



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.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« » 2022 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)  
за спеціальністю 133 – галузеве машинобудування  
(шифр і назва спеціальності)  
студенту ЗАМОСТНОМУ ВІТАЛІЮ ОЛЕГОВИЧУ  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі  
”Картер ведучого моста 4094-2301010-10”

Керівник роботи Шанайда Володимир Васильович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «19» січня 2022 року № 4/7-11  
2. Термін подання студентом завершеної роботи 17 червня 2022 р.  
3. Вихідні дані до роботи креслення деталі ”Картер ведучого моста 4094-2301010-10”;  
технологічний процес механічної обробки; паспорт металорізального верстата мод. 2Г175

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)  
аналіз завдання на проектування; огляд літератури по тематиці роботи;  
технологічний аналіз базового технологічного процесу механічної обробки;  
розробка кінематичної схеми верстата на одну із технологічних операцій;  
конструювання коробки швидкостей вертикально-свердлильного верстата  
кондуктор для свердління 8-ми отворів  
розробка питань з Охорони Праці та Безпеки Життєдіяльності

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
технологічний аналіз – 2 аркуша формату А1;  
кінематична схема вертикально-свердлильного верстата –1 аркуш формату А1;  
складальне креслення коробки швидкостей верстата –1 аркуш формату А1;  
складальне креслення кондуктора для свердління 8-ми отворів –1 аркуш формату А1;

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	к.т.н., ас. Сенік А.А.		
Нормоконтроль	к.т.н., доц. Кобельник В.Р.		

7. Дата видачі завдання 21 січня 2022 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	25.01.2022 р.	
	аналіз базового технологічного процесу	25.01.2022 р.	
	аналіз характерних особливостей об'єкта виробництва	02.02.2022 р.	
	огляд літератури з проблематики кваліфікаційної роботи	04.02.2022 р.	
	формування плану кваліфікаційної роботи	07.02.2022 р.	
	схвалення переліку графічного матеріалу	07.02.2022 р.	
	розрахунок кінематичної структури верстата	14.02.2022 р.	
	розробка кінематичної схеми верстата	28.02.2022 р.	
	розрахунок коробки швидкостей верстата	21.03.2022 р.	
	конструювання коробки швидкостей верстата	11.04.2022 р.	
	конструювання свердлильного кондуктора для одночасного свердління 8-ми отворів	25.04.2022 р.	
	розробка питань Охорони Праці та Безпеки Життєдіяльності	16.05.2022 р. 23.05.2022 р.	
	остаточне оформлення графічного матеріалу	08.06.2022 р.	
	остаточне оформлення пояснювальної записки	17.06.2022 р.	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Замостний В.О.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Шанайда В.В.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## З М І С Т

	стор.
РЕФЕРАТ	6
ВСТУП	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Аналіз завдання	9
1.2 Характеристика об'єкту виробництва	10
1.2.1 Розмірний аналіз технологічного процесу	12
1.3 Огляд літератури	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Визначення допусків, припусків і операційних розмірів	16
2.2 Розрахунок режимів різання для технологічної операції	22
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	26
3.1 Кінематичний розрахунок приводу головного руху	26
3.2 Вибір потужності та типу електродвигуна	33
3.3 Конструювання та розрахунок коробки швидкостей	37
3.3.1 Опис конструкції та принцип роботи коробки швидкостей	37
3.3.2 Конструктивний розрахунок приводу головного руху	38
3.3.3 Силовий розрахунок приводу головного руху	41
3.3.3.1 Попередній розрахунок проміжного вала	41
3.3.3.2 Уточнений розрахунок проміжного вала	42
3.4 Автоматизований розрахунок зубчатої пари	46

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Замостний</i>				<b>ЗМІСТ</b>	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Шанайда</i>						4	2
<i>Рецензент</i>						<i>ФМТ, гр. МВс-41 ТНТУ, Тернопіль</i>		
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>							

4.	БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	47
4.1.	Гідрологічні стихійні лиха	47
4.2.	Заходи безпеки, які необхідні для обслуговування верстату, установки, що проектується	50
	ВИСНОВКИ	52
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	53
	Додатки	56

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр виконана на тему "Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі "Картер ведучого моста 4094-2301010-10" подана на 55 сторінках машинописного тексту, містить 5 рисунків, 6 таблиць і 4 додатків.

У матеріалах кваліфікаційної роботи подано аналіз конструктивних особливостей деталі "Картер ведучого моста 4094-2301010-10", представлено огляд літератури щодо аналізу процесу механічної обробки при свердлінні отворів, особливостей підготовки геометричних параметрів металорізального інструмента, використання змінних параметрів режиму різання. Проведено аналіз раціональності базового технологічного процесу механічної обробки деталі. Виконано розмірний та технологічний аналіз кожної поверхні, яка підлягає механічній обробці. Здійснено розрахунок припусків для кожної оброблюваної поверхні. Виконано розрахунок режимів різання на кожен виконуваний операцію.

Значна увага приділена проектуванню приводу головного руху вертикально-свердлильного верстата. Розраховано діапазон регулювання швидкостей обертання шпинделя верстата. Сформовано структурну сітку коробки швидкостей та згенеровано графік чисел обертів. Проведено кінематичний та силовий розрахунки коробки швидкостей верстата, вивчено навантаженість валів коробки швидкостей при дії силових факторів. Проведено автоматизований розрахунок кінематичної пари зубчатого зачеплення з використанням засобів САД-проектування у середовищі багатofункціонального інженерно-математичного пакета MathCAD.

В роботі також висвітлені питання безпеки життєдіяльності при виникненні небезпеки гідрологічного характеру, представлено заходи безпеки, які необхідні для обслуговування верстату з розділу охорони праці.

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	РЕФЕРАТ	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Замостний</i>						6	1
<i>Перевірив</i>	<i>Шанайда</i>							
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>				<i>ФМТ, гр. МВс-41 ТНТУ, Тернопіль</i>			

## ВСТУП

Машинобудування – ведуча ланка промисловості. В сучасному машинобудуванні металообробка різанням є головним методом, що забезпечує належну якість та геометричну точність оброблюваних поверхонь. Модернізація виробництва, вдосконалення суті технологічних процесів, підвищення якості продукції залежать від векторів спрямування виробництва, впровадження нового обладнання, машин і верстатів, які забезпечують вирішення технічних проблем та підвищують ефективність конструкторських рішень.

Ефективність машинобудування повинна підвищуватись за рахунок зміни структури виробничого процесу та переліку металообробного обладнання. Цей ефект досягається шляхом збільшення питомої ваги автоматизованого обладнання, методів комплексної обробки, верстатів з ЧПК, гнучких автоматизованих комплексів і гнучких виробничих систем, які дозволяють швидко і ефективно перебудувати виробництво на випуск нової продукції.

Загальні тенденції у розвитку верстатобудування можна охарактеризувати як напрям до підвищення продуктивності і забезпечення належної точності механічної обробки, якості обробленої поверхні, а саме:

1. Підвищення швидкостей різання і подач з метою скорочення основного часу і як наслідок цього розширення діапазону верстатного устаткування для забезпечення швидкісної обробки.

2. Поширення системи безступінчастою регулювання швидкостей руху різання та подач, які дозволяють встановлювати оптимальний режим обробки, змінюючи його на ходу верстата, і таким чином знизити основний технологічний час.

3. Дообладнання верстатів різноманітними технологічними пристосуваннями та спеціальною верстатною оснасткою з метою скорочення допоміжного часу.

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	ВСТУП	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>	<i>Замостний</i>						7	2
<i>Перевірив</i>	<i>Шанайда</i>							
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>				<i>ФМТ, гр. МВс-41 ТНТУ, Тернопіль</i>			

Сюди відносять пристосування для швидкої зміни положення різального інструменту; механізовані пристрої для швидкої зміни положення заготовки; пристосування для автоматичного контролю заготовки; пристрої для раціоналізації завантажувально-розвантажувальних робіт.

Для значної кількості верстатів розроблено пристрої, які розширюють діапазон використання верстата і дозволяють сконцентрувати достатню кількість технологічних переходів чи операцій в межах одного верстата.

4. Спрощення обслуговування верстатів, що досягається, в основному, автоматизацією циклу і відповідною системою керування з використанням блокуючих пристроїв.

5. Підвищення статичної та динамічної жорсткості та вібростійкості верстатів як умова збільшення швидкостей робочих рухів при високих в той же час вимогах по відношенню до точності форми і розмірів та якості оброблених деталей.

Високі вимоги по відношенню безпеки та полегшення праці працівника, який обслуговує верстат, наукова розробка та постійне оновлення типу верстатів, неперервне підвищення технічного рівня верстатобудування, впровадження принципів стандартизації та нормалізації, комплексна автоматизація окремих верстатів та їх груп є тими основними рисами розвитку верстатобудування.

Вміла експлуатація вказаного обладнання неможлива без вдосконалення інструментального оснащення, яке б мало підвищити надійність, що забезпечувало б економне ресурсозберігаюче використання дорогої прогресивної техніки. Все це обумовлює щоразу більше зростаючу роль металорізального інструменту.

Згідно із загальним напрямком розвитку техніки і технологій в цій кваліфікаційній роботі передбачено підвищення ефективності праці за рахунок використання сучасного верстатно-інструментального оснащення, інструменту і трудових технологій.

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		8



## РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Аналіз завдання

Мости транспортних засобів виконують функції осей на які встановлюють колеса. В залежності від схеми трансмісії мости можуть бути: ведучі, ведені, керовані та підтримуючі. На автотранспорту встановлено два мости: один – ведучий; другий – ведений. Ведучий міст об'єднує в одному агрегаті наступні механізми: головну передачу, диференціал і піввісі. Вказані механізми конструктивно розміщуються в загальному картері ведучого моста і служать для передачі крутного моменту на колеса. Механізми моста збільшують передавальний момент і розподіляють його на колеса в залежності від умов контакту кожного колеса з шляхом. При передаванні крутного моменту картер моста навантажується реактивним моментом, який намагається повернути його проти обертання коліс. Щоб цього не сталося міст підтримується підвіскою або її напрямними. Підвіска передає на картер моста також вертикальні, горизонтальні та бокові сили, які виникають при русі автомобіля.

В конструктивному вирішенні картери мостів бувають суцільнолиті, штамповані та комбіновані. Картер ведучого моста 4094-2301010-10 належить до картерів комбінованого типу, тобто суцільнолитий зі штампованою знімною кришкою. Перевагами комбінованих картерів є компактність конструкції і можливість використання для окремих частин його різних конструкційних матеріалів. До недоліків комбінованих картерів відносять порівняно низьку жорсткість із-за багаторазових з'єднань його частин, що призводить до необхідності збільшувати товщину стінок і протяжність посадочних поверхонь.

Заготовки деталі картера ведучого моста виготовляється методом литва в земляні форми, із литої сталі марки – сталь 35Л ГОСТ 977-88, яка добре піддається литву, а також механічній обробці в процесі виготовлення картера ведучого моста 4094-2301010-10.

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Замостний</i>				<b>ВСТУП</b>	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>	<i>Шанайда</i>						9	6
<i>Рецензент</i>						<i>ФМТ, гр. МВс-41 ТНТУ, Тернопіль</i>		
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>							

Зі сторони різьбових отворів М12-1,25-6Н до картера ведучого моста кріпиться кришка редуктора за допомогою вгвинчування 8-ми болтів М12. З протилежної сторони встановлена кришка картера, яка приварюється в процесі механічної обробки картера. Сумарний допуск відхилення від площинності цих двох поверхонь не повинен перевищувати 0,1 мм.

До фланців картера, за допомогою болтів, які проходять через отвори Ø 12 мм, кріпиться кожух піввісі, а сама піввісь входить у зачеплення із зовнішнім водилом.

Головними технічними вимогами до картеру є забезпечення співвісності отворів Ø70 мм в межах 0,05, що можна досягти при розточуванні обох отворів за одне встановлення. Також потрібно забезпечити співвісність зовнішньої поверхні на обох фланцях в межах 0,06 мм. Допуск перетину головної осі картеру та осі отвору Ø250 мм не повинен перебільшувати 0,2 мм.

## 1.2 Характеристика об'єкту виробництва

Вибір методів обробки об'єкту виробництва та визначення необхідної кількості переходів для обробки кожної поверхні є однією із задач при проектуванні технологічного процесу виготовлення деталі. Правильний вибір залежить від вимог до якості деталі та заготовки, кількості деталей (програми випуску), техніко-економічних показників, які характеризують кожен із методів обробки. Технологічні методи обробки вибирають за умови забезпечення „уточнення” заготовки до відхилення заданих допусків на готову деталь, тобто під фактичним уточненням  $\epsilon_{\phi}$  розуміємо відношення полів розсіювання  $\omega_3$  партії заготовок до полів розсіювання партії готових деталей  $\omega_{\delta}$ .

$$\epsilon_{\phi} = \omega_3 / \omega_{\delta}, \quad (1.1)$$

Розрахункове уточнення встановлюється згідно формули:

$$\epsilon_p = T_3 / T_{\delta}, \quad (1.2)$$

де  $T_3$  – допуск заготовки

$T_{\delta}$  – допуск деталі

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розрахункове значення  $\varepsilon_p$  може бути забезпечене різними методами обробки, кожен з яких дає свою величину уточнення. Величина уточнення для кожної технологічної операції  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3 \dots \varepsilon_m$  встановлюється:

$$\varepsilon_n = \varepsilon_1 \times \varepsilon_2 \times \varepsilon_3 \dots \varepsilon_m = \prod_{i=1}^m \varepsilon_i, \quad (1.3)$$

Кількість необхідних переходів визначається:

$$n = \frac{\log \varepsilon_p}{0.46}, \quad (1.4)$$

Показником того, що необхідна кількість методів обробки поверхонь деталі визначено правильно є нерівність:

$$\varepsilon_p \leq \varepsilon_n, \quad (1.5)$$

Для прикладу, визначаю методи обробки поверхні, отвору  $\varnothing 70^{+0,046}$

$$\varepsilon_p = 1900 / 46 = 41,3$$

$$n = \frac{\log 41,3}{0.46} = 3,5$$

Приймаємо  $n = 4$

— чорнове розточування:  $\varepsilon_1 = 1900 / 1200 = 1,58$

— напівчистове розточування:  $\varepsilon_2 = 1200 / 460 = 2,61$

— чистове розточування:  $\varepsilon_3 = 460 / 74 = 6,22$

— тонке розточування:  $\varepsilon_4 = 74 / 46 = 1,61$

Необхідна умова:  $\varepsilon_p \leq \varepsilon_1 \times \varepsilon_2 \times \varepsilon_3 \times \varepsilon_4$ ;  $\varepsilon_p = 41,3 \leq 1,58 \times 2,61 \times 6,22 \times 1,61 = 41,3$

З обрахунків видно, що кількість методів обробки поверхонь отвору  $\varnothing 70^{+0,046}$  встановлено вірно.

Встановлення методів обробки інших поверхонь заносимо до таблиці 1.1.

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 1.1 Встановлення методів обробки поверхонь

№ п/п	Розмір, мм	R <sub>a</sub>	Допуск, мм		Уточнення, мм	
			познач.	величина	формула	розрахунок
1	Ø250 <sup>+0,072</sup> Заготовка  Розточування: чорнове напівчистове чистове	3,2	T <sub>δ</sub>	72	$\varepsilon_p = T_3 / T_\delta$ $\varepsilon_1 = T_3 / T_1$ $\varepsilon_2 = T_1 / T_2$ $\varepsilon_3 = T_2 / T_3$ $\varepsilon_p = \varepsilon_1 \times \varepsilon_2 \times \varepsilon_3$	$\varepsilon_p = 40,3; n=3$  $\varepsilon_1 = 1,57$ $\varepsilon_2 = 2,57$ $\varepsilon_3 = 10$ $\varepsilon_p = 40,3$
			T <sub>3</sub>	2900		
			T <sub>ч</sub>	1850		
			T <sub>н.ч.</sub>	720		
			T <sub>ч.</sub>	72		
2	Ø266 Заготовка Точіння: чорнове чистове	12,5	T <sub>δ</sub>	520	$\varepsilon_p = T_3 / T_\delta$ $\varepsilon_1 = T_3 / T_1$ $\varepsilon_2 = T_1 / T_2$ $\varepsilon_p = \varepsilon_1 \times \varepsilon_2$	$\varepsilon_p = 6,15; n=2$ $\varepsilon_1 = 2,46$ $\varepsilon_2 = 2,5$ $\varepsilon_p = 6,15$
			T <sub>3</sub>	3200		
			T <sub>1</sub>	1300		
			T <sub>2</sub>	520		
			T <sub>2</sub>	520		
3	Ø312 <sup>±0,52</sup> Заготовка Розточування: чорнове чистове	3,2	T <sub>δ</sub>	520	$\varepsilon_p = T_3 / T_\delta$ $\varepsilon_1 = T_3 / T_1$ $\varepsilon_2 = T_1 / T_2$ $\varepsilon_p \leq \varepsilon_1 \times \varepsilon_2$	$\varepsilon_p = 6,15; n=2$ $\varepsilon_1 = 2,46$ $\varepsilon_2 = 2,5$ $\varepsilon_p = 6,15$
			T <sub>3</sub>	3200		
			T <sub>1</sub>	1300		
			T <sub>2</sub>	520		
			T <sub>2</sub>	520		
4	Ø255 <sub>-1,5</sub> Заготовка Точіння: чорнове напівчистове чистове	12,5	T <sub>δ</sub>	150	$\varepsilon_p = T_3 / T_\delta$ $\varepsilon_1 = T_3 / T_1$ $\varepsilon_2 = T_1 / T_2$ $\varepsilon_3 = T_2 / T_3$ $\varepsilon_p \leq \varepsilon_1 \times \varepsilon_2 \times \varepsilon_3$	$\varepsilon_p = 63; n=4$ $\varepsilon_1 = 2,5$ $\varepsilon_2 = 2,5$ $\varepsilon_3 = 4$ $\varepsilon_4 = 2,5$ $\varepsilon_p = 63$
			T <sub>3</sub>	3200		
			T <sub>1</sub>	1300		
			T <sub>2</sub>	520		
			T <sub>3</sub>	150		

## 1.2.1 Розмірний аналіз технологічного процесу

Для проведення розмірного аналізу технологічного процесу викреслюємо ескіз заготовки. Над деталлю вказуємо конструкторські розміри (A<sub>i</sub>), де індекс і означає порядковий номер конструкторського розміру. Під деталлю наносимо припуски Z<sub>m</sub>, де m – номер поверхні, до якої відноситься припуск. Всі поверхні деталі номеруємо зліва на право і через ці точки проводимо вертикальні лінії. Між цими лініями вказуємо технологічні розміри, що отримуються в результаті виконання кожного технологічного переходу. Схема розрахунку розмірного аналізу зображено на рис. 1.1. Усі розрахунки зведені до таблиці 1.2.

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

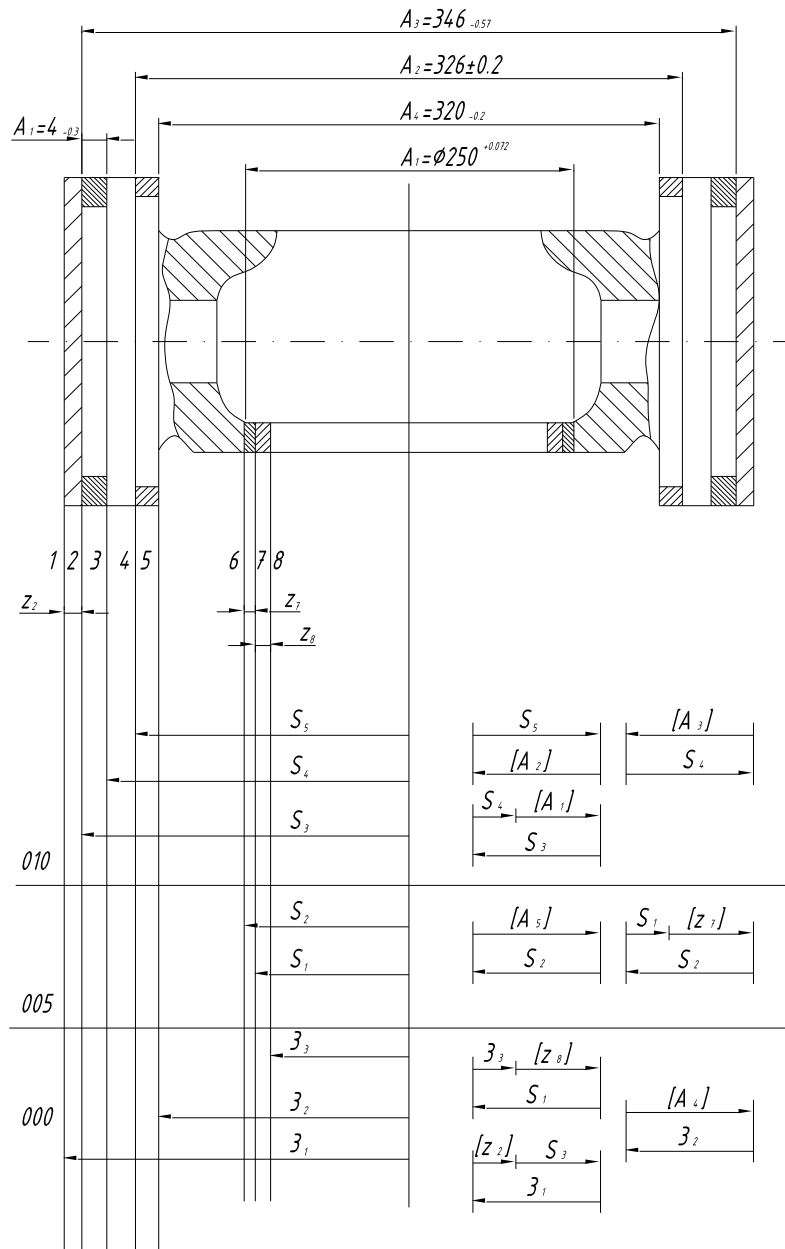


Рисунок 1.1 Схема розмірного аналізу

### 1.3 Огляд літератури

Провівши аналіз конструктивних особливостей деталі Картер ведучого моста 4094-2301010-10 та базовий технологічний процес її виготовлення нами прийнято рішення, що одним із варіантів його оптимізації буде використання восьмишпіндельної свердлильної головки для одночасного свердлування отворів під подальше нарізання внутрішньої різьби М12-1,25-6Н. Використання такого устаткування пов'язане із узгодженням комплексу проектних робіт, які

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата
-----	------	-------------	--------	------

КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ

Арк.

включають кінематичний та силовий аналіз приводу головного руху верстата та механізмів подач, аналіз компоувальних схем, складальних креслень, автоматизований розрахунок та елементи автоматизованого графічного моделювання.

Аналізуючи алгоритм виконання проектних робіт ми встановили, що в основу такого технічного аналізу та досліджень покладено аналіз силових факторів, які мають місце в зоні обробки [1]. Визначення цих параметрів можна проводити різними методами: методами натурних вимірювань, розрахунковими методами [2, 3] або іншими алгоритмами, які використовують при 3D моделюванні технічних об'єктів [4].

Встановивши межі кінематичних параметрів, які слід досягнути при розробці нового верстатного обладнання [5, 6] можна запропонувати структурно-кінематичну та кінематичну схеми верстата, визначити фактичні передаточні відношення, сформувавши компоувальну схему [7], спрогнозувати експлуатаційні параметри верстата [8], а також визначити вплив елементів приводу головного руху верстата [9] на показники точності та якості оброблюваних поверхонь.

Враховуючи, що ми розглядаємо процес одночасного свердління 8-ми отворів, то відповідно більше уваги приділено вивченню власне процесу різання при свердлінні [10], дослідженню впливу параметрів режимів різання на якість вхідної та вихідної кромки наскрізного отвору [11], також проаналізовано вплив конструктивних параметрів [12] свердл на процес механічної обробки. Окрім того нами встановлено, що у процесі механічної обробки, яка супроводжується зніманням певного шару металу, доцільно використовувати змінні параметри [13], наприклад подачі, для забезпечення найбільш ефективного процесу різання та якості оброблюваних поверхонь.

Доведено, що прийняті технічні рішення мають відповідати принципам економічної доцільності [14]. Розроблені нові машини, механізми та інструменти мають забезпечувати досягнення економічного ефекту, сприяти підвищенню продуктивності праці та якості механічної обробки.

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Визначення допусків, припусків і операційних розмірів

Розрахунок припусків на механічну обробку, аналітичним методом, проводимо для отвору  $\varnothing 70^{+0,046}$  за типовою методикою викладеною в [2]. Визначення припусків проводимо в наступній послідовності: для даної поверхні розраховуємо припуски розрахунковим методом, а для інших поверхонь припуски призначені методом таблиць.

Заготовка утворена відливкою 8 класу точності, масою 20 кг. Технологічний маршрут обробки отвору  $\varnothing 70^{+0,046}$  включає з чотири переходи розточування: чорнове, напівчистове, чистове, тонке. Під технологічні бази відведено нижню зовнішню поверхню в розмір 30 та отвір  $\varnothing 250$ .

Розрахунок припусків на обробку отвору  $\varnothing 70H8$  поданий в таблиці 2.1, в якій послідовно відображено маршрут обробки отвору і всі числові значення елементів припуску. Сумарні значення  $R_z$  і  $T$ , які характеризують якість поверхонь заготовок складає 600 мкм (додаток 10 [15]).

Сумарне значення відхилень визначається за формулою:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2},$$

Короблення отворів доцільно вираховувати як в діаметральному так і в основному перерізі,

тому: 
$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k \times d)^2 + (A_k \times l)^2},$$

де  $d$  і  $l$  – діаметр і довжина оброблюваного отвору.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,7 \times 70)^2 + (0,7 \times 42)^2} = 57 \text{ мкм}$$

$$\rho_{см} = \sqrt{(\varepsilon_B / 2)^2 + (\varepsilon_T / 2)^2},$$

$$\rho_{см} = \sqrt{(37^2 + 120^2)} = 126 \text{ мкм}$$

Таким чином, сумарне значення відхилення заготовки:

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив		Замостний			<b>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b>	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевірів		Шанайда						
Рецензент						<i>ФМТ, гр. МВс-41 ТНТУ, Тернопіль</i>		
Н. контр.		Кобельник						
Зав. каф.		Кобельник						

$$\rho_3 = \sqrt{57^2 + 126^2} = 138 \text{ мкм}$$

Залишкове відхилення після чорнового розточування:

$$\rho_1 = 0,05 \times \rho_3 = 0,05 \times 138 = 7 \text{ мкм}$$

Похибка установки при переході чорнового розточування визначається:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_3^2},$$

Похибка базування виникає за рахунок скошування заготовки в горизонтальній площині при її встановленні на шток пристрою. Найбільший розрахунковий зазор між отвором і встановочним штирем:

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + S_{\min},$$

де  $\delta_A$  – допуск на отвір,  $\delta_A = 46 \text{ мкм} = 0,046 \text{ мм}$

$\delta_B$  – допуск на діаметр штиря;  $\delta_B = 18 \text{ мкм} = 0,018 \text{ мм}$

$S_{\min}$  – мінімальний зазор між діаметром штиря і отвором.

$$S_{\min} = 13 \text{ мкм} = 0,013 \text{ мм}$$

Звідси найбільший кут повороту заготовки на опорних штирях знаходиться із відношення суми найбільшого зазору при повороті в один бік від середнього положення до розміру отвору:

$$t_g \alpha = 0,046 + 0,018 + 0,013 / 285 = 0,0003$$

Похибка базування по довжині отвору який обробляється,  $l$

$$\varepsilon_6 = l \times t_g \alpha,$$

$$\varepsilon_6 = 42 \times 0,0003 = 0,0126 \text{ мм} = 12,6 \text{ мкм}$$

За похибку закріплення заготовки  $\varepsilon_3$  типово приймаємо:

$$\varepsilon_3 = 100 \text{ мкм.}$$

Звідси похибка встановлення при чорновому розточуванні:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{12,6^2 + 100^2} = 101 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка установки заготовки при напівчистому розточуванні:

$$\varepsilon_2 = 0,05 \varepsilon_1 + \varepsilon_{\text{інд}},$$

де  $\varepsilon_{\text{інд}}$  – переходи проводяться за єдиного встановлення:  $\varepsilon_{\text{інд}} = 0$

$$\varepsilon_2 = 0,05 \times 101 + 0 = 5,05 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка установки деталі при чистому розточуванні:

$$\varepsilon_3 = 0,05 \times \varepsilon_2 + \varepsilon_{\text{інд}},$$

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



$$\varepsilon_3 = 0,05 \times 5,05 + 1 = 1,3 \text{ мкм}$$

Залишкова похибка установки деталі при тонкому розточуванні:

$$\varepsilon_4 = 0,05 \times \varepsilon_3 + \varepsilon_{\text{інд}},$$

$$\varepsilon_4 = 0,05 \times 1,3 + 0 = 0,065 \text{ мкм}$$

На основі отриманих даних (таблиця 2.1) проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків:

$$2 Z_{\min} = 2 (R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}),$$

Мінімальний припуск для розточування:

— чорнове:  $2 Z_{\min 1} = 2(600 + \sqrt{138^2 + 101^2}) = 2 \times 771 \text{ мкм};$

— напівчистове:  $2 Z_{\min 2} = 2(50 + 50 + \sqrt{7^2 + 5,05^2}) = 2 \times 109 \text{ мкм};$

— чистове:  $2 Z_{\min 3} = 2(35 + 35 + \sqrt{0,35^2 + 1,3^2}) = 2 \times 71 \text{ мкм};$

— тонке:  $2 Z_{\min 4} = 2(20 + 25 + \sqrt{0,0175^2 + 0,065^2}) = 2 \times 45,1 \text{ мкм};$

Графа "Розрахунковий розмір" ( $d_p$ ) заповнюється починаючи з фінішного розміру з послідовним вирахуванням розрахункового мінімального припуску для кожного технологічного переходу.

Кінцевий розмір  $d = 70,046$ , для решти переходів отримуємо:

— для чистового:  $d_{p1} = 70,046 - 0,0902 = 69,9558 \text{ мм};$

— для напівчистового:  $d_{p2} = 69,9558 - 0,142 = 69,8138 \text{ мм};$

— для чорнового:  $d_{p3} = 69,8138 - 0,218 = 69,5958 \text{ мм};$

— для заготовки:  $d_{p4} = 69,5958 - 1,542 = 68,0538 \text{ мм};$

В графі "Граничний розмір" найбільше значення ( $d_{\max}$ ) отримуємо за розрахунковими значеннями розмірів, які заокруглені до точності допуску для відповідного переходу. Найменші граничні розміри ( $d_{\min}$ ) визначано відніманням від найбільших граничних розмірів допусків окремих переходів.

Таким чином, для переходу розточування:

— тонкого: найбільший – 70,046 мм

найменший –  $70,046 - 0,046 = 70 \text{ мм}$

— для чистового: найбільший – 69,956 мм

найменший –  $69,956 - 0,074 = 69,882 \text{ мм}$

— для напівчистового: найбільший – 69,814 мм

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

найменший –  $69,814 - 0,46 = 69,354$  мм

— для чорнового: найбільший – 69,596 мм

найменший –  $69,596 - 1,2 = 68,396$  мм

— для заготовки: найбільший – 68,054 мм

найменший –  $68,054 - 1,9 = 66,154$  мм

Розрахункові мінімальні значення припусків  $Z_{\min}^{\text{пр}}$  встановлюють як різницю найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальне значення  $Z_{\max}^{\text{пр}}$  – як різницю найменших граничних розмірів.

Тоді для тонкого переходу розточування:

$$2 Z_{\min 4}^{\text{пр}} = 70,046 - 69,956 = 0,09 \text{ мм} = 90 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\max 4}^{\text{пр}} = 70 - 69,882 = 0,118 \text{ мм} = 118 \text{ мкм}$$

Для чистого розточування:

$$2 Z_{\min 3}^{\text{пр}} = 69,956 - 69,814 = 0,142 \text{ мм} = 142 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\max 3}^{\text{пр}} = 69,882 - 69,354 = 0,528 \text{ мм} = 528 \text{ мкм}$$

Для напівчистого розточування:

$$2 Z_{\min 2}^{\text{пр}} = 69,814 - 69,596 = 0,218 \text{ мм} = 218 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\max 2}^{\text{пр}} = 69,354 - 68,396 = 0,958 \text{ мм} = 958 \text{ мкм}$$

Для чорнового розточування:

$$2 Z_{\min 1}^{\text{пр}} = 69,596 - 68,054 = 1,542 = 1542 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{\max 1}^{\text{пр}} = 68,396 - 66,154 = 2,242 = 2242 \text{ мкм}$$

Всі результати розрахунків зведені до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Визначення припусків та між операційних розмірів

Розмір, мм	Допуск, мм	Припуск, мм	
		Основний	Додатковий
Отвір Ø250	3,2	4,0	1,6
125	2,8	3,5	1,2
Ø255	3,2	4,0	1,6
354	3,6	4,2	2,0
160	1,2	-	-
12	0,8	4	0,6

Спираючись на результати проведених розрахунків будуємо схему графічного розміщення припусків і допусків по обробці отвору  $\varnothing 70^{+0,046}$ . Загальні припуски  $Z_{0\min}$  і  $Z_{0\max}$  визначено сумуванням проміжкових припусків і записуємо їх значення у відповідних графах:

$$2 Z_{0\min} = 90 + 142 + 218 + 1542 = 1992 \text{ мкм}$$

$$2 Z_{0\max} = 118 + 528 + 958 + 2242 = 3846 \text{ мкм}$$

Перевіряємо правильність виконаних розрахунків:

$$Z_{\max 4}^{\text{пр}} - Z_{\min 4}^{\text{пр}} = 118 - 90 = 28 \text{ мкм}$$

$$\delta_3 - \delta_4 = 74 - 46 = 28 \text{ мкм}$$

$$Z_{\max 3}^{\text{пр}} - Z_{\min 3}^{\text{пр}} = 528 - 142 = 386 \text{ мкм}$$

$$\delta_2 - \delta_3 = 460 - 74 = 386 \text{ мкм}$$

$$Z_{\max 2}^{\text{пр}} - Z_{\min 2}^{\text{пр}} = 958 - 218 = 740 \text{ мкм}$$

$$\delta_1 - \delta_2 = 1200 - 460 = 740 \text{ мкм}$$

$$Z_{\max 1}^{\text{пр}} - Z_{\min 1}^{\text{пр}} = 2242 - 1542 = 700 \text{ мкм}$$

$$\delta_{\text{заг}} - \delta_1 = 1900 - 1200 = 700 \text{ мкм}$$

$d_{\max}$  розточування тонкого 70,046

$d_{\min}$  розточування тонкого 70,0

$\delta$  розточування тонкого 46 мкм

$d_{\max}$  розточування чистового 69,956

$d_{\min}$  розточування чистового 69,882

$\delta$  розточування чистового 74 мкм

$d_{\max}$  розточування напівчистового 69,814

$d_{\min}$  розточування напівчистового 69,354

$\delta$  розточування напівчистового 460 мкм

$d_{\max}$  розточування чорного 69,596

$d_{\min}$  розточування чорного 68,396

$\delta$  розточування чорного 1200 мкм

$d_{\max}$  заготовки 68,054

$d_{\text{ном}}$  заготовки 67,104

$d_{\min}$  заготовки 66,154

$\delta$  заготовки 1900 мкм

$2 Z_{\max}^{\text{пр}}$  на розточування чорнове 2242

$2 Z_{\min}^{\text{пр}}$  на розточування чорнове 1542

$2 Z_{\max}^{\text{пр}}$  на розточування напівчистове 958

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$2 Z_{\min}^{\text{np}}$  на розточування напівчистове 218

$2 Z_{\max}^{\text{np}}$  на розточування чистове 528

$2 Z_{\min}^{\text{np}}$  на розточування чистове 142

$2 Z_{\max}^{\text{np}}$  на розточування тонке 118

$2 Z_{\min}^{\text{np}}$  на розточування тонке 90

## 2.2 Розрахунок режимів різання для технологічної операції

Параметри режимів різання призначають таким чином, щоб було досягнуто найбільшої продуктивності праці при найменшій собівартості технологічної операції. Ці умови можуть бути досяжними при використанні інструменту раціональної конструкції, забезпечення раціональної геометрії та ефективному використанні верстатного обладнання.

До режимів різання відносять наступні параметри: глибина різання  $t$  (мм), подача  $S$  (мм/об або мм/хв.), швидкість  $V$  (мм/хв. або мм/с).

При розрахунку і призначенні режимів різання враховують тип та розмір інструменту, матеріал різальної частини, матеріал і спосіб отримання заготовки, тип верстатного обладнання і технологічного оснащення.

Приклад розрахунку режимів різання демонструємо для одного переходу. Обираємо розрахунок режимів різання для свердління отвору  $\varnothing 12$ . Розрахунок проводимо за відомими методиками [2].

Глибина різання:

$$t = D / 2,$$

де  $D$  – діаметр свердла:

$$t = 12 / 2 = 6 \text{ мм}$$

Подача:  $S_0 = 0,4$  мм/об

Швидкість різання:

$$v = C_v \times D_q / T_m \times S_y \times K_v,$$

де  $C_v$  – коефіцієнт швидкості різання;  $C_v = 40,7$  [2] табл. 28.

$T$  – період стійкості свердла;  $T = 35$  хв;  $q, y, m$  – показники степенів

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$q = 0,25; \quad y = 0,4; \quad m = 0,125 \text{ [2] табл. 28.}$$

$$K_v = K_{Mv} \times K_{uv} \times K_{iv},$$

де  $K_{Mv} = 0,8$  – коефіцієнт на оброблювальний матеріал [2] табл. 4.5,

$K_{uv} = 1$  – коефіцієнт на інструментальний матеріал [2] табл. 6,

$K_{iv} = 1$  – коефіцієнт, що враховує глибину свердління [2] табл. 31.

$$K_v = 0,8 \times 1 \times 1 = 0,8$$

$$v = 40,7 \times 12^{0,25} / 35^{0,125} \times 0,4^{0,4} \times 0,8 = 56 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = 1000 \times v / \pi \times D,$$

$$n = 1000 \times 56 / 3,14 \times 12 = 1486 \text{ хв}^{-1}$$

Крутий момент:

$$M_{кр} = 10 \times C_M \times D^q \times S^y \times K_p,$$

де:  $C_M = 0,005$ ;  $q = 2$ ;  $y = 0,8$  [3] табл. 32,  $K_p = K_{MP} = 0,75$  [3] табл. 10,

$$M_{кр} = 10 \times 0,005 \times 12^2 \times 0,4^{0,8} \times 0,75 = 2,6 \text{ Н} \times \text{м}$$

Ефективна потужність:

$$N_e = M_{кр} \times n / 9750,$$

$$N_e = 2,6 \times 1486 / 9750 = 0,43 \text{ кВт}$$

Потужність головного приводу:

$$N_{пр} = N_e / \tau,$$

де  $\tau = 0,75$

$$N_{пр} = 0,43 / 0,75 = 0,59 \text{ кВт}$$

По потужності двигуна та необхідними розмірами стола вибираємо вертикально-свердлильний верстат мод. 2Н118 ( $N_{дв} = 1,7$  кВт), розміри стола 450х600.

Прийняті режими різання по верстату:  $S = 0,3$  мм/об;

$$n = 1600 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання:

$$v = \pi D_n / 1000 = 3,14 \times 12 \times 1600 / 1000 = 60,3 \text{ м/хв.}$$

Значення решти розрахованих режимів різання зведено до таблиці 2.3.

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 1.2 Розмірний аналіз технологічного процесу

Вихідний розмір		Вихідне рівняння	Розмір, що визначається			
Позначення	Значення, мм		Номінальний розмір, мм	Допуск, мм	Технологічний розмір, мм	Граничне значення припуску, мм
A <sub>1</sub>	4 <sub>-0,3</sub>	2A <sub>1</sub> = 2S <sub>3</sub> -2S <sub>4</sub>	2*4 <sub>-0,3</sub> =2*S <sub>3</sub> -2173 <sub>-0,57</sub> 0=Δ <sub>B</sub> -0,57; Δ <sub>B</sub> = 0,57 -0,3 = Δ <sub>H</sub> -0; Δ <sub>H</sub> = -0,3	0,87	S <sub>3</sub> = 177 <sup>+0,57</sup> <sub>-0,3</sub>	–
A <sub>2</sub>	326 ± 0,2	A <sub>2</sub> = 2*S <sub>5</sub>	S <sub>5</sub> = 326 : 2 = 163	0,4	S <sub>5</sub> = 163 ± 0,2	–
A <sub>3</sub>	346 <sub>-0,57</sub>	A <sub>3</sub> = 2*S <sub>4</sub>	S <sub>4</sub> = 346 : 2 = 173	0,57	S <sub>4</sub> = 173 <sub>-0,57</sub>	–
A <sub>4</sub>	320 <sub>-0,2</sub>	A <sub>4</sub> = 2* S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> = 320 : 2 = 160	0,2	S <sub>2</sub> = 160 <sub>-0,2</sub>	–
Z <sub>7min</sub>	0,26	2S <sub>2</sub> -2S <sub>7</sub> -Z <sub>7</sub> = 0 Z <sub>7</sub> = 2S <sub>2</sub> -2S <sub>1</sub>	0,26 = 125 – S <sub>1min</sub> S <sub>1max</sub> = 124,74 S <sub>1min</sub> = 124,74-0,18 = 124,56	0,18	S <sub>1</sub> = 124,56 <sub>-0,18</sub>	Z <sub>7</sub> = 125 <sup>+0,072</sup> <sub>-</sub> 124,56 <sub>-0,18</sub> = 0,44 <sup>+0,25</sup>
A <sub>5</sub>	250 <sup>+0,072</sup>	A <sub>5</sub> = 2*S <sub>2</sub>	S <sub>2</sub> = 250 : 2 = 125	0,072	S <sub>2</sub> = 125 <sup>+0,072</sup>	–
Z <sub>8min</sub>	0,8	3 <sub>3</sub> -S <sub>1</sub> +Z <sub>8</sub> = 0 Z <sub>8</sub> = S <sub>1</sub> – 3 <sub>3</sub>	0,8 = 124,56-3 <sub>3</sub> S <sub>3max</sub> = 123,5 S <sub>3min</sub> =123,5-0,3=123,2	0,3	S <sub>3</sub> = 123,2 <sup>+0,3</sup>	Z <sub>8</sub> =124,56 <sub>-0,18</sub> - 123,2 <sup>+0,3</sup> = 1,36 <sub>-0,48</sub>
Z <sub>2min</sub>	1,0	3 <sub>1</sub> -S <sub>3</sub> -Z <sub>2</sub> = 0 Z <sub>2</sub> = 3 <sub>1</sub> – S <sub>3</sub>	1,0=3 <sub>1</sub> -177 S <sub>1min</sub> = 178 S <sub>1max</sub> = 178+0,87 = 178,87	0,87	3 <sub>1</sub> = 178,87 <sub>-0,8</sub>	Z <sub>2</sub> = 178,87 <sub>-0,8</sub> - 177 <sup>+0,57</sup> <sub>-0,3</sub> = 1,87 <sup>+0,3</sup> <sub>-1,37</sub>

Таблиця 2.3 Режими різання.

№ операції	Назва операції та зміст переходів	t, мм.	Режими різання						Верстат, N <sub>дв</sub> ,кВт	
			розрахунковий			прийнятий				
			S,мм/об	v, м/хв.	n,об/хв.	S,мм/об	v, м/хв.	n,об/хв.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
005	Горизонтально-розточна									2620Г 7,0кВт
	1. Підрізати торець ø312	2	0,7	190	610	0,7	110	777		
	2. Розточити отвір ø250 начорно	2,5	0,6	100	520	0,5	102	530		
	3. Розточити отвір ø250 начисто	1,5	0,4	110	620	0,5	100	550		
	4. Розточити фаску < 45° в ø250	5	0,15	220	1000	0,12	90	530		
	5. Підрізати торець ø266	2,6	1,0	105	440	0,7	90	777		
010	Горизонтально-розточна									2620Г 7,0кВт
	1. Обточити поверхню ø258 начорно	2,25	1	105	440	1	103	432		
	2. Підрізати торець в розмірі 177 від осі	2	0,7	190	610	0,8	96	674		
	3. Обточити поверхню ø203 начорно	2,25	1	105	440	1	103	432		
	4. Розточити отвір ø65 начорно	3	0,6	100	520	0,5	102	530		
015	Вертикально-свердлильна									2Г175М
	1. Свердлити 8-м отворів ø10,7	5,35	0,3	16	615	0,3	16,8	648		
020	Вертикально-свердлильна									2Н118
	1. Нарізати різь M12x1,25-6H	1,075	1,25	383	152	1,25	3,52	140		

Змін.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Продовження табл. 2.3									
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					025	Горизонтально-розточна								2620Г 7,0кВт
						1. Обточити поверхню $\varnothing 255$ начисто	1,2	0,12	220	950	0,12	256	1080	
						2. Обточити поверхню $\varnothing 200$ начисто	1,2	0,14	235	950	0,12	254	1052	
						3. Підрізати торець $\varnothing 202$	2,5	0,7	190	610	0,7	110	780	
						4. Розточити отвір $\varnothing 70$ начисто	0,3	0,15	225	950	0,12	247	1052	
						5. Розточити фаску в отворі $\varnothing 70$	0,5	0,15	220	1000	0,12	90	530	
					030	Радіально-свердлильна								2Н57 4,0кВт
						1. Цекувати отвір $\varnothing 40$	20	0,3	23,9	451	0,3	24,18	480	
						2. Свердлити отвір $\varnothing 18,25$	9,125	0,2	16	615	0,3	16,8	648	
						3. Розсвердлити фаску $1,5 \times 45^0$	0,75	0,15	220	1000	0,12	90	530	
						4. Нарізати різь $K1/2''$	1,075	0,75	8	320	0,75	9	373	
						5. Свердлити отвір $\varnothing 8,7$	4,35	0,5	20	498	0,5	20,8	508	
						6. Розсвердлити фаску $1 \times 45^0$	0,5	0,15	220	1000	0,12	90	530	
						7. Нарізати різь $K1/8''$	1,075	0,8	8	320	0,75	9	373	
					035	Вертикально-свердлильна								2Н135Б 3,5кВт
						1. Свердлити 8 отворів $\varnothing 12$	6	0,3	56	1486	0,3	60,3	1600	
					040	Вертикально-свердлильна								2Н135Б 3,5кВт
						1. Свердлити отвір $\varnothing 16$	8	0,3	38	1530	0,3	60,3	1600	
						Розсвердлити отвір $\varnothing 32$	8	0,3	38	1530	0,3	60,3	1600	
					045	Горизонтально-протяжна								7505 3,5кВт
						1. Протягнути пази під шпонку	1	0,07	3,5	–	0,07	4	–	

КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ



## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Кінематичний розрахунок приводу головного руху

В кінематичний розрахунок входить побудова структурної сітки та графіка чисел обертів.

При обробці кольорових матеріалів визначаємо верхню і нижню межу чисел обертів шпинделя за формулами:

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot U_{\max}}{\pi \cdot d_{\min}};$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot U_{\min}}{\pi \cdot d_{\max}};$$
(3.1)

де  $U_{\max}=48$  м/хв,  $U_{\min}=34$  м/хв,  $d_{\max}=75$  мм,  $d_{\min}=16$  мм.

Звідси,

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 48}{3,14 \cdot 15} = 1019 \text{ об/хв};$$

$$n_{\min} = \frac{1000 \cdot 34}{3,14 \cdot 75} = 22 \text{ об/хв};$$

На основі побудови ряду числа ступенів по закону геометричної прогресії визначимо діапазони регулювання за формулою:

$$R_n = \frac{n_{\max}}{n_{\min}};$$
(3.2)

Отже,

$$R_n = \frac{1019}{22} = 45.$$

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>							
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>								
<i>Розробив</i>	<i>Замостний</i>				<b>КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b>			<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Перевірів</i>	<i>Шанайда</i>									5		
<i>Рецензент</i>								<i>ФМТ, гр. МВс-41 ТНТУ, Тернопіль</i>				
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>											
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>											

Для визначення числа ступеней регулювання числа обертів приводу головного руху -  $z$  слід попередньо визначитися [16] знаменником ряду геометричної прогресії  $\varphi$ , який для вертикально-свердлильних верстатів дорівнює  $\varphi=1,41$ .

Число ступеней регулювання визначимо за формулою:

$$z = 1 + \frac{\lg R_n}{\lg \varphi}; \quad (3.3)$$

Звідси,

$$z = 1 + \frac{\lg 45}{\lg 1,41} = 1 + \frac{1,15}{0,14} = 11,5$$

Приймаємо  $z=12$ .

Складаємо структурну формулу, яка представляється у вигляді добутку:

$$z = P_1(X_1) \cdot P_2(X_2) \cdot P_3(X_3) \cdot P_4(X_4) \quad (3.4)$$

де  $P_1, P_2, P_3, P_4$  – число, яке вказує на кількість передач в кожній незалежній групі.

$X_1, X_2, X_3, X_4$  – характеристика незалежних груп.

Звідси,

$$z = 12 = 3_{(1)} \cdot 2_{(3)} \cdot 1 \cdot 2_{(6)}$$

Виходячи з структурної формули будуємо структурну сітку.

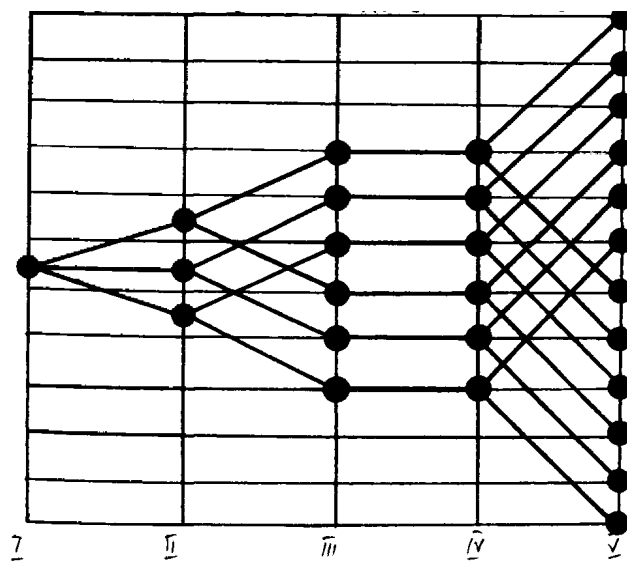


Рисунок 3.1. Структурна сітка

Із попередньо розрахованих режимів різання для різних операцій вибираємо найменшу частоту обертання шпинделя. Ці дані обираємо з базового технологічного процесу механічної обробки деталі.

При розвертуванні отворів в деталях із сірого чавуну заготовки  $U_1 = n_{min} = 22$  об/хв.

Уточняємо число обертів шпинделя згідно стандартного значення знаменника  $\varphi$ . Найближче мінімальне значення  $n_1 = 22,4$  об/хв.

Записуємо оптимальну структурну формулу:

$$z = 12 = 3_{(1)} \cdot 2_{(3)} \cdot 1 \cdot 2_{(6)}$$

і проводимо її аналіз на предмет граничного діапазону регулювання.

$$X_4 = \frac{\lg 8}{\lg 1,41} = 6$$

Оскільки  $X_4 = X_{max} = 6$ , побудова графіка чисел обертів у вигляді нормальної структури можлива.

Визначаємо загальне передаточне відношення за формулою:

$$n_{заг} = \frac{n_1}{n_{ел.дв}}; \tag{3.5}$$

$$n_{заг} = \frac{22,4}{1500} = \frac{1}{66,9}$$

Розбиваємо  $n_{заг}$  на складові:

$$U_1 > U_2 > U_3 > U_4 > U_5$$

$$\frac{1}{66,9} = \frac{1}{1,41} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2,82} \cdot \frac{1}{2,11} \cdot \frac{1}{4}$$

Проводимо аналіз кожної групової передачі, тобто визначаємо, яку кількість клітинок на графіку повинен пересікти промінь понижуючої передачі кожної групи

а) одинична група:

$$\frac{1}{1,41} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{(1,41)^y}; \quad y=1$$

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

б) основна група:

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{2^y}; \quad y=2$$

в) перша переборна група

$$\frac{1}{2,82} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{(2,82)^y}; \quad y=3$$

г) друга переборна група:

$$\frac{1}{2,11} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{(2,11)^y}; \quad y=2$$

д) третя переборна група

$$\frac{1}{4} = \frac{1}{\varphi^y} = \frac{1}{4^y}; \quad y=4$$

Звідси будемо графік чисел обертів.

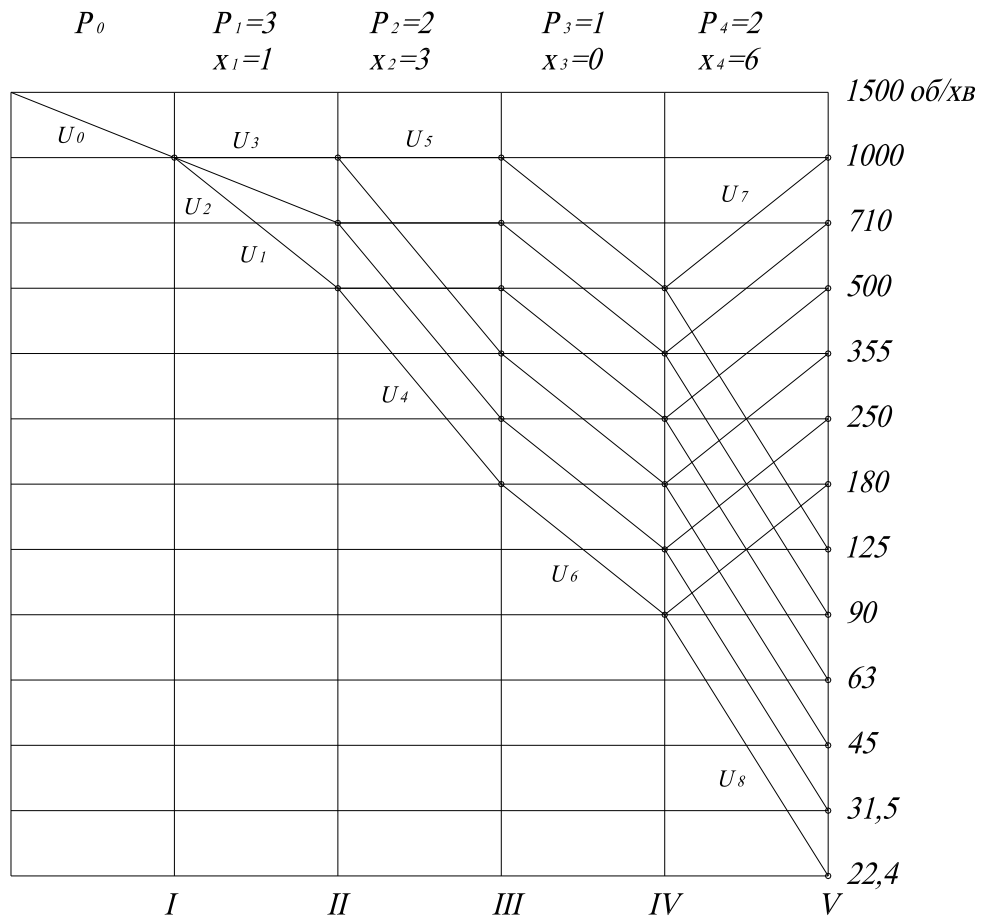


Рисунок 3.2. Графік чисел обертів

Визначаємо передаточні відношення і числа зубів коліс зубчастих механізмів. По графіку чисел обертів легко визначити передаточні відношення окремих пар зубчастих коліс.

Для графіку чисел обертів на рисунку 3.2 будемо мати:

$$U_0 = \frac{D_1}{D_2} = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1,41};$$

$$U_1 = \frac{D_1}{z_2} = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1,41^2} = \frac{1}{2};$$

$$U_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1,41};$$

$$U_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{1}{\varphi^0} = 1;$$

$$U_4 = \frac{z_8}{z_9} = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1,41^3} = \frac{1}{1,81};$$

$$U_5 = \frac{z_4}{z_1} = \frac{1}{\varphi^0} = \frac{1}{1,41^0} = 1;$$

$$U_6 = \frac{z_{10}}{z_{11}} = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1,41^2} = \frac{1}{2,11};$$

$$U_7 = \frac{z_{11}}{z_{12}} = \varphi^2 = 1,41^2 = 2;$$

$$U_8 = \frac{z_{13}}{z_4} = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,41^4} = \frac{1}{4}.$$

Маючи конкретні значення передаточних відношень для кожної незалежної групи можна визначити числа зубів окремих пар зубчастих коліс, що входять в неї. При цьому приймаємо, що модуль всіх зубчастих коліс групи однаковий, а міжосьова відстань незмінна.

Виходячи з цієї умови можна записати наступну систему рівнянь:

$$\begin{aligned} z_1 + z_2 &= z_3 + z_4 = z_5 + z_6 = \sum z \\ \frac{z_1}{z_2} &= U_1; \frac{z_3}{z_4} = U_2; \frac{z_5}{z_6} = U_3 \end{aligned} \quad (3.6)$$

Звідси,

$$z_1 + z_2 = \sum z$$
$$z_1 / z_2 = U_1$$

Приймаючи  $z_1=18$ , знаходимо  $z_2 = 18/U_1$ , а  $\sum z = 18(1 + 1/U_1)$ .

Тоді для другої пари цієї ж групи:

$$z_3 + z_4 = \sum z$$
$$z_3 / z_4 = U_2$$

Звідси, одержимо:

$$z_3 = \frac{\sum z \cdot U_2}{1 + U_2} = 18 \cdot U_2 \cdot \frac{1 + U_1}{(1 + U_2) \cdot U_1},$$
$$z_4 = \frac{1 + U_1}{(1 + U_2) \cdot U_1} \cdot 18$$

Отже, приймаємо  $z_{\min}=18$ . Знаходимо для основної групи:

$$\sum z_{\min} = 18 \cdot \frac{U_1 + 1}{U_1} = \frac{18 \cdot (1/2 + 1)}{1/2} = 54$$

По нормативних таблицях знаходимо, що при мінімальному числі зубів  $\sum z = 54$  забезпечити передаточні числа:

$$2 = (U_1 = 1/2); \quad 1,41 (U_2 = 1/1,41); \quad 1 = (U_3 = 1)$$

неможливо (значенню 1,41 при  $\sum z = 54$  відповідає так звана густа клітка). Тоді можна забезпечити вказані передаточні числа, які сумарно рівні 60 і йому відповідають числа зубів:

$$z_1 = 20 \quad z_2 = 40$$
$$z_3 = 25 \quad z_4 = 35$$
$$z_5 = 30 \quad z_6 = 30$$

Аналогічно знаходимо числа зубів першої, другої і третьої переборних груп.

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



### 3.2 Вибір потужності та типу електродвигуна

Визначаємо сили різання при найбільшому і найменшому діаметрі свердла. Для визначення сили різання при свердлінні вибираємо оброблюваний матеріал – сірий чавун. В процесі обробки буде діяти осьова сила різання  $P_0$ , яка визначається за формулою:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^{q_p} \cdot S^{y_p} \cdot K_p, \quad (3.7)$$

Вибираємо  $C_p=42,7$ ,  $q_p=1$ ,  $y_p=0,8$  [2]

$$K_p = K_{MP} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n = \left( \frac{120}{190} \right)^{1,3} = 1,2 \quad [2]$$

Визначаємо силу різання при обробці свердлом діаметром 75 мм і подачею 11 мм/об.

Отже,

$$P_0 = 10 \cdot 42,7 \cdot 75^1 \cdot 1,4^{0,8} \cdot 1,2 = 427 \cdot 75 \cdot 13 \cdot 12 = 49959 \text{ Н}$$

Визначаємо силу різання при обробці свердлом діаметром 15 мм і подачею  $S=0,57$  мм/об.

Отже,

$$P_0 = 10 \cdot 42,7 \cdot 15^1 \cdot 0,57^{0,8} \cdot 1,2 = 427 \cdot 15 \cdot 0,86 \cdot 12 = 6609 \text{ Н}$$

Найбільш навантаженим режимом роботи буде чорнова обробка заготовки із сірого чавуну з діаметром свердла 15мм і подачею  $S=0,57$ мм/об.

Визначаємо потужність шпинделя на процес різання за формулою:

$$N_{риз} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750}, \quad \text{кВт} \quad (3.8)$$

де  $M_{кр}$  – крутний момент на шпинделі;

$n$  – частота обертання при обробці сірого чавуну.

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Крутний момент на шпинделі визначаємо за формулою:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.9)$$

$$C_M=0,012 \quad q=2 \quad y=0,8 \quad K_p=1,2 \quad [2]$$

Звідси,

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,012 \cdot 15^2 \cdot 0,57 \cdot 1,2 = 0,12 \cdot 225 \cdot 0,63 \cdot 1,2 = 20 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Отже,

$$N_{різ} = \frac{20 \cdot 4450}{9750} = \frac{8900}{9750} = 0,81 \text{ кВт}$$

Оскільки це потужність на один шпиндель, то ефективна потужність визначається за формулою:

$$N_{эф} = 12 \cdot N_{різ} = 12 \cdot 0,81 = 9,72 \text{ кВт.}$$

Якщо від одного приводу здійснюється робочий рух і рух подачі, то необхідно враховувати затрати потужності на рух подачі.

Необхідну потужність двигуна визначимо за формулою:

$$N_o = \frac{N_{эф}}{\eta_p} + N_{x.x.} + N_n; \quad (3.10)$$

де  $N_{эф}$  – ефективна потужність, яка затрачується на різання;

$N_{x.x.}$  – потужність холостого ходу;

$\eta_p$  – розрахунковий к.к.д. верстату;

$N_n$  – потужність, яка затрачається на подачу.

Визначаємо втрати потужності на холостому ході за формулою:

$$N_{x.x.} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot d_{cp} \cdot (n_1 + n_2 + C \cdot \frac{d_{ун}}{d_{cp}} \cdot n_{ун}), \quad (3.11)$$

де  $d_{cp}$  – середнє арифметичне діаметрів всіх опорних шийок валів коробки швидкостей верстату.  $D_{cp}=30...50\text{мм}$  – приймають;

$d_{ун}$  – середнє арифметичне значення діаметрів опорних шийок шпинделя,  $d_{ун}=70...120\text{мм}$  – приймають;

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$C$  – коефіцієнт. Рівний  $1,5$  – для шпинделя, змонтованого на підшипниках кочення;

$n_1, n_2$  – частоти обертання валів коробки швидкостей визначимо з графіка чисел обертів:

$$n_1=63 \quad n_2=250 \quad n_3=500 \quad n_4=500 \quad n_5=1000 \text{ об/хв.}$$

Отже,

$$N_{x.x.} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 30 \cdot \left( 63 + 250 + 500 + 500 + 1000 + 15 \cdot \frac{70}{30} \cdot 63 \right) = 0,3 \text{ кВт}$$

К.К.Д. верстата визначимо використовуючи формулу:

$$\eta = \frac{\eta_{роз}}{1 + \frac{N_{x.x.}}{N_{ef}}}; \quad (3.12)$$

де  $\eta_{роз}$  – розрахунковий (умовний) коефіцієнт корисної дії верстату.

Величина

$$\eta_{роз} = \eta_n^{a_1} \cdot \eta_z^{a_2} \cdot \eta_{п.коч.}^{a_3} \cdot \eta_{п.ковз.}^{a_5} \cdot \eta_{кф}, \quad (3.13)$$

де  $\eta_n, \eta_z, \eta_{п.коч.}, \eta_{п.ковз.}$  - відповідно к.к.д. передачі і підшипників ковзання і кочення;

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$  – відповідно кількість одноступінних передач і пар підшипників коробки швидкостей і подач;

$\eta_{кф}$  – коефіцієнт, що враховує втрати потужності в приводі подач.

$$\eta_{кф} = 0,96$$

Звідси,

$$\eta_{розр} = 0,97 \cdot 0,89^3 \cdot 0,997^4 \cdot 0,96 = 0,92 \cdot 0,96 = 0,88$$

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Визначаємо  $\eta$  – к.к.д. верстату.

$$\eta = \frac{0,88}{1 + \frac{0,3}{9,71} \cdot 0,88} = 0,86$$

Визначаємо потужність приводу подач за формулою:

$$N_n = \frac{P_T \cdot S_{ув}}{1000 + 4500 \cdot \eta_p} \cdot 0,735 + N_x$$

де  $P_T$  – тягове зусилля, прикладене до робочого органу із сторони останньої ланки приводу подач,  $H$ ;

$S_{ув}$  – подача в  $мм/хв$ ;

$N_x$  – потужність холостого ходу приводу подач.

Розрахунковий к.к.д. приводу визначимо за формулою:

$$\eta_{роз} = \eta_3^{a_4} \cdot \eta_{п.коч}^{a_2} = 0,89^3 \cdot 0,997^3 = 0,71 + 0,997 = 0,7$$

Отже,

$$N_n = \frac{1400 \cdot 12,6}{1000 + 4500 \cdot 0,7} \cdot 0,735 = 0,1 \text{ кВт}$$

Визначаємо необхідну потужність двигуна:

$$N_o = \frac{9,72}{0,86} + 0,3 + 0,1 = 10,6 + 0,3 + 0,1 = 11 \text{ кВт}$$

По знайденому значенню потужності вибираємо електродвигун типу 4А132М4.

Таблиця 3.1. Технічна характеристика електродвигуна 4А132М4.

Характеристика	Значення
Потужність, кВт	11
Ковзання, %	2,8
К.К.Д., %	87,5
$\cos \varphi$	0,87
$M_{max}/M_{ном}$	2,2
$M_n/M_{ном}$	2
$M_{min}/M_{ном}$	1,6
$I_n/I_{ном}$	75
Момент інерції $\times 10^{-2}$ , кг*м <sup>2</sup>	10,75

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Визначимо розрахункові обертові моменти. Розрахунковий обертовий момент на будь-якому валу визначається за формулою:

$$T_{об} = 9550 \frac{N_{дв} \cdot \eta}{n_{роз}}, (H \cdot м) \quad (3.14)$$

де  $N_{дв}$  - номінальна потужність двигуна;

$\eta$  - к.к.д. механізму від електродвигуна до розрахункового вала;

$n_{роз}$  - розрахункова частота обертання вала,  $n_{роз}$  визначається з графіка чисел обертів (рис. 3.2).

Обертовий момент на першому валу:

$$T_{об1} = 9550 \frac{11 \cdot 0,92}{1000} = 96,6 H \cdot м$$

Обертовий момент на другому валу:

$$T_{об2} = 9550 \frac{11 \cdot 0,92}{500} = 193 H \cdot м$$

Обертовий момент на третьому валу:

$$T_{об3} = 9550 \frac{11 \cdot 0,92}{500} = 193 H \cdot м$$

Обертовий момент на четвертому валу:

$$T_{об4} = 9550 \frac{11 \cdot 0,92}{250} = 386 H \cdot м$$

Обертовий момент на п'ятому валу:

$$T_{об5} = 9550 \frac{11 \cdot 0,92}{63} = 1534 H \cdot м$$

### 3.3 Конструювання та розрахунок коробки швидкостей

#### 3.3.1 Опис конструкції та принцип роботи коробки швидкостей

Коробка швидкостей передає привідному валу (шпинделю) 12 різних чисел обертів з допомогою рухомих блоків шестерень. Опори вузлів поз. 39, 40,

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

42 коробки швидкостей розміщені в двох плитах, скріплених між собою чотирма стежками, Шестерні коробки швидкостей встановлені на кліщеві вали, що значно спрощує зборку. Остаточний вал  $V$  є приводом свердлильної головки, а також на ньому встановлена шестерня поз. 8, яка передає обертання на коробку подач, механізм подач та гвинт подач. Коробка швидкостей приводиться в обертання електродвигуном через клинопасову передачу. Вона встановлена в чавунний литий корпус поз. 1, який кріпиться на верхньому торці колони. Змазка шестерень та підшипників проводиться централізовано від станції змазки. Підшипники фіксуються за допомогою стопорних кілець поз. 36.

### 3.3.2 Конструктивний розрахунок приводу головного руху

Розраховуємо модуль значення на перед шпindelьному валу. Перед шпindelьна група передач складається з двох пар передач з числом зубів  $Z_{13}=18$ ,  $Z_{14}=72$ ,  $Z_{15}=70$ ,  $Z_{16}=52$ ,  $n_{розр.}=63\text{об/хв}$ ,  $N_{об.}=11\text{кВт}$ .

Передаточні числа відповідно рівні  $72/18=4$ ,  $70/52=1,3$ . Розраховуємо передачу з більшим передаточним відношенням  $U=4$ . Розрахунковий момент  $T_{об}=1534\text{Н}\cdot\text{м}$ . Визначаємо модуль передачі з умови на згині:

$$m_v = 12,6 \sqrt[3]{\frac{T_{об} \cdot K_u}{y \cdot Z_k \cdot \varphi_{ш} [\sigma]_n}} \quad (3.15)$$

Значення „ $y$ ” згідно таблиці 2 [17] для  $Z_k=72$ ,  $y=0,285$ .

$$y_{ш} = \frac{6}{m}$$

Приймаємо рівним  $y_{ш}=6$ . Коефіцієнт перевантаження:

$$K_n = K_n \cdot K_{д.н} \cdot K_{н.р.н} \quad (3.16)$$

Приймаємо рівний характер руху з таблиці 3 [17] знаходимо  $K_u=1$ . Для 6 степені тяжкості і орієнтованої швидкості  $5\text{м/сек}$ . Згідно таблиці 4 [17]  $K_{д.н}=1,1$ .

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт  $K_{н.р.н}$  – згідно таблиці 5 [17] для жорсткого валу при  $y_w/z=6/72<0,2$ .

$K_{н.р.н}=1$ . Знаходимо  $K_n$ :

$$K_n=1 \cdot 1,1 \cdot 1=1,1$$

$[\sigma_n]$  – знаходимо, задавшись матеріалом і термообробкою коліс.

Вибираємо шестерні і колеса сталь 45Х з гартуванням ТВЧ до твердості за шкалою HRC.

Для шестерні HRC 55...58, для колеса HRC 50...55. Згідно таблиці 6 [17]  $\sigma_{н.д}=240\text{МПа}$ .

При чистовому режимі шліфування  $K_{шл}=1,05$  [17].

Коефіцієнт врахування режиму роботи  $K_{н.реж}=1,4$  [17, таблиця 8, 4].

Звідси  $[\sigma]_n=240 \cdot 1,05 \cdot 1,4=350\text{МПа}$

Отже,

$$w_n = 12,6^3 \sqrt{\frac{15311 \cdot 1,1}{0,285 \cdot 72 \cdot 6 \cdot 350}} = 4,2\text{мм}$$

Приймаємо стандартний модуль  $w_n=4,5$ . відповідно модулі передач з умови міцності на згин на інших валах визначається аналогічно.

Отже,

на валу IV при  $z_k=38$   $w_{n4}=3,5\text{мм}$ ;

на валу III при  $z_k=38$   $w_{n3}=2,5\text{мм}$ ;

на валу II при  $z_k=38$   $w_{n2}=2,5\text{мм}$ ;

на валу I при  $z_k=40$   $w_{n1}=2\text{мм}$ .

Визначаємо між осьові відстані. Між осьові відстані з умови поверхневої міцності визначаємо за формулою:

$$A = 10(U + 1)^3 \sqrt{\left(\frac{332}{U[\sigma_{пов}]}\right)^2 \cdot \frac{T_{об}}{\phi_l}}; \quad (3.17)$$

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Величина  $[\sigma]_{нов} = \sigma_{кд} \cdot K_{к.реж}$ . Згідно таблиці 6 [17]  $\sigma_{кд} = 900 \text{ МПа}$ .

Коефіцієнт  $K_{к.реж}$  знаходимо по формулі:

$$K_{к.реж} = K_g \sqrt[6]{\frac{K_N \cdot N_o \cdot P_u}{60 T_p \cdot n_p}}; \quad (3.18)$$

З таблиці 7 [ст.10]  $K_N = 1,7$ ,  $K_g = 1,2$ ,  $P_u = 2$ .

Для  $T_p = 10000 \text{ год}$ .

$$K_{к.реж} = 1,2 \sqrt[6]{\frac{1,7 \cdot 108 \cdot 2}{60 \cdot 10^4 \cdot 63}} = 1,68$$

Звідси,  $[\sigma]_{нов} = 900 \cdot 1,68 = 1512 \text{ МПа}$ .

Знаходимо  $A_{розр}$ :

$$A_{розр} = 10(4 + 3) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{332}{4 \cdot 1512}\right)^2 \cdot \frac{1534}{0,15}} = 150 \text{ мм}$$

Визначаємо величину між осьової відстані, одержану при  $u_{н5} = 4,5 \text{ мм}$ .

$$A = \frac{u(z_{13} + z_{14})}{2} = \frac{4,5(18 + 72)}{2} = 202 \text{ мм}$$

Оскільки одержана величина  $A > A_{розр}$ , то вибране значення модуля забезпечує працездатність передачі по згину і контактній міцності.

Отже, між осьова відстань між валами V і IV приймаємо по стандарту  $A = 200 \text{ мм}$ .

Між осьова відстань між валами IV і III:

$$A_p = 10(2 + 1) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{332}{2 \cdot 1512}\right)^2 \cdot \frac{386}{0,15}} = 87 \text{ мм}$$

Визначаємо між осьову відстань, одержану при  $u_{н4} = 3,5 \text{ мм}$ .

$$A = \frac{u(z_{10} + z_{11})}{2} = \frac{3,5(18 + 38)}{2} = 98 \text{ мм}$$

Оскільки,  $A > A_{розр}$ , то вибране значення модуля забезпечує працездатність передачі по згину, контактній міцності  $A = 100 \text{ мм}$ .

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Міжосьова відстань між валами III і II:

$$A_p = 10(1 + I) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{332}{1 \cdot 1512}\right)^2 \cdot \frac{193}{0,15}} = 72 \text{ мм}$$

Визначаємо між осьову відстань, одержану при  $u_{n3}=2,5 \text{ мм}$ .

$$A = \frac{u(z_4 + z_9)}{2} = \frac{2,5(35 + 33)}{2} = 79 \text{ мм}$$

Оскільки  $A > A_{розр}$ , то вибране значення модуля забезпечує працездатність передачі по згину, контактній міцності  $A=80 \text{ мм}$ .

Між осьова відстань між валами II і I:

$$A_p = 10(2 + I) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{332}{2 \cdot 1512}\right)^2 \cdot \frac{96,6}{0,15}} = 54 \text{ мм}$$

Визначаємо між осьову відстань, одержану при  $u_{n1}=2 \text{ мм}$ .

$$A = \frac{u(z_0 + z_4)}{2} = \frac{2(20 + 40)}{2} = 60 \text{ мм}$$

Оскільки,  $A > A_{розр}$ , то вибране значення модуля забезпечує працездатність передачі по згину, контактній міцності  $A=63 \text{ мм}$ .

### 3.3.3 Силовий розрахунок приводу головного руху

#### 3.3.3.1 Попередній розрахунок проміжного вала

Назначаємо матеріал, з якого будемо виготовляти вали. Сталь 40ХН, для якої  $[\tau]_{кр}=45 \text{ МПа}$ .

За формулою визначаємо діаметр перед шпindelного вала, для якого  $T_{об5}=1534 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

$$d_g = 10^3 \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]_{кр}}} \quad (3.19)$$

$$d_g = 10^3 \sqrt[3]{\frac{1534}{0,2 \cdot 45}} = 50,3 \text{ мм}$$

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



Приймаємо  $d_6=50\text{мм}$  в місцях посадки зубчастих коліс. Діаметр в місці посадки підшипників  $d=40\text{мм}$ .

Аналогічно за формулою визначаємо діаметри інших валів, зменшуючи при цьому  $[\tau]_{кр}$ , оскільки на цих валах буде менше  $T_{об}$ .

Отже,

$$d_4 = 10^3 \sqrt[3]{\frac{386}{0,2 \cdot 30}} = 40\text{мм};$$

$$d_3 = 10^3 \sqrt[3]{\frac{142}{0,2 \cdot 20}} = 35\text{мм};$$

$$d_3 = 10^3 \sqrt[3]{\frac{142}{0,2 \cdot 20}} = 35\text{мм};$$

$$d_3 = 10^3 \sqrt[3]{\frac{96,6}{0,2 \cdot 15}} = 30\text{мм};$$

Діаметри посадки підшипників відповідні для вала IV –  $d=30\text{мм}$ , для III і II –  $d=30\text{мм}$ , для I –  $d=25\text{мм}$ .

### 3.3.3.2 Уточнений розрахунок проміжного вала

Визначаємо сили, які діють в залежності за формулою:

$$F_t = \frac{2T}{d} \quad (3.20)$$

Звідси,

$$d_1 = m \cdot z_1 = 4,5 \cdot 72 = 324\text{мм};$$

$$d_2 = m \cdot z_2 = 4,5 \cdot 70 = 315\text{мм}.$$

Отже,

$$F_{t1} = \frac{2T}{d_1} = \frac{2 \cdot 1534 \cdot 10^3}{324} = 9468\text{Н};$$

$$F_{t2} = \frac{2T}{d_2} = \frac{2 \cdot 1534 \cdot 10^3}{315} = 1739\text{Н}.$$

$$F_{a1} = 0;$$

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$F_{a2}=0;$$

$$F_{21} = F_{t1} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 9468 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 9468 \cdot 0,364 = 3446 \text{H};$$

$$F_{22} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha = 9739 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 9739 \cdot 0,364 = 3544 \text{H}.$$

Визначаємо реакції в опорах і будуємо епюри крутних моментів.

Вертикальна площина:

$$\Sigma M_{AY}=0;$$

$$-F_{21} \cdot 85 - B_y \cdot 300 + F_{22} \cdot 600 = 0$$

$$B_y = \frac{-F_{21} \cdot 85 + F_{22} \cdot 600}{300} = \frac{-3446 \cdot 85 + 3544 \cdot 600}{300} = 6111 \text{H}.$$

Для визначення реакції  $A_y$  використовуємо:

$$\Sigma Y=0;$$

$$A_y - F_{21} = B_y + F_{r2} = 0;$$

$$-A_y = F_{21} - B_y + F_{r2} = -3446 - 6111 + 3544 = -6013 \text{H}$$

Звідси,

$$A_y = 6013 \text{H}$$

Горизонтальна площина:

$$\Sigma M_{AX}=0;$$

$$-F_{t1} \cdot 80 + B_x \cdot 300 + F_{t2} \cdot 600 = 0$$

$$B_x = \frac{-F_{t1} \cdot 85 + F_{t2} \cdot 600}{300} = \frac{-9464 \cdot 85 + 1731 \cdot 600}{300} = -16795 \text{H}.$$

Оскільки реакція  $B_x$  з значком мінус, то змінюємо напрям напрямлення на протилежний.

Для визначення реакції  $A_x$  використовуємо

$$\Sigma X=0;$$

$$-A_x - F_{t1} + B_x + F_{t2} = 0;$$

$$A_x = -F_{t1} + B_x + F_{t2} = -9469 + 16795 + 9739 = 17065 \text{H}$$

Визначаємо сумарний згинний момент в точці С.

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$M_{32}^c = \sqrt{(M_{32}^{c.6})^2 + (M_{32}^{c.2})^2} \quad (3.21)$$

$$M_{32}^{c.6} = B_y \cdot 300 = 6111 \cdot 300 = 1833300 \text{ Н} \cdot \text{мм};$$

$$M_{32}^{c.2} = B_x \cdot 300 = 16795 \cdot 300 = 5038500 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Отже,

$$M_{32}^c = \sqrt{1833300^2 + 5038500^2} = 5319 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Визначаємо приведений згинний момент:

$$M_{np} = \sqrt{M_{32}^2 + (\alpha \cdot T_{об})^2} \quad (3.22)$$

$$M_{np} = \sqrt{5319^2 + (0,59 \cdot 1534)^2} = 5395 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо діаметр вала по залежності:

$$d = 10 \sqrt{\frac{M_{np}}{0,1 \cdot [\sigma]_{32}}}; \quad (3.23)$$

де  $[\sigma]_{32}$  – допустиме напруження на згин  $[\sigma]_{32} = 660 \text{ МПа}$ .

Отже,

$$d = 10 \sqrt{\frac{6305}{0,1 \cdot 660}} = 50 \text{ мм}.$$

По одержаних даних будемо епюри згинних моментів:

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

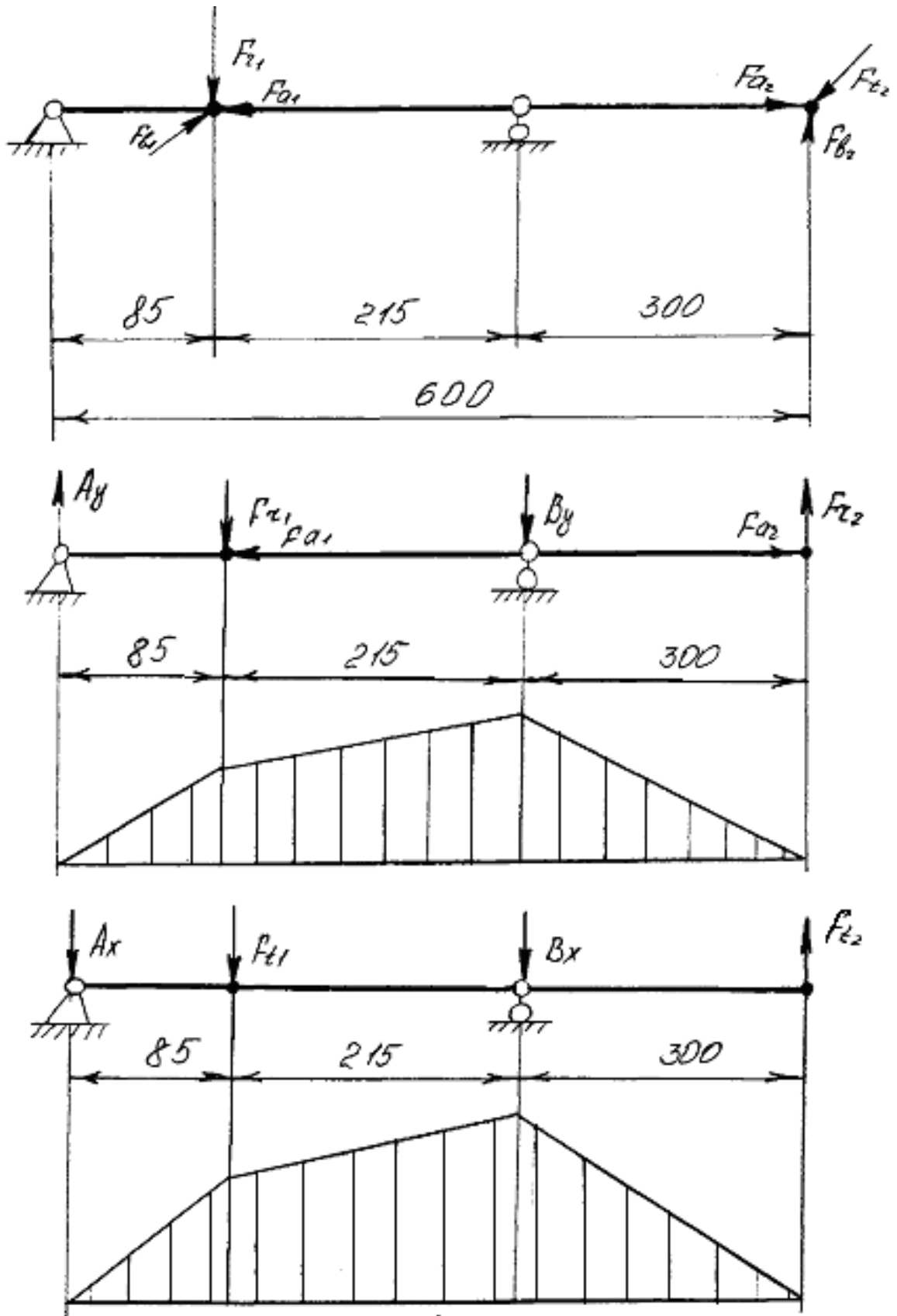


Рисунок 3.4. Епюри згинних моментів

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ

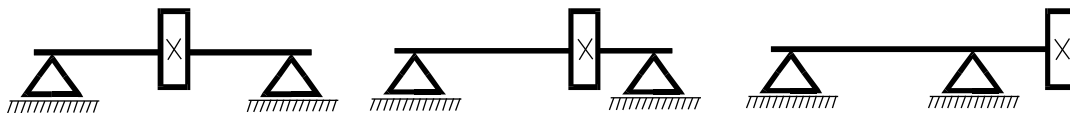
Арк.

### 3.4 Автоматизований розрахунок зубчатої пари

Автоматизований розрахунок проведено в середовищі MathCAD [18].

Крутний момент на шестерні	$T1 := 547$	Hm
Допустимі контактні напруги	$\sigma := 2120$	MPa
Число зубів шестерні	$z1 := 18$	
Число зубів колеса	$z2 := 72$	
Кількість обертів шесерні	$n := 800$	Об/хв
Ступінь точності зубчатої передачі рекомендовано (6 ... 8)	$st := 7$	
Коефіцієнт, котрий враховує форму спряжених поверхонь зубів	$zn := 1.70$	
Відношення ширини вінця шестерні до початкового діаметра рекомендовано призначати для коробок швидкостей в межах (0,2 ... 0,4)		
Вкажіть значення цього коефіцієнта	$\psi_{bd} := 0.3$	

У залежності від розміщення зубчатої передачі відносно опор розглядають три поіменовані варіанти розміщення зубчастого колеса:



Kod = 1

Kod = 2

Kod = 3

Вкажіть код розміщення передачі  
відносно опор

$kod := 2$

Коефіцієнт торцевого перекриття

$$\epsilon\alpha := 1.88 - 3.2 \left( \frac{1}{z1} + \frac{1}{z2} \right)$$

Коефіцієнт, котрий враховує сумарну довжину контактних ліній

$$ze := \sqrt{\frac{4 - \epsilon\alpha}{3}}$$

Визначаємо передаточне число прямозубої передачі (  $u > 1$  )

$$ur := \frac{z1}{z2}$$

$$u := \text{if} \left( ur < 1, \frac{1}{ur}, ur \right)$$

$$un := u + 1$$

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині вінця з умови забезпечення контактної міцності зубів

$$Kh\beta 1 := 0.915 + 0.0588\psi bd + 0.799\psi bd^2 - 0.554\psi bd^3 + 0.17kod$$

$$Kh\beta 2 := 0.283\psi bd \cdot kod^2 + 0.0933\psi bd^2 \cdot kod - 0.0474kod^2 - 0.684\psi bd \cdot kod$$

$$Kh\beta := Kh\beta 1 + Kh\beta 2$$

Оптимізація коефіцієнту динамічності передачі:

$$K := 1$$

$$K_{hv} := K, K + 0.001 \cdot K + 1$$

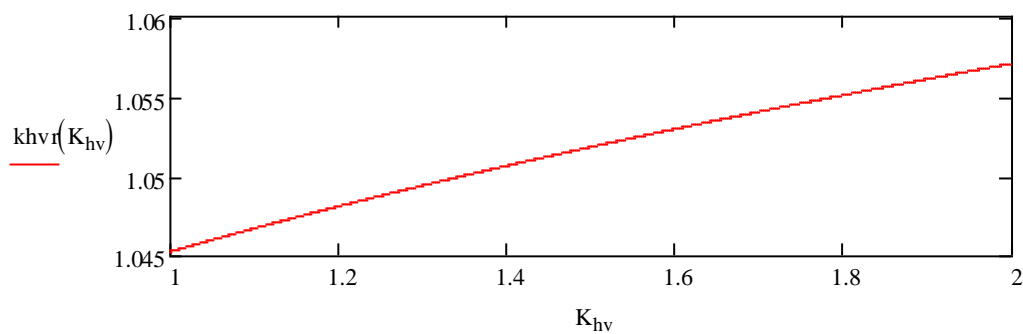
$$dw1(K_{hv}) := \sqrt[3]{\frac{12270^2 \cdot zn^2 \cdot z\varepsilon^2 \cdot T1 \cdot un \cdot K_{hv} \cdot Kh\beta}{\psi bd \cdot u \cdot \sigma^2}}$$

$$v(K_{hv}) := \pi \cdot dw1(K_{hv}) \cdot \frac{n}{60000}$$

$$mh(K_{hv}) := \frac{dw1(K_{hv})}{z1}$$

$$aw(K_{hv}) := (z1 + z2) \cdot \frac{mh(K_{hv})}{2}$$

$$khvr(K_{hv}) := 0.98 + 0.014v(K_{hv}) + (st - 6) \cdot 0.02 + \frac{(3 \cdot aw(K_{hv}))}{(u \cdot 10000)}$$



$$a := 1.01, 1.011..1.3$$

$$sp := 1.00'$$

$$s := sp, (sp + 0.00)..1.3$$

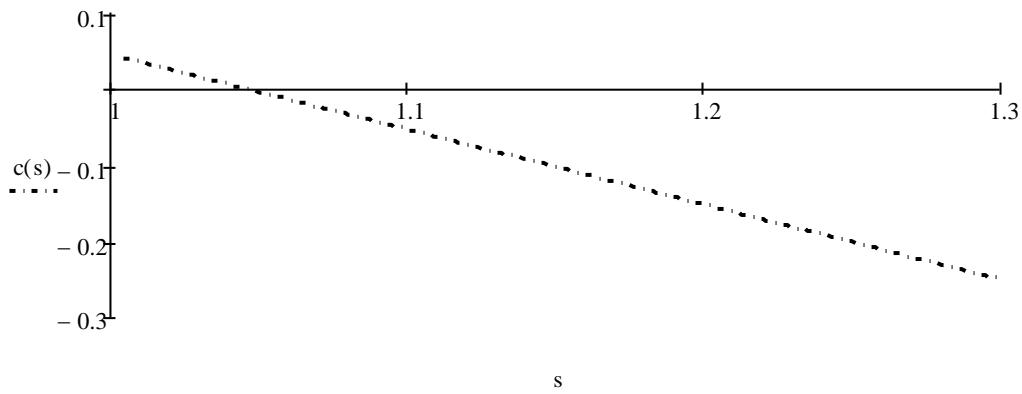
$$c(s) := khvr(s) - s$$

$$z(s) := 0$$

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ

Арк.

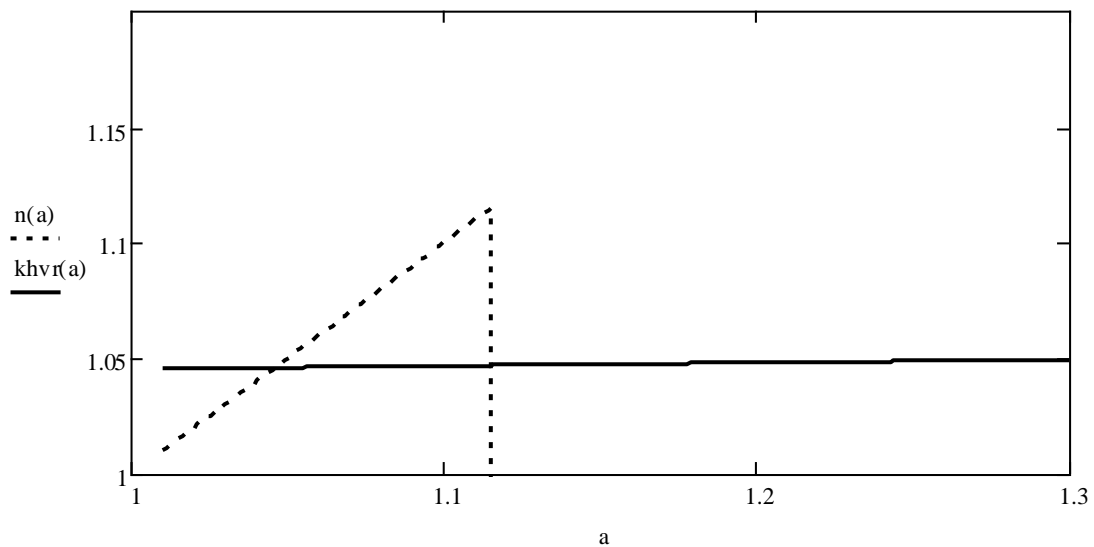


s := sp

$$\text{Khv} := \text{root}(c(s), s) \quad \text{Khv} = 1.046$$

$$e(b) := \text{khvr}(b) - \text{Khv} \quad e(\text{Khv}) = 1.548 \times 10^{-9}$$

$$n(a) := \text{if}(|e(a)| < 0.001, a, 0)$$



$$e(1.035) = -1.615 \times 10^{-4}$$

$$e(1.11) = 9.196 \times 10^{-4}$$

$$e(1.16) = 1.614 \times 10^{-3}$$

Діаметр шестерні по умові контактної міцності

$$dw1 := \sqrt[3]{\frac{12270^2 \cdot z_n^2 \cdot z_\varepsilon^2 \cdot T1 \cdot u_n \cdot \text{Khv} \cdot \text{Kh}\beta}{\psi_b d \cdot u \cdot \sigma^2}}$$

Максимально допустимий модуль по контактних напругах

$$mhr := \frac{dw1}{z1}$$

$$dw1 = 59.414$$

$$mhr = 3.301$$

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ

Арк.

Коефіцієнт модуля, для прямозубих передач

km:= 14

Коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині вінця з умови забезпечення згинної міцності зубів

$$K_{f\beta 1} := 0.759 + 1.081\psi_{bd} - 0.985\psi_{bd}^2 + 0.423\psi_{bd}^3 + 0.232k_{od}$$

$$K_{f\beta 2} := 0.380\psi_{bd} \cdot k_{od}^2 + 0.313\psi_{bd}^2 \cdot k_{od} - 0.0549k_{od}^2 - 1.022\psi_{bd} \cdot k_{od}$$

$$K_{f\beta} := K_{f\beta 1} + K_{f\beta 2}$$

Коефіцієнт, що враховує форму зуба шестерні

$$Y_f := 3.518 + \frac{6.0}{z_1 - 10} - \frac{0.11}{z_1 - 16} + (z_1 - 60) \cdot 0.0003$$

Допустимі напруги по згину

$\sigma_f := 450$  МПа

Мінімально допустимий модуль по напругах згину

$$m_f := km \sqrt{\frac{T_1 \cdot K_{f\beta} \cdot Y_f}{z_1^2 \cdot \psi_{bd} \cdot \sigma_f}}$$

РЕЗУЛЬТАТИ:

розрахунковий модуль з умови забезпечення допустимих напруг при згині зуба

$m_f = 3.44$  mm

розрахунковий модуль з умови забезпечення контактної міцності зуба

$m_{hr} = 3.301$  mm

q := 0..4

$m_q :=$

qq := 5..7

r := 8

qqq := r..13

j := 0..13

1
1.25
1.75
2
2.5

$$m_{qq} := m_4 + \frac{qq - 4}{2}$$

$$qr(qqq) := \text{if}[r \neq qqq, (qqq - r) + 1, 1]$$

$$m_{qqq} := m_7 + 2 \cdot qr(qqq)$$

$$\text{mod}_j := m_j$$

$$mr1(j) := \text{if}(m_f < \text{mod}_j, \text{mod}_j, 0)$$

$$mr2(j) := \text{if}(m_{hr} < \text{mod}_j, \text{mod}_j, 0)$$

$$m(j) := \text{if}(mr1(j) \neq 0, \text{if}(mr2(j) \neq 0, mr2(j), 0), 0)$$

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ

Арк.



$m_{r1(j)} =$

0
0
0
0
0
0
3.5
4
6
8
10
12
14
16

$m_{r2(j)} =$

0
0
0
0
0
0
3.5
4
6
8
10
12
14
16

$m(j) =$

0
0
0
0
0
0
3.5
4
6
8
10
12
14
16

З проведених розрахунків видно, що найменше розрахункове значення модуля прямозубого зубчатого зачеплення, яке відповідає нормальним значенням становить  $m = 3.5$  мм. Рекомендовано підбирати значення модуля з першого ряду нормальних значень. Для виконання проектних робіт може бути прийнятий модуль  $m = 3.5$  мм. Такий результат у повній мірі підтверджений попередньо проведеними розрахунками.

Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ

Арк.

## РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Гідрологічні стихійні лиха

Повінь — це значне затоплення місцевості внаслідок підйому рівня води в річці, озері, водосховищі, спричинене зливами, весняним таненням снігу, вітровим нагоном води, руйнуванням дамб, гребель тощо [19]. За даними ЮНЕСКО, від повеней у ХХ ст. загинуло 9 млн. осіб. Недарма в народі кажуть, що найстрашніші для людини — це вода і вогонь. Повені завдають і великих матеріальних збитків — в деяких країнах до 50% їх національного прибутку. Тільки за рік збитки у всьому світі становлять мільярди доларів. Збитки від повеней зростають. Суттєвим фактором, який сприяє зростанню збитків від повеней, є техногенний вплив на природне середовище. Йдеться, передусім, про вирубку лісів. Після рубок інфільтраційні властивості ґрунту знижуються в 3,5 рази, а інтенсивність його змиву збільшується в 15 разів. У тропічних лісах суцільні рубки призводять до збільшення стоку в 2—2,5 рази. Кількість повеней зростає також зі збільшенням кількості міст. Повені завдають великої матеріальної шкоди та призводять до людських жертв. Значні, до катастрофічних, повені відбуваються на морських узбережжях, в тому числі і в помірних широтах. Зазвичай вони пов'язані з циклонами, штормовими вітрами, рідше - з вулканічною діяльністю та землетрусами (цунамі). Найчастіше затоплення узбережжя спостерігається в країнах північно-західної Європи (Англія, Бельгія, Голландія, Німеччина).

Значного лиха завдають людству цунамі — велетенські хвилі, які викликають підводні землетруси. Висота цих хвиль досягає 20 м. Хвилі все знищують на своєму шляху й затоплюють великі території. До небезпечних районів, які потерпають від цунамі, належать Японія, Філіппіни, острови Індонезії (узбережжя островів Ява, Суматра). Наприклад, цунамі, яке сталося у

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Замостний</i>				<b>БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Шанайда</i>							
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>							
						<i>ФМТ, гр. МВс-41 ТНТУ, Тернопіль</i>		

грудні 2004 року в Південно - Східній Азії, забрало понад 130 тис. життів та завдало величезних збитків. Тією чи іншою мірою повені періодично спостерігаються на більшості великих річок України. Серед них Дніпро, Дністер, Прип'ять, Західний Буг, Тиса та інші. Повені бувають також на невеликих річках та в районах, де взагалі немає визначених русел. У цих районах повені формуються за рахунок зливових опадів. Катастрофічний паводок наприкінці 1988 та впродовж 1999 р. в Закарпатті за своїми наслідками, жертвами і залученням сил став найбільшою після Чорнобиля надзвичайною ситуацією. Значних руйнувань зазнали водозахисні споруди, водопровідне і каналізаційне господарство, мости, автошляхи, енергетичні лінії і зв'язок, від чутливих втрат зазнав агропромисловий комплекс. Повені, викликані нагоном води, виникають переважно при сильних вітрах на пологих ділянках узбережжя Азовського та Чорного морів. Ці повені небезпечні передусім своєю раптовістю, інтенсивністю, висотою хвилі та високим підйомом води. Наслідки повеней: - затоплення шаром води значної площі землі; - ушкодження та руйнування будівель та споруд; - ушкодження автомобільних шляхів та залізниць; - руйнування обладнання та комунікацій, меліоративних систем; -загибель свійських тварин та знищення врожаю сільськогосподарських культур; - вимивання родючого шару ґрунту; - псування та нищення сировини, палива, продуктів харчування, добрив тощо; - загроза інфекційних захворювань (епідемії); - погіршення якості питної води; - загибель людей. Повені відрізняються від інших стихійних лих тим, що деякою мірою прогнозуються. Але прогнозувати ймовірність повені набагато легше, ніж передбачити момент її початку. Точність прогнозу зростає при отриманні надійної інформації про кількість та інтенсивність опадів, рівні води в річці, запаси води в сніговому покриві, зміни температури повітря, довгострокові прогнози погоди тощо. Від надійного та завчасного прогнозування повені залежить ефективність профілактичних заходів і зниження збитків. Завчасний прогноз повеней може коливатися від декількох хвилин до декількох діб та більше. Основний напрям боротьби з повенями полягає в зменшенні максимальних витрат води в річці

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

завдяки перерозподілу стоку в часі (насадження лісозахисних смуг, оранка ґрунту поперек схилу, збереження узбережних смуг рослинності, терасування схилів тощо). Для середніх та великих річок досить дієвим засобом є регулювання паводкового стоку за допомогою 45 водосховищ. Окрім того, для захисту від повеней широко застосовується давно відомий спосіб — влаштування дамб. Для ліквідації небезпеки утворення заторів проводиться розчищення та заглиблення окремих ділянок русла ріки, а також руйнування криги вибухами за 10-15 днів до початку льодоходу. Ще один досить важливий шлях регулювання стоку й запобігання повеней — ландшафтно-меліоративні заходи

Лавина — це швидкий раптовий рух снігу та (або) льоду вниз стрімкими схилами гір. Снігові лавини виникають так само, як і інші зсувні зміщення. Сили зчеплення снігу переходять певну межу, і гравітація викликає зміщення снігових мас вздовж схилу. Великі лавини виникають на схилах 25—60° через перевантаження схилу після значного випадіння снігу, частіше під час відлиги, внаслідок формування в нижніх частинах снігової товщі горизонту розрихлення. В історії людства відомо багато лавинних катастроф. На території України снігові лавини поширені в гірських районах Карпат та Криму. Причини сходження снігових лавин: - перенапруження снігового покриву - різкий порив вітру - звукова хвиля - різка зміна метеорологічних умов. Рухаючись зі швидкістю майже 200 км/год., лавина спустошує все на своєму шляху. Небезпека руйнівної сили лавини полягає ще в тому, що сніговий вал жене поперед себе повітряну хвилю, а повітряний таран більш небезпечний, ніж удар снігової маси — перевертає будинки, ламає дерева, контузить і душить людей. Така хвиля повітря мало чим відрізняється від викликаної вибухом великої бомби. Існує пасивний та активний захист від лавин. При пасивному захисті уникають використання лавинонебезпечних схилів або ставлять на них загороджувальні щити. При активному захисті проводять обстріл лавинонебезпечних схилів, що викликає сходження невеликих, безпечних лавин, запобігаючи таким чином накопиченню критичних мас снігу.

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 4.2 Заходи безпеки, які необхідні для обслуговування верстату, установки, що проектується

### Загальні вимоги

1. Дотримуватися усіх загальних правил техніки безпеки при роботі на металорізальному верстаті;
2. Виконувати тільки ту роботу, яка дозволена адміністрацією;
3. Вимагати від майстра, інструктажу по техніці безпеки, звертатись до адміністрації за роз'ясненням , якщо що-небудь незрозуміло.

### Перед початком роботи

1. Привести в порядок свій одяг, застигнути рукави, захвати волосся під головний убір (без кінців, що звисають);
2. Прийняти верстат від попередника, перевірити чи добре прибраний верстат і робоче місце, ознайомитись з неполадками верстату у минулій зміні і прийняти міри по їх усуненню;
3. Про несправність верстату негайно доповісти майстру, до усунення несправності до роботи не приступати.
4. Перевірити наявність і справність:
  - а) огорож, проводів, а також струмоведучих частин електроапаратури;
  - б) справність системи змащення і охолодження;
  - в) справність фіксації органів включення і перемикання;
5. Перевірити якість інструменту при отриманні його зі складу.

### Під час роботи

1. До роботи на верстаті допускаються тільки ті робітники, які добре вивчили верстат, його принцип роботи, техніку керування, правила експлуатації;
2. Надійно закріпити різальний інструмент. Перед встановленням свердла у шпиндель верстату необхідно очистити їх від стружки і масла. Несправні свердла встановлювати на верстат заборонено;
3. Встановлення і зняття свердла проводиться тільки у рукавицях;
4. Надійно закріпити на верстаті оброблювані вироби;

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5. При виявленні затупленого свердла або викришуванні пластин твердого сплаву необхідно змінити свердло;
6. Встановлення деталей проводиться при зупиненому свердлі у вільній зоні;
7. Не тримати руки на важелях автоматичного перемикачів верстату;
8. Встановлення заготовок на верстаті, зняття обробленої деталі, а також заміри їх у процесі обробки проводиться на виключеному після повної його зупинки і відводу свердлильної головки у безпечну зону;
9. Не знімати огорожень з верстату;
10. Не переключати важелі швидкостей на ходу верстату;
11. Перед кожним включенням верстату переконатись в тому, що пуск верстату нікому не загрожує небезпекою.
12. Заборонено:
  - чистити, змащувати обладнання під час його роботи;
  - гальмувати рукою частини верстату, які обертаються;
  - допускати на робоче місце людей, що не мають відношення до роботи;
13. Утримувати верстат у чистоті і справності;
14. Під час роботи на холостих ходах перевірити дію кінцевих вимикачів, що обмежують переміщення свердлильної головки в крайніх положеннях і дію аварійних кнопок „Стоп”.

Після закінчення роботи

1. Зупинити верстат і вимкнути електродвигун;
2. Привести в порядок робоче місце:
  - очистити верстат від стружки;
  - різальний і вимірювальний інструмент скласти у відповідне місце і в визначеному порядку;
3. Змастити частини верстату, що труться, тонким шаром масла;
4. Здати верстат наступнику і доповісти майстру про несправності обладнання і про прийняті міри по їх усуненню;
5. Вимити руки теплою водою з милом і перевдягнутися.

					КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 5. ВИСНОВКИ

За результатами виконання кваліфікаційної роботи доцільно провести підсумки по кожному розділу у таким чином узагальнити результати теоретичної підготовки та отриманих практичних навиків:

1 – проведено аналіз конструктивних особливостей вузла "Картер ведучого моста 4094-2301010-10". Цей вузол належить до картерів комбінованого типу, тобто суцільнолитий зі штампованою знімною кришкою;

2 – матеріал корпусу картера – Сталь 35Л. Цей матеріал має добрі ливарні властивості і легко піддається подальшій механічній обробці;

3 – виконаний аналіз технологічних та конструктивних особливостей верстатно-інструментального забезпечення процесу механічної обробки показав доцільність використання восьмишпindelної свердлильної головки для одночасної обробки восьми отворів;

4 – проведено вибір верстатного обладнання для застосування восьмишпindelної свердлильної головки у технологічному процесі механічної обробки;

5 – розраховано діапазон регулювання частот обертів коробки швидкостей вертикально-свердлильного верстата;

6 – виконано комплекс кінематичних розрахунків та здійснено необхідні конструктивні розрахунки валів коробки швидкостей;

7 – проведено автоматизований розрахунок кінематичної пари зубчатого зачеплення з використанням засобів САД-проекування;

8 – висвітлено питання безпеки життєдіяльності при виникненні небезпеки гідрологічного характеру;

9 – представлено заходи безпеки, які необхідні для обслуговування верстату.

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Замостний</i>				<b>ВИСНОВКИ</b>	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Шанайда</i>						52	
<i>Рецензент</i>						<i>ФМТ, гр. МВс-41 ТНТУ, Тернопіль</i>		
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>							

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 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.
2. 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.
3. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 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. - Режимдоступу: <https://library.iated.org/view/VITENKO2017FEA>
5. Дубиняк, С.А. Расчет деталей и узлов металлорежущих станков с использованием ЭВМ: Учеб. пособие/С.А. Дубиняк, С.Г. Нагорняк, И.В. Луцив, И.Д. Дубецкий. – К.: УМК ВО, 1989. -152с.
6. Анельчик, Д.Є. Система різання: фізичні основи і оптимізація /Д.Є. Анельчик, С.В. Швець, І.В. Луців, І.Д. Дубецкий. Під ред. І.В. Луціва. – Одеса-Тернопіль: вид-во ТДТУ, 2000. – 145с.
7. Скляр Р. А. Розробка критеріальних оцінок для аналізу компоновок верстатів з паралельною кінематикою / Р. А. Скляр, В. В. Шанайда // Матеріали ХІХ наукової конференції ТНТУ ім. Ів. Пулюя, 18-19 травня 2016 року — Т. : ТНТУ, 2016 — С. 74.

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Замостний</i>				<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b>	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Шанайда</i>						53	
<i>Рецензент</i>						<i>ФМТ, гр. МВс-41 ТНТУ, Тернопіль</i>		
<i>Н. контр.</i>	<i>Кобельник</i>							
<i>Зав. каф.</i>	<i>Кобельник</i>							



8. Склярів Р., Шанайда В. Використання багатofункціонального пакету MathCad при прогнозуванні параметрів металорізальних верстатів. Збірник тез доповідей XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 2012, С. 69.
9. Склярів Р. Дослідження перехідних процесів електропривода металорізального верстата з використанням інформаційних технологій / Склярів Р., Шанайда В., Савчук М. // Вісник ТНТУ. — 2011. — Том 16. — № 1. — С.117-125.
10. 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.
11. 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.
12. Кривий П. Д. Методи вимірювання головного заднього кута спірального свердла / П. Д. Кривий, В. Р. Кобельник, В. І. Продан, В. Г. Яковлев // Науковий вісник ХДМА : Науковий журнал. — Херсон : ХДМА, 2012. — № 2 (7). — С. 145–155.
13. 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.
14. Гевко І.Б Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І.Б.Гевко, Р.Я., Лещук, І.І.Стойко, Н.М.Марчук, М.Д.Сіправська // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.—Вип. 40.—Луцьк, 2018. С.21-31.

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

15. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. Справочник./ Горошкин А.К. М:Машиностроение, 1971. – 384 с.
16. Основы кинематического расчета металлорежущих станков. Методические рекомендации по курсовому и дипломному поректированию металлорежущих станков/ Дубиняк С.А., Нагорняк С.Г., Дубецкий И.Д. Тернополь, 1980. – 84 с.
17. Справочник металлиста. В 5 –ти томах. Том 4. /Под ред. Новикова М. П. М: Машиностроение, 1977. – 718 с.
18. Шанайда В.В. Пакет MathCAD в инженерних розрахунках/ Шанайда В.В. – Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2001. – 163 с.
19. Зеркалов Д.В. Безпека життєдіяльності. Навч. посіб. / – К.: Основа, 2016. 267 с.

					<i>КРБ 20-206.00.00.000 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		