,5 \cdot 10^{-6}$ - коефіцієнт контактної податливості для упорного підшипника.

Осьова жорсткість шпиндельного вузла :

$$K_{\text{ос.ш.}} = 1/\sum e^{\wedge}_i = 1/_{11,4} \cdot 10^{-6} = 87719 \text{ Н/мкм.}$$

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

4.1. Засоби з техніки безпеки в конструкції верстата.

При експлуатації металорізальних верстатів і іншого обладнання можливе короткочасне порушення нормального режиму роботи. Порушення виникають при перевантаженні механізмів, при роз регулюванні системи змазки і охолодження. Причинами виникнення перевантажень в механізмі верстат можуть бути перешкоди на шляху руху супортів, столів і т.д. В даному автоматі конструктивно на фрезерних і свердлильних головках встановлені зумові щитки, які при русі головок очищають поверхні направляючих і тим самим захищають їх від попадання стружки. Затискні лещата розміщені так, що стружка не може попасти на гвинт і перешкоджати переміщенню губок.

Причиною виникнення перевантажень може бути також перехід рухомих частин за встановлені межі. Для попередження таких неполадок в розглянутому автоматі передбачені різні кулачки, котрі діють на кінцеві вимикачі, подаючи сигнал про закінчення переміщення.

Перевантаження також можливі при неправильно вибраних режимах обробки, відхиленнях твердості заготовки від встановленої технічними умовами, при затупленні ріжучого інструмента, динамічного перевантаження окремих ланок механізму і т.д.

Надмірні перевантаження можуть викликати аварії і поламки окремих частин обладнання і зв'язані з небезпекою травмування працівників, Тому будь-яка машина, верстат чи установка повинна бути обладнана екранним щитком від стружки і капель охолоджуючої рідини.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Стаднюк С.Д.						
Перевір.		Окіпний І.Б.						
Реценз.								
Н. Контр.		Кобельник В.						
Затверд.		Кобельник В.			ТНТУ, гр. МВ _{3с} - 41			

Конструкція щитка повинна відповідати умовам роботи. Для попередження нещасних випадків на верстаті передбачено наступне:

- включення верстата можливе тільки при надійному затиску деталі. Це дуже важливо при фрезеруванні, так як виникають достатньо великі зусилля. Тому в процесі фрезерування надійність затиску лещат контролюється реле тиску;
- робоча зона верстата закривається щитками, що запобігають розбризкуванню рідини і стружки;
- керування верстатом з пульта керування автоматичною лінією. Для того, щоб у випадку аварії можна було швидко відключити даний верстат, дільницю кнопки «стоп» мають яскравий червоний колір;
- завантаження і розвантаження деталей на автоматі здійснюється автооператором. Це потребує постійної присутності поблизу станка;
- гідро обладнання розміщене в нижній частині станини, зручній для обслуговування і ремонту;
- запобіжні пристрої знаходяться в електрошафі, тобто надійно ізольовані;
- автомат немає зовнішніх виступаючих рухомих частин.

При експлуатації верстата необхідно слідкувати за достатнім підсиленням затиску оброблюваної деталі в лещатах; при переналадці на іншу довжину оброблюваної деталі затягнути гвинти кріплення правої коробки привода до станини.

Дотримання правил експлуатації, а також своєчасний догляд, обслуговування і дотримання загальних правил техніки безпеки забезпечить безаварійну і довговічну роботу верстата. Для забезпечення нормальних умов роботи наладчиків автоматичної лінії та інших виробничих робітників верстата потрібно перевіряти на допустимий шум і вібрації.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

При перевищенні шуму допустимих норм робітник швидко втомлюється. Шум фрезерної головки повинен бути не більше 82 дБел.

Для попередження можливих помилок електричною схемою в верстаті передбачені різні блокування.

При перевантаженні електродвигунів фрезерних і свердлильних головок розмикаючі контакти теплових реле розривають ланцюги живлення для фрезерних і свердлильних головок.

При цьому фрезерні головки зупиняються, електродвигуни обертаються, свердлильні головки входять в вихідні положення з обертанням.

Запуск верстата можливий тільки при затискуваному барабані. Наладочні і автоматичні ланцюги розділені замикаючими контактними реле. Ланцюг керування захищається плавкими запобіжниками. Поворот барабана можливий тільки з затиснутою деталлю в вихідній позиції і при відведених руках автооператора.

Електрична енергія на промислових підприємствах має широке використання в якості рухаючої енергії для приводів верстатів, вентиляторів, насосів, підйомно-транспортних механізмів, для освітлення приміщень і ін.

Електричний струм, що застосовується на підприємствах становить значну небезпеку, тому велика увага приділяється мірам по захисту від поразення електричним струмом.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

4.2. Робоче місце верстата.

Основною задачею проектування організації робочого місця є утворення такої конструкції організованого оснащення, при якому відсутні зайві і нераціональні рухи і проблеми, максимально скорочують відстані переміщення робітника. Правильна організація робочого місця передбачає достатнє оснащення його оснащенням і тарою, інструментом і пристосуваннями, які необхідні для забезпечення технологічного процесу, засобами контролю, підйомно-транспортним обладнанням, яке забезпечує мінімальні затрати праці і часу верстатника. Правильна організація робочого місця також повинна забезпечити повну безпеку праці, раціональне освітлення, нормальну температуру, вологість, чистоту повітря.

Розроблений план робочого місця для спеціального фрезерно-центрувального верстата-автомата показано на рисунку 5.1. На підлозі цеху розміщений верстат 1, зліва від нього розміщений магазин з заготовками 3, а також інструментальна тумбочка 4, яка призначена для зберігання ріжучого, вимірювального і допоміжного інструменту, Справа від верстата розміщена тара для готових деталей 2.

Створення сприятливих умов праці, які виключають швидке втомлення зору, виникають підвищенню продуктивності праці, можливе лише освітлювальною установкою, яка має відповідати певним умовам згідно СНиП П-А.9-71 і СНиП П-А.8-72. Освітленість на робочому місці має відповідати зоровим умовам праці згідно гігієнічних норм. Рекомендована освітленість в механічних цехах при роботі на верстатах зведено в табл.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 - Норми освітлення

Лампи розжарювання				Газорозрядні лампи			
Освітленість, ЛК			Коеф. запасу К	Освітленість, ЛК			Коеф. запасу К
Комбіноване освітлення		Загальне освітлення		Комбіноване освітлення		Загальне освітлення	
Загальне і місцеве	Загальне			Загальне і місцеве	Загальне		
1500	150	-	1,3	2000	200	-	1,5

Для обмеження засліплюючої дії відбитого світла яскравість допускається значеннями від 500 кД/м² (для поверхні $8 > 0,2 \text{ м}^2$) і до 2500 кД/м² (для $3 < 0,01 \text{ м}^2$).

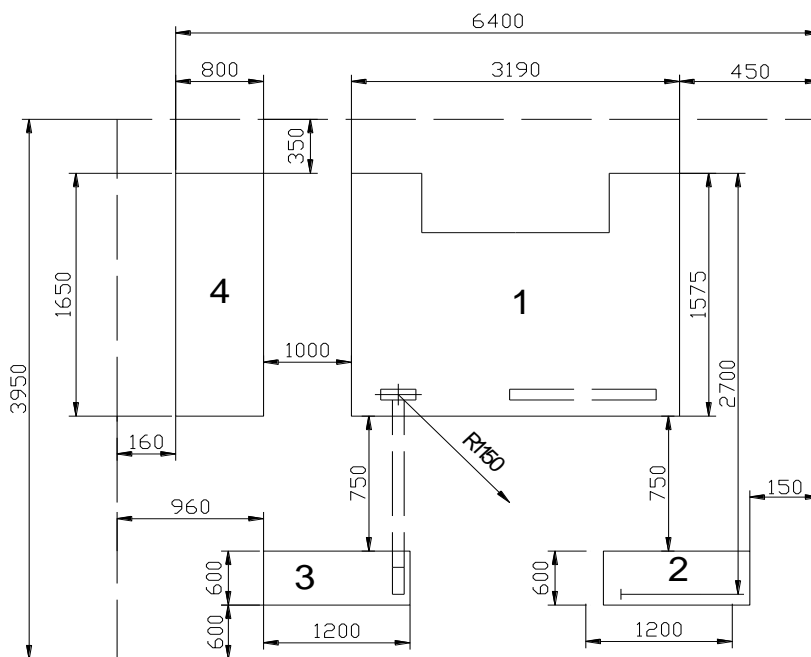


Рис. 4.1. Робоче місце.

1. Верстат.
2. Тара для готових деталей.
3. Магазин з заготовками.
4. Інструментальна тумбочка.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі бакалавра визначено оптимальний метод отримання заготовки, розроблено технологічний маршрут обробки деталі, спроектовано інструментальне забезпечення, проведено аналіз схем формоутворення поверхонь деталі, розроблено компоновку, кінематичну і структурно – кінематичну схеми верстата, проведено кінематичний розрахунок верстата та конструювання і розрахунок окремих вузлів верстата.

					КРБ 21 – 467 00.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Стаднюк С.Д.						
Перевір.		Кобельник						
Реценз.								
Н. Контр.		Кобельник						
Затверд.		Кобельник			ТНТУ, гр. МВ _{3с} - 41			

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Крижанівський В. А., Кузнецов Ю. М., Валявський І. А., Скляр Р. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою. – Кіровоград, 2004. – 449с.
2. Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А., Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Скляр; під ред. Ю. М. Кузнецова. – К.: ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.
3. Оптимізація механічної обробки тіл обертання : монографія / В. Є. Карпусь, О. В. Котляр, В. О. Іванов.; за ред. В. Є. Карпуся. – Харків : НТМТ, 2012. – 296 с.
4. Vitenko T. Features of creating a solid models and assembly operations at CAD-systems / Vitenko T., Shanaida V., Drożdziel P., Madlenak R. // 9th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona (Spain), 3rd-5th of July, 2017: IATED Academy, 2017. – P. 7464-7469. – Режим доступу: <https://library.iated.org/view/VITENKO2017FEA>
5. Марки сталі – розшифровка, маркування, таблиця [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://vseznayko.com.ua/marki-stali-rozshifrovka-markuvannja.html>.
6. Грінченко Г. С. АЛГОРИТМ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТОЧНІСТЮ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ВЕРСТАТАХ З ЧПУ / Грінченко Г. С., Теслов О., Козлов М. С., Марченко О. О., Захаров С. О., Герасимов Є. В., Машинобудування, 2022, №29. – С. 50-61. - Режим доступу до ресурсу: <https://jmash.uipa.edu.ua/index.php/jMASH/article/download/285/209>

					КРБ 21-467.00.00.000ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Стаднюк С.Д.					54	3	
Перевір.	Кобельник В.Р.							
Реценз.								
Н. Контр.	Кобельник В.Р.					ТНТУ, гр. МВзс-41		
Затверд.	Кобельник В.Р.							

7. Кобельник В. Р. Ефективність керованого процесу свердління наскрізних отворів шляхом забезпечення зміни подачі / В. Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2012. – Вип. № 31. – С. 47–56.

8. Кобельник В. Р. Жорсткість вертикально-свердлильних верстатів / В. Р. Кобельник, П. Д. Кривий // Вісник ЖДТУ. Технічні науки. – Житомир : ЖДТУ, 2007. – Вип. № 1 (40). – С. 34–40.

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

10. Кривий П. Д. Вплив головного заднього кута спірального свердла на осьове зусилля і крутний момент при свердлінні // П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник / Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ – Київ, 2006. – Вип. № 19. – С. 58–64.

11. Кривий П. Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення процесу свердління наскрізних отворів / П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2011. – Вип. № 28. – С. 77–85.

12. Кривий П. Д. Трансформація пластичності зрізаного шару при свердлінні / П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. – Краматорськ, 2009. – Вип. № 25. – С. 15–25.

13. Кривий П. Д. Характер зміни подачі при виході інструменту із тіла заготовки в процесі свердління наскрізних отворів / П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник, М.І. Кузьмін // Вісник ТНТУ : Науковий журнал. – Тернопіль : ТНТУ, 2012. – № 4 (68). – С. 114–127.

14. Луців І. В. Системи затиску та багатолезової токарної обробки з адаптивними властивостями/ І. В. Луців, В. Н. Волошин, В. М. Буховець //

Збірник наукових праць ІХ Міжнародної науково-технічної конференції «Прогресивні технології в машинобудуванні». – Львів, 2020.– С. 117-120.

15. Луців І. Кінематичні особливості багатолезової адаптивної обробки/ І. В. Луців // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 1998, т.3, №4, с.107-111.

16. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». Тернопіль, 2001. 280 с.

17. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні. Київ: А.С.К., 2006. 416с.

18. Калькулятор режимів різання "Walter" [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mac.walter-tools.com/#menu/home>

19. Державки с клиновым прихватом для тригональных пластин [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=3601316&fnum=287&mapp=IS&app=44&GFSTYP=m&isoD=1&lang=HK#>.

20. ЕС-Н4М-СF-Е: Кінцеві твердосплавні 4-х канавочні фрези [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iscar.com/eCatalog/Family.aspx?fnum=3736&mapp=ML&app=69&GFSTYP=M&lang=HK>.

21. Розрахунок та конструювання коробок швидкостей металорізальних верстатів. Методичні вказівки до виконання лабораторних та розрахунково-графічної робіт з дисципліни «Розрахунок і конструювання верстатів та верстатних комплексів» для студентів за напрямом підготовки 133 – Галузеве машинобудування денної форми навчання / Укл.: Кальченко В. І., Кологойда А. В., Следнікова О. С. Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 111 с.

22. Булига Ю. В. Теорія різання. Розрахунок режимів різання : практикум / Булига Ю. В., Веселовська Н. Р., Міськов В. П. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 67 с.

						КРБ 21-467.00.00.000ПЗ	Арк.
							55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

23. Дубиняк С. А., Нагорняк С. Г., Дубецький І. Д. Розрахунок передач, валів, муфт і тягових пристроїв металорізальних верстатів. Методичні рекомендації покурсовому та дипломному проектуванні МРВ для студентів спеціальності 0501 –Тернопіль. – 1981. – 62 с.
24. Дементій Л. В. Охорона праці в механічних та складальних цехах / Л. В. Дементій, С. А. Гончарова. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – 312 с.
25. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С. Практикум з охорони праці: навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000 – 352 с.

					КРБ 21-467.00.00.000ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Формат	Зона	Позн.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітки
				<u>Документація</u>		
			КРБ 21-467.05.00.000 СК	Складальне креслення	1	
			КРБ 21-467.05.00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	КРБ 21-467.05.00.001	Фланцевий двигун	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	КРБ 21-467.05.00.002	Корпус	1	
		3	КРБ 21-467.05.00.003	Кришка	1	
		4	КРБ 21-467.05.00.004	Вал	1	
		5	КРБ 21-467.05.00.005	Вал	1	
		6	КРБ 21-467.05.00.006	Вал	1	
		7	КРБ 21-467.05.00.007	Вал	1	
		8	КРБ 21-467.05.00.008	Вал-шестерня	1	
		9	КРБ 21-467.05.00.009	Зубчасте колесо	1	
		10	КРБ 21-467.05.00.010	Шестерня	1	
		11	КРБ 21-467.05.00.011	Зубчасте колесо	1	
		12	КРБ 21-467.05.00.012	Зубчасте колесо	1	
		13	КРБ 21-467.05.00.013	Зубчасте колесо	1	
		14	КРБ 21-467.05.00.014	Зубчасте рейка	1	
		15	КРБ 21-467.05.00.015	Стакан	1	
		16	КРБ 21-467.05.00.016	Кришка	1	
		17	КРБ 21-467.05.00.017	Кришка	2	
		18	КРБ 21-467.05.00.018	Кришка	1	
		19	КРБ 21-467.05.00.019	Втулка	1	
		20	КРБ 21-467.05.00.020	Втулка	1	

					КРБ 21 – 467 00.00.000 СП			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Стаднюк С.Д.			Фрезерна головка (ліва)	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Кобельник В.						
Реценз.						ТНТУ, гр. МВ _{зс} - 41		
Н. Контр.		Кобельник В.						
Затверд.		Кобельник В.						

Формат	Зона	Позн.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітки
				<u>Документація</u>		
			КРБ 21-467.06.00.000 СК	Складальне креслення	1	
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	КРБ 21-467.06.00.001	Фланцевий двигун	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	КРБ 21-467.06.00.002	Корпус	1	
		3	КРБ 21-467.06.00.003	Кришка	1	
		4	КРБ 21-467.06.00.004	Гідро циліндр	1	
		5	КРБ 21-467.06.00.005	Шпindelь	1	
		6	КРБ 21-467.06.00.006	Цанга	1	
		7	КРБ 21-467.06.00.007	Вал	1	
		8	КРБ 21-467.06.00.008	Вал	1	
		9	КРБ 21-467.06.00.009	Вал	1	
		10	КРБ 21-467.06.00.010	Шестерня	1	
		11	КРБ 21-467.06.00.011	Зубчасте колесо	1	
		12	КРБ 21-467.06.00.012	Шестерня	1	
		13	КРБ 21-467.06.00.013	Зубчасте колесо	1	
		14	КРБ 21-467.06.00.014	Муфта	1	
		15	КРБ 21-467.06.00.015	Кришка	1	
		16	КРБ 21-467.06.00.016	Кришка	1	
		17	КРБ 21-467.06.00.017	Кришка	1	
		18	КРБ 21-467.06.00.018	Кришка	1	
		19	КРБ 21-467.06.00.019	Кришка	1	
		20	КРБ 21-467.06.00.020	Поршень	1	
		21	КРБ 21-467.06.00.021	Шток	1	

					КРБ 21 – 467 00.00.000 СП			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Стаднюк С.Д.			Свердлильна головка (ліва)	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Кобельник В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Кобельник В.				ТНТУ, гр. МВ _{зс} - 41		
Затверд.		Кобельник В.						

Формат	Зона	Позн.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітки
		22	КРБ 21-467.06.00.022	Гільза	1	
		23	КРБ 21-467.06.00.023	Кришка	1	
		24	КРБ 21-467.06.00.024	Кришка	1	
		25	КРБ 21-467.06.00.025	Втулка	1	
		26	КРБ 21-467.06.00.026	Втулка	1	
		27	КРБ 21-467.0.00.027	Втулка	1	
		28	КРБ 21-467.06.00.028	Втулка	1	
		29	КРБ 21-467.06.00.029	Втулка	1	
		30	КРБ 21-467.06.00.030	Фланець	1	
		31	КРБ 21-467.06.00.031	Вал	1	
		32	КРБ 21-467.06.00.032	Кільце	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		33		Підшипник 208 ГОСТ8338-75	1	
		34		Підшипник 206 ГОСТ8338-75	2	
		35		Підшипник 305 ГОСТ8338-75	1	
		36		Підшипник 207 ГОСТ8338-75	2	
		37		Підшипник 210 ГОСТ8338-75	1	
		38		Підшипник 8110 ГОСТ2533-79	1	
		39		Підшипник 7210 ГОСТ333-79	1	
		40		Ущільнення 21-40 ГОСТ1832-78	1	
		41		Ущільнення 1-125 ГОСТ4862-78	5	
		42		Ущільнення 18-85 ГОСТ3314-81	1	
		43		Ущільнення 18-115 ГОСТ3314-81	1	
		44		Манжет 1-55-80 ГОСТ8752-79	1	
		45		Кільце 30 ГОСТ13942-80	1	
		46		Кільце 62 ГОСТ13942-80	2	
		47		Кільце 110 ГОСТ13942-80	1	
		48		Кільце 112 ГОСТ13942-80	1	

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 21 – 467 00.00.000 СП	

