

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Верстатне та інструментальне забезпечення обробки  
деталі «Кронштейн 1817337»

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МВзс-41  
спеціальності 133

Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Франчук Т. М.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Ярема І.Т.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Кобельник В.Р.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Кобельник В.Р.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (прізвище та ініціали)

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

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_  
(підпис) Кобельник В.Р.  
(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 ФРАНЧУКУ ТАРАСУ МИКОЛАЙОВИЧУ  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі  
«Кронштейн 1817337»

Керівник роботи Ярема Ігор Теодорович к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «27» грудня 2022 року № 4/7-1057.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі «Кронштейн 1817337»

технологічний процес механічної обробки;

паспортні дані вертикально-фрезерного верстата 6С12.

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

аналіз завдання на проектування; огляд літератури по тематиці роботи;

технологічний аналіз базового технологічного процесу механічної обробки;

обґрунтування та вибір металообробного обладнання;

кінематичний розрахунок розглядуваного верстата;

конструкція та розрахунок приводу головного руху верстату;

розробка питань з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів):  
загальний вигляд верстату – 1ф. А1; 2.

кінематична схема верстату– 1ф. А1;

коробка швидкостей (складальне креслення) – 2ф. А1 (згортка і розгортка);

комплект інструментальної оснастки – 1ф. 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., доц. Окіпний І.Б.		
Нормоконтроль	к.т.н., доц. Кобельник В.Р.		

7. Дата видачі завдання 29 грудня 2022 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
	аналіз завдання на кваліфікаційну роботу	25.01.2023 р	
	аналіз базового технологічного процесу	25.01.2023 р.	
	аналіз характерних особливостей об'єкта виробництва	02.02.2023 р	
	огляд літератури з проблематики кваліфікаційної роботи	06.02.2023 р.	
	формування плану кваліфікаційної роботи	10.02.2023 р	
	схвалення переліку графічного матеріалу	10.02.2023 р.	
	розрахунок кінематичної структури верстата	14.02.2023 р	
	розробка кінематичної схеми верстата	28.02.2023 р	
	розрахунок коробки швидкостей верстата	21.03.2023 р	
	конструювання коробки швидкостей верстата	11.04.2023 р.	
	конструювання інструментальної оснастки	25.04.2023 р	
	розробка питань Безпеки Життєдіяльності та основ Охорони Праці	16.05.2023 р.	
	остаточне оформлення графічного матеріалу	23.05.2023 р.	
	остаточне оформлення пояснювальної записки	08.06.2023 р	
		16.06.2023 р.	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Франчук Т.М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ярема І.Т.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## Анотація

Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Кронштейн 1817337» // Кваліфікаційна робота бакалавра. ФРАНЧУК ТАРАС МИКОЛАЙОВИЧ. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВзс-41.: ТНТУ, 2023.

**Об'єктом дослідження:** роботи є розробка технологічного процесу обробки деталі «Кронштейн 22.17.337», вертикально-фрезерний верстат.

**Мета роботи:** розробити технологічний процес механічної обробки деталі-представника, провести аналіз конструктивних і функціональних особливостей вертикально-фрезерного верстату з ЧПК, описати методи формоутворення поверхонь на верстатах даної групи, виконати конструювання його вузлів.

### В кваліфікаційній роботі:

- проведено аналіз формоутворення оброблюваних поверхонь і вибір раціональних схем оброблення;
- розроблено оптимальний технологічний процес для деталі «Кронштейн 1817337» та проведено вибір металообробного обладнання а також різального та вимірювального інструменту;
- проведено розрахунок оптимальних режимів різання;
- розроблено оптимальні структурно-кінематичну та кінематичну схеми верстату для однієї з операцій;
- проведено повний кінематичний та силовий розрахунок коробки швидкостей верстату;
- обґрунтовано розроблені технічні рішення відповідно до вимог охорони праці та безпеки життєдіяльності.

**Ключові слова:** КРОНШТЕЙН, ДЕТАЛЬ, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, КОРОБКА ШВИДКОСТЕЙ

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ			
		<i>№ докум</i>						
		Франчук Ярема І.Т.			Анотація			9
<i>Реценз.</i>								
		Кобельник В.Р.						
		Кобельник В.Р.						
						ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВзс-41		

## Annotation

FRANCHUK TARAS MYKOLAYOVYCH. Machine tool and tool support for processing the part "Bracket 1817337" // Bachelor's qualification work. Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Faculty of Machine, Structure and Technology Engineering, Department of Machine Tool and Machine Design, Group MVZS-41.: TNTU, 2023.

**The object of research:** the qualification work is the development of the technological process of processing the "Bracket 22.17.337" part, as well as a vertical milling machine.

The purpose of the work: to develop a technological process of mechanical processing of a representative part, to analyze the structural and functional features of a vertical milling machine with CNC, to describe the methods of forming surfaces on the machines of this group, to design its main components.

### **In the qualification work:**

- the analysis of the formation of the treated surfaces and the selection of rational treatment schemes were carried out;

- the optimal technological process for the part "Bracket 1817337" was developed and the selection of metalworking equipment as well as cutting and measuring tools was carried out;

- calculation of optimal cutting modes was carried out;

- optimal structural-kinematic and kinematic diagrams of the machine for one of the operations were developed;

- a complete kinematic and power calculation of the speed box of the machine was carried out;

- reasonably developed technical solutions in accordance with the requirements of labor protection and life safety.

**Keywords:** BRACKET, DETAIL, MECHANICAL PROCESSING, BILLET, TECHNOLOGICAL PROCESS, CUTTING MODES, GEARBOX

						КРБ МВЗс 20-527.00.00.000 ПЗ	
		№ докум					

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	
<b>1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	
1.1. Аналіз завдання .....	
1.1.1. Призначення деталі .....	
1.1.2. Хімічний склад та фізико-механічні властивості матеріалу .....	
1.1.3. Аналіз деталі на технологічність .....	
1.2. Аналіз типу виробництва та його технологічні характеристики .....	
1.3. Вибір та техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки .....	
<b>2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	
2.1. Розрахунок режимів різання для технологічної операції .....	
2.2. Обґрунтування та вибір металообробного обладнання .....	
2.3. Інструментальне забезпечення технологічної операції .....	
<b>3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b> .....	
3.1. Розробка кінематичної схеми верстату .....	
3.2. Конструкція та розрахунок приводу головного руху верстату .....	
3.2.1. Визначення міжосьових відстаней та розрахунок модуля .....	
3.2.2. Розрахунок діаметрів валів .....	
3.2.3. Опис системи мащення .....	
3.2.4. Система управління .....	
<b>4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b> .....	
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</b> .....	
<b>ДОДАТКИ</b> .....	

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Зміст	<i>Лім</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Франчук Т.М.					<i>Н</i>		2
<i>Перевір.</i>	Ярема І.Т.							
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. контр.</i>	Кобельник В.Р.							
<i>Зав. каф.</i>	Кобельник В.Р.					ТНТУ, гр. МВзс-41		

## ВСТУП

У технології верстатобудування комплексно вивчають питання взаємодії верстату, пристосування, 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, ефективне 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 МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Вступ	<i>Лім</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Франчук Т.М.					<i>Н</i>		<i>1</i>
<i>Перевір.</i>	Ярема І.Т.							
<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 завдання

### 1.1.1. Призначення деталі

Запропонована деталь це є кронштейн, що є складовою частиною вузла. Деталь “кронштейн 1817337” є достатньо жорстка по конструкції та має базові поверхні для першочергових операцій, що при обробці дозволить нам використовувати різні допоміжні пристрої та кондуктори.

Так, як технічні характеристики про точність і шорсткість можна отримати із завдання, тобто креслення деталі, нам потрібно провести аналіз завдання, що зводиться до його ґрунтовного аналізу. Згідно із рекомендацій, інформація про нашу деталь повинна бути така, що дають нам повне уявлення про деталь, також повинні бути вказані усі необхідні розміри із допусками та припусками, класи чистоти, допустимі відхилення від геометричних форм. Креслення має містити усі відомості про склад матеріалу деталі, вагу, термічну обробку і т. д. Тобто, здійснений нами технологічний контроль – найважливіший момент проектування технологічних процесів і у багатьох випадках дозволить нам здійснити покращений аналіз приведених вище факторів.

Проаналізувавши вищезгадані дані і зробивши глибокий аналіз, зробимо висновок, що дане креслення містить усю необхідну нам кількість інформації, що дає змогу уявити форму деталі, а також усі можливі розрізи і перерізи, що дозволять уявляти конфігурацію усіх її поверхонь, а також глибину отворів і довжину нарізаних різей.

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Загальний розділ	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Франчук Т.М.						7	9
<i>Переір.</i>	Ярема І.Т.							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>	Кобельник В.Р.							
<i>Зав. каф.</i>	Кобельник В.Р.					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВзс-41		



По кресленнях наочно можна визначити товщини необроблюваних стінок даної відливки.

Відомості про твердість матеріалу містяться в технічних вимогах, в яких також міститься інформація про наявність допустимих дефектів та вид застосовуваних захисних покриттів.

До усіх технологічних поверхонь що будемо обробляти є вільний доступ використовуваного інструменту.

Отже, наша деталь є достатньо технологічною, проте більш конкретний аналіз буде проведено у наступному розділі.

### 1.1.2. Хімічний склад та фізико-механічні властивості матеріалу

Виходячи з отриманих даних, деталь представник виготовляється із металу Сталь 35Л приводимо їх аналіз по хімічному складі та механічних властивостях, дані записуємо таблиці 1.1 та 1.2.

Хімічний склад матеріалу 35Л. Таблиця 1.1

Позначення хімічного елемента	C	Si	<u>Mn</u>	P	Cr	Ni
Вміст хімічного елемента, %	0,35	0,2	0,6	0,04	0,25	0,25

Механічні властивості матеріалу сталь 35Л. Таблиця 1.2

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{зг.}$ , МПа	$\sigma_{ст.}$ , МПа	НВ
200	400	700	170-241

### 1.1.3. Аналіз деталі на технологічність

Найголовні задачі, які будуть вивчатися при аналізі технологічності конструкції деталі що будуть зводяться до ймовірного зменшення металоемкості і енергозатрат, а також задіяти сучасні технологічні

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

можливості для обробки деталі. Тому, удосконалення технологічності конструкції деталі дозволить нам зменшити її вартість при виготовленні. Оскільки деталь виготовляється литвом, та конструкція зовнішньої і внутрішньої поверхонь не буде створювати додаткових проблем при виготовленні заготовки. Потрібно відмітити, що такі характеристики, як товщина стінок заготовки вибрана правильно, так як з найбільшими габаритними розмірами до 800 мм товщина стінки повинна бути 8-10 мм. Отже, виходить що умові металоємності наша деталь підходить. Значні труднощі будуть викликати технічні потреби перпендикулярності осі шпоночного паза по відношенню до нижньої поверхні деталі не більше 30°. Для перевірки даних рішення цього пункту технічної проблеми ми можемо використати контрольні приспособлення. Розташування отворів під різі на одній лінії дасть нам можливість при їх свердлінні використовувати свердлильну головку (свердління отворів одночасно в двох деталях). Недоліком конструкції даної деталі є те, що в трьох різевих отворах М10 застосовується різь з різним кроком, що призведе до спрацювання ріжучого інструменту. В іншому деталь-представник є технологічною, оброблювані площини з технологічної точки зору не будуть технологічно складними, тим самим дозволять нам провести обробку на прохід, допускаючи застосування високотехнологічних режимів роботи.

Опрацювання деталі на технологічність являє собою комплекс дій по забезпеченню потрібного технічного рівня на технологічність конструкції, по вказаних характеристиках, що призведе до покращення рентабельності виробництва, із врахування затрат та обмеженням часу на виготовлення виробу при забезпеченні потрібної якості деталі. Розрахунок конструкції на технологічність, проводять в такому порядку:

- розрахунок і аналіз вихідних матеріалів, потрібних для оцінки конструкції на технологічності;
- аналіз об'єму випуску деталі;

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

- характеристика показників технологічності деталі представника
- оцінка і характеристика рівня конструкції оброблюваного ввиробу на технологічність;
- планування досліджень по покращенню факторіалів технологічності.

Якісна характеристика технологічності конструкції деталі має бути двох видів. Якісна, характеризує нашу деталь на технологічність конструкції, на основі даних виконавця і характеризується на всіх операціях проектування, як попередня.

Інші поверхні що оброблюються з по точності та чистоті поверхні не являє вагомим технологічних затрат, що дозволить здійснювати обробку на прохід і дасть можливість здійснювати обробку декількох деталей одночасно найвисокопродуктивними методами.

Дослідження технологічності здійснюємо по даних коефіцієнтах точності, шорсткості та металозатратності.

Аналіз деталі на технологічність за так званим коефіцієнтом матеріаломісткості.

$$K_M = \frac{m_d}{m_z}$$

де  $m_d$  – маса деталі.

$m_z$  – маса заготовки

$$K_M = \frac{3,92}{4,33}$$

Таким чином, за запропонованим коефіцієнтом матеріаломісткості наша деталь є технологічна.

Аналіз деталі представника за коефіцієнтом точності:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}}$$

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$T_{cp} = \frac{\sum T \cdot n}{n}$$

$$T_{cp} = \frac{14 \cdot 3 + 7 \cdot 52}{55} = 7.38$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{7.38} = 0.864$$

Таким чином, за даним коефіцієнтом точності проєктована деталь технологічна.

Аналіз на технологічності деталі за так званим коефіцієнтом шорсткості:

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}$$

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш \cdot n}{n}$$

$$Ш_{cp} = \frac{4 \cdot 7 + 3 \cdot 10 + 2 \cdot 15 + 1 \cdot 20}{52} = 1.558$$

$$K_{Ш} = \frac{1}{1.558} = 0.742$$

Отже, за коефіцієнтом шорсткості дана деталь є технологічною

## 1.2. Аналіз типу виробництва деталі та його технологічні характеристики

Наші дослідження по типу виробництва проводимо у відповідності з ГОСТ 3.1108-74. Використавши відомий коефіцієнт закріплення операцій, що для одиничного виробництва приймаємо значення  $\geq 40$ , для дрібносерійного 20-40, для середньосерійного 10-20, для багатосерійного 1-10, масового – 1 [3].

Даний тип нашого виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій.

Даний коефіцієнт закріплення операцій знаходимо за формулою:

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$K_{30} = \frac{O}{P}$$

де  $O$  - кількість (число) різних, закріплених операцій за одним робочим місцем;

$P$  - кількість (число) робочих місць з різними операціями.

Кількість операцій, закріплених за одним робочим місцем знаходимо за формулою

$$O = \frac{60 \cdot F_m \cdot K_B \cdot \eta_H}{T_{\text{шк}} \cdot N_M}$$

де  $F_m$  - місячний фонд часу роботи, обладнання при двохзмінному режимі роботи

$K_B$  - середній коефіцієнт виконання норм

$\eta_H$  - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання

Вихідні дані

$N=10500$  – річна програма деталей

Дані по укрупненому нормуванню. Таблиця 1.3.

1 варіант		2 варіант	
№ операції	$T_{\text{шт}}$	№ операції	$T_{\text{шт}}$
005	5,10	005	2,30
010	2,30	010	2,40
015	0,70	015	1,5
020	1,5	020	1,1
025	1,1	025	4,09
030	1,1	030	0,6
035	1,3	035	1,29
040	4,1		
045	2,9		
050	1,29		

Отже, коефіцієнт закріплення операцій буде рівний

$$K_{30} = \frac{84,7}{7} = 12,1$$

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Тип виробництва – серійний.

### 1.3. Вибір та техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

На вибір методу отримання заготовки якісно впливає матеріал з якого вона виготовлена, її розміри, форма поверхонь деталі та призначення, технічні вимоги на виготовлення, серійність та об'єм її випуску, та ін.

Для аналізу і вибору раціонального методу отримання заготовки із матеріалу Сталь 35Л приймаємо до уваги ці два варіанти

- литво в металеві форми
- литво в земляні форми

Порівняльна характеристика двох варіантів. Таблиця 1.4.

Найменування показників	1-й варіант	2-й варіант
Вид заготовки	Литво в земляні форми	Литво в металеві форми
Клас точності	2	3
Група складності	2	2
Маса деталі	3,92	3,92
Маса заготовки Q, кг	4,33	4,33
Вартість 1 т заготовок $C_i$ , грн.	28400	28400
Вартість 1 т стружки $S_{відх}$ , грн	7216	7216

Отже, найефективним є метод отримання заготовки який ми вибираємо на основі техніко-економічного розрахунку собівартості виготовлення деталей, наведений в [2.с.187]. Ціноутворення деталей, отриманих у такий спосіб методами: як лиття в так звані звичайні земляні форми та у кокілі, по моделям що виплавляються, під тиском, можливо із певною точністю дослідити по формулі:

$$S_{\text{заг}} = \frac{C_1 \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{II} \cdot (Q - q) \cdot S_{\text{відх}}}{1000} - \frac{(Q - q) \cdot S_{\text{відх}}}{1000}$$

де,  $C_1$  – базова вартість 1т заготовок, у грн.;

$k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$  – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу і об'єму виробництва заготовок;

$Q$  – маса заготовки, кг;

$q$  – маса готової деталі;

$S_{\text{відх}}$  – ціна однієї тони відходів.

1) Визначимо вартість заготовки отриманої литтям в піщано-глинисті форми [4]:

Визначимо значення коефіцієнтів  $k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ .

$k_T$  – залежить від класу точності відливок, для 2-го класу  $k_T=1,03$ ;

$k_C$  – залежить від групи складності, для 2-ї групи  $k_C=0,83$ ;

$k_B$  – залежить від маси відливки, для маси  $Q=4,33$  кг  $k_B=0,84$ ;

$k_M$  – залежить від марки матеріалу, для сталі  $k_M=1,15$ ;

$k_{II}$  – залежить від об'єму виробництва, для серії  $N=10500$  шт.  $k_{II}=0,76$ .

$$S_{\text{заг}} = \frac{28400 \cdot 4,33 \cdot 1,03 \cdot 0,83 \cdot 0,84 \cdot 1,15 \cdot 0,76}{1000} - \frac{(4,33 - 3,92) \cdot 7216}{1000} = 74,2$$

Визначимо вартість заготовки отриманої литтям в кокіль:

Визначимо значення коефіцієнтів  $k_T, k_C, k_B, k_M, k_{II}$ .

$k_T$  – залежить від класу точності відливок, для 2-го класу  $k_T=1,1$ ;

$k_C$  – залежить від групи складності, для 2-ї групи  $k_C=0,83$ ;

$k_B$  – залежить від маси відливки, для маси  $Q=4,33$  кг  $k_B=0,83$ ;

$k_M$  – залежить від марки матеріалу, для сталі  $k_M=1,15$ ;

$k_{II}$  – залежить від об'єму виробництва, для серії  $N=105000$  шт.  $k_{II}=0,76$ .

$$S_{\text{заг}} = \frac{28400 \cdot 4,33 \cdot 1,1 \cdot 1,15 \cdot 0,83 \cdot 0,83 \cdot 0,76}{1000} - \frac{(4,33 - 3,92) \cdot 7216}{1000} = 78,5$$

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Отже, дослідивши, що найефективнішим буде спосіб отримання заготовки – лиття в земляні форми.

Розраховавши економічний ефект для урахування співвідношень методів отримання заготовок, при умові, що технологічний процес обробки деталі не зміниться, та може бути розрахований за формулою  $S_{соб.} = S_{кок.} - S_{тиск.}$

$$S_{соб.} = 78,5 - 74,22 = 4,28 \text{ грн.}$$

Таким чином річний економічний ефект від врахування наших розрахункових даних тобто лиття в піщано-глинисті форми становитиме:

$$E_{річн.} = S_{соб.} \cdot N = 4,28 \cdot 10500 = 44940 \text{ грн.}$$

А економічний ефект при річній програмі випуску 10500 шт.: 44940 грн.

За даними досліджень наші результати техніко-економічного розрахунку - технологічної собівартості, отримали найоптимальніший метод отримання заготовки, це лиття в земляні форми.

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1. Розрахунок режимів різання

При визначенні елементів режимів різання потрібно врахувати такі дані: як характер обробки деталі, розміри і тип інструменту яким обробляється деталь, склад матеріалу різальної частини інструменту, склад матеріалу і стан заготовки, тип обладнання на якому відбувається процес обробки, та ін.

#### Розрахунок режимів різання для операції 005.

Операція складається з двох переходів

- а) зенкерування деталі до розміру  $\varnothing 46,76^{+0,22}$
- б) розвертування отвору до розміру  $\varnothing 47^{+0,062}$

Здійснюємо розрахунок режимів різання при зенкеруванні. Та знаходимо глибину різання

$$t = 0,5(D - d)$$

де  $d$  - діаметр заготовки

$D$  - діаметр деталі, після операції зенкерування

$$t = 0,5(46,76 - 44,7) = 1,03 \text{ мм}$$

Дані для вибору подачі вибираємо по таблиці 27 [2],  $s = 0,56 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$

Використовуємо зенкер насадний, з вставними ножами, що мають вставки з твердого сплаву Т15К6, який найкраще використовується для обробки литих поверхонь в відливках зі сталі 35Л. Геометричні дані зенкера вибираємо по карті 34, с. 278 [5]

$$Z = 4, W = 10^\circ, W_1 = 10^\circ, \varphi = 60^\circ, \varphi_1 = 30^\circ, \gamma = +5^\circ, \alpha = 10^\circ, \alpha_1 = 8^\circ, \lambda = 12^\circ,$$

$$f = 0,5 - 0,8 \text{ мм}$$

Допустиму стійкість зенкера дивимось по таблиці 29 [2],  $T = 80 \text{ хв}$

Швидкість різання знаходимо по формулі  $v = \frac{C_v \cdot D^{qv}}{T^m \cdot t^{xv} \cdot s^{yv}} \cdot K_v \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

де  $K_v$  - загальний поправочний коефіцієнт

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ							
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Технологічний розділ			Літ	Аркуш	Аркушів		
Розроб.	Франчук Т.М.											13
Переір.	Ярема І.Т.											
Реценз.												
Н. контр.	Кобельник В.Р.											
Зав. каф.	Кобельник В.Р.				ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВзс-41							

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Hv} \cdot K_{Lv}$$

де  $K_{Mv}$  – коефіцієнт на оброблюваний матеріал

$K_{Hv}$  - коефіцієнт на інструментальний матеріал

$K_{Lv}$  - коефіцієнт, який враховує глибину свердління

$$K_{Hv} = \frac{75}{\delta_b}$$

де  $\delta_b = 60 \frac{\text{КГ}}{\text{ММ}}$

Тоді

$$K_{Hv} = \frac{75}{60} = 1,25$$

$K_{Mv} = 1,4$  , с.426, таблиця 15 [2]

$K_{Lv} = 0,85$  , с.436, таблиця 30 [2]

$$K_v = 1,25 \cdot 1,4 \cdot 0,85 = 1,49$$

По таблиці 28, с.436 [2] визначаємо досліджувані коефіцієнти

$C_v = 16,3$  ,  $qv = 0,3$  ,  $xv = 0,2$  ,  $yv = 0,5$  ,  $m = 2$  ,  $v = 42,3 \frac{\text{М}}{\text{ХВ}}$

Розраховуємо розрахункове число обертів шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 42,3}{3,14 \cdot 46,76} = 288 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Коректуємо число обертів шпинделя по даних паспорту верстата,

$$n = 250 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Визначаємо реальну швидкість

$$V = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 46,76}{1000} = 36,9 \frac{\text{М}}{\text{ХВ}}$$

Враховуємо режими різання для другого переходу

Проводимо розвертування отвору до розміру  $\text{Ø}47^{+0,062}$

Глибина різання визначається

$$t = 0,5(47 - 46,76) = 0,12 \text{ мм}$$

Дані подачі вибираємо по таблиці 27 [2],  $s = 0,8 \frac{\text{ММ}}{\text{об}}$

Інструмент – розвертка машинна накидна, регульована з пластинками з твердого сплаву Т15К6 – рекомендована для обробки отворів більше 40 мм в

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

відливці з сталі. Геометричні розміри розвертки вибираємо по карті 40 [5]

$$\varphi = 45^\circ, \gamma = 0^\circ, \alpha = 8^\circ, \alpha_1 = 10^\circ, f = 0,2 \text{ мм}.$$

По таблиці 29 [2] стійкість розвертки  $T = 90$  хв

Швидкість різання для даних параметрів знаходимо по формулі

$$v = \frac{C_v \cdot D^{qv}}{T^m \cdot t^{xv} \cdot s^{yv}} \cdot K_v \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

де  $K_v = 1,49$

$$C_v = 100,6, qv = 0,3, xv = 0, yv = 0,6, m = 0,7, v = 28,9 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Вираховуємо розрахункове число обертів шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 28,9}{3,14 \cdot 47} = 195,8 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Проводимо корекцію чисел обертів шпинделя по паспорту верстата,

$$n = 180 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Дійсна швидкість різання  $v = 26,6 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

Крутний момент при зенкеруванні і розвертуванні знаходимо по формулі

$$M = \frac{C_p \cdot t^{xp} \cdot s^{yp} \cdot K_p \cdot D_o}{2 \cdot 1000}$$

де  $C_p = 200$ ,  $x_p = 1$ ,  $y_p = 0,75$ ,  $K_p = 1,0$ , с.423 [2]

Для розвертування  $s_z = 0,08$

$$M_{\text{зенк}} = 2,73$$

$$M_{\text{розв}} = 2,70$$

Потужність різання розраховуємо по формулі

$$N = \frac{M_n}{975}$$

Звідки  $N = 0,7$  кВт для зенкерування і  $0,5$  кВт для розвертування.

### Розрахунок режимів різання для операції 010.

Операція складається з 4-ох переходів

- 1) Підрізка торця з однієї сторони
- 2) Обточка фаски  $3 \times 45$  мм

					КРБ МВЗс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

- 3) Розточка отвору до розміру  $\varnothing 48H12^{+0,25}$  мм
- 4) Підрізка торця до розміру  $220 \pm 1$  мм
- 5) Дослідивши, що важливим переходом даної операції є розточка отвору  $\varnothing 48^{+0,25}$  то по цьому переході проводимо повний розрахунок режимів різання

Розраховуємо глибину різання

$$t = \frac{D - d}{2}$$

де  $d$  - діаметр лиття заготовки

$D$  - діаметр деталі після розточки

$$t = \frac{48 - 41}{2} = 3,5 \text{ мм}$$

Розраховуємо число проходів

$$i = \frac{t}{t_p}$$

де  $t_p$  - глибина розточки за один прохід,  $t_p = 2,0$  мм

Тоді

$$i = 3,5 / 2,0 = 1,75$$

Приймаємо  $i = 2$ .

Розраховуємо подачу

$$s = 0,25 - 40 \frac{\text{мм}}{\text{об}} [2] \text{ таблиця 3, с.419.}$$

Хвилинна подача

$$s_{\text{хв}} = s_z \cdot z \cdot n_p = 0,1 \cdot 10 \cdot 180 = 180 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$$

Коректуємо подачу по паспорту верстата

$$s_{\text{хв}} = 160 \frac{\text{мм}}{\text{хв}}$$

$$s_z = \frac{s_{\text{хв}}}{z \cdot n} = \frac{160}{10 \cdot 180} = 0,09 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}$$

Величину коллової сили різання розраховуємо по формулі

$$P_z = \frac{C_p^x \cdot t^{xp} \cdot s^{yp} \cdot B^{up} \cdot z}{D_{\text{БР}} \cdot n^{wp}} \cdot K_p$$

де  $C_p = 68,2$

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

де  $C_p = 68,2$ ,  $X_p = 0,86$ ,  $Y_p = 0,76$

$U_p = 1,0$  [1], с.445, таблиця 39

$W_p = 0$ ,  $g_p = 0,86$ ,  $K_p = 1,0$

$$P_z = \frac{68,2 \cdot 3^{0,86} \cdot 0,1^{0,76} \cdot 45^{1,0} \cdot 10}{80^{0,86} \cdot 180} \cdot 1,0 = 477 \text{ Н}$$

Потужність різання знаходимо по формулі

$$N = \frac{P_z \cdot v}{102 \cdot 60} = \frac{477 \cdot 45,2}{102 \cdot 60} = 3,52 \text{ кВт}$$

Крутний момент на шпинделі розраховуємо за формулою:

$$M = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{477 \cdot 80}{2 \cdot 1000} = 19,08 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

## 2.2. Обґрунтування та вибір металообробного обладнання

При дослідженні технологічних процесів виготовлення деталі насамперед потрібно зосередитись на правильному виборі сучасного найтехнологічного обладнання. Дане обладнання повинно забезпечити виготовлення виробу як із найкращої встановленої якості та із мінімальними затратами на його придбання і експлуатацію.

При здійсненні вибору, перевагу необхідно віддати використанню високопродуктивного металорізального забезпечення враховуючи характеристики виробництва.

При розробці технологічного процесу механічної обробки на певних операціях обумовлений підготовкою поверхонь для подальшої обробки на верстатах: токарно-гвинторізних, свердлильних та фрезерних.

Застосування даних верстатів пояснюється вимогами до точності форми та особливостями розташуванням поверхонь і технічними умовами.

Найкращим в даній ситуації є вибір вертикально-свердлильного верстата для обробки отворів і нарізання різі що обумовлений його дешевизною і достатньою надійністю для даних умов продуктивністю.

Наведемо технічну характеристику даного обладнання.

					КРБ МВЗс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

### Вертикально-свердлильний верстат моделі 2Н135

Ціна	17500
Найбільший діаметр свердління по сталі, мм	35
Віддаль від торця шпинделя до стола, мм	750
Віддаль від шпинделя до вертикальної направляючої станини, мм	700-1120
Віддаль від центра шпинделя до вертикальної направляючої станини, мм	300
Розміри робочого стола, мм	800-200
Кількість ступенів подач	9
Конус Морзе отвору шпинделя	4
Кількість ступеней обертів шпинделя	12
Межі чисел обертів за хв	31,5-1400
Межі чисел обертів шпинделя за оберт	0,1-1,6
Найбільше переміщення шпинделя, мм	250
Розміри стола, мм	450-500
Потужність електродвигуна, кВт	4,0
Габарити верстату, мм	810-1240
Категорія ремонтної складності	13

### Токарно-гвинторізний верстат моделі 16К20

Найбільший діаметр обробки над станиною, мм	630
Відстань між центрами, мм	1400-2800
Найбільший діаметр обробки над супортом, мм	340
Найбільший діаметр оброблюваного прутка, мм	65
Найбільше зусилля подачі, кг	2000
Конус Морзе отвору шпинделя	Метрична №8
Найбільше вертикальне переміщення шпинделя, мм	350
Число ступенів швидкості	22
Межі чисел обертів за хвилину	10-1250
Число ступенів подач	

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

повздожніх	44
поперечних	44
Межі подач на один оберт шпинделя, мм/об	
Повздожніх	0,064-1,025
поперечних	0,026-0,378
Потужність електродвигуна, кВт	13
Категорія ремонтної складності	19

### Фрезерний верстат моделі 6С12

Віддаль від осі шпинделя до стола, мм	50-350
Віддаль від вертикальних направляючих до середини стола, мм	180-340
Віддаль від осі шпинделя до хобота, мм	123
Розміри робочого стола, мм	800-200
Число ступенів подач	12
Подача стола, мм/хв	
повздожня	254-1120
поперечна	18-800
вертикальна	9-400
Діаметр отвору шпинделя, мм	17
Конус Морзе отвору шпинделя	2
Розмір оправок для інструменту, мм	22, 27, 32
Кількість швидкостей шпинделя	12
Межі чисел обертів шпинделя за хвилину	50-2240
Потужність електродвигуна, кВт	7,5
Категорія ремонтної складності	16

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

### Шпоночно-фрезерний моделі 692М

Ціна, грн	23200
Ширина фрезеруємого паза, мм	4-24
Довжина фрезеруємого паза без перевстановлення, мм	5-300
Розміри робочої поверхні стола	800×200
Число шпинделів	1
Віддаль від осі шпинделя до вертикальних направляючих станини, мм	205
Найбільша віддаль від торця шпинделя до робочої поверхні стола, мм	500
Установочне переміщення стола, поздовжнє, мм	440
поперечне	160
вертикальне	300
Найбільше переміщення пінолі, мм	40
гідрравлічне	
ручне	100
Вертикальна подача шпинделя на кожен хід бабки	0,05-0,5
Кількість швидкостей шпинделя	12
Частота обертання шпинделя об/хв	375-3750
Потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт	1,6/2,3
Габарити верстата, довжина, мм	1520
ширина	1400

### 2.3 Інструментальне забезпечення технологічної операції

Оброблювані поверхні деталі можна розглядати як неперервна кількість послідовних положень слідів, так званої твірної по другій відтворюючій лінії, що називається напрямною. Злагоджені рухи заготовки та інструменту, що безпосередньо утворюють відтворюючі лінії називаються формоутворюючими і позначаються Ф [6]. При здійсненні обробки різанням, незалежно залежно від виду вибраного різального інструменту

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



використовуються 4 методи утворення відтворюючих ліній: копіювання, огинання, сліду і дотику. [6]

Наведемо декілька варіантів утворення поверхонь заданої деталі.

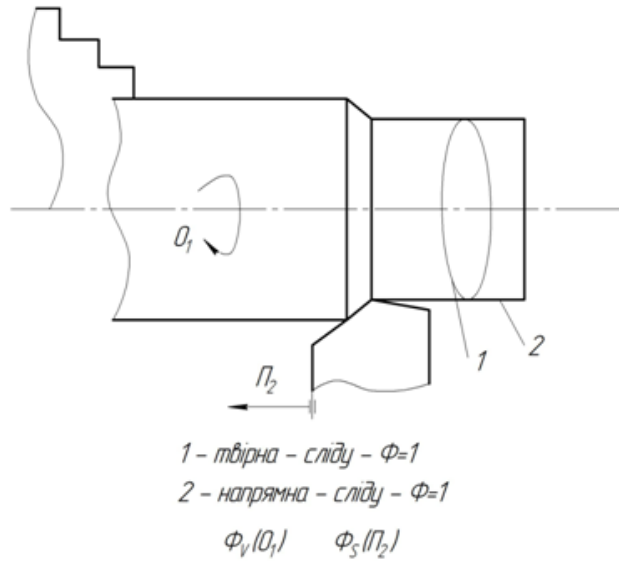


Рисунок 2.1 – Формоутворення при поздовжньому точінні

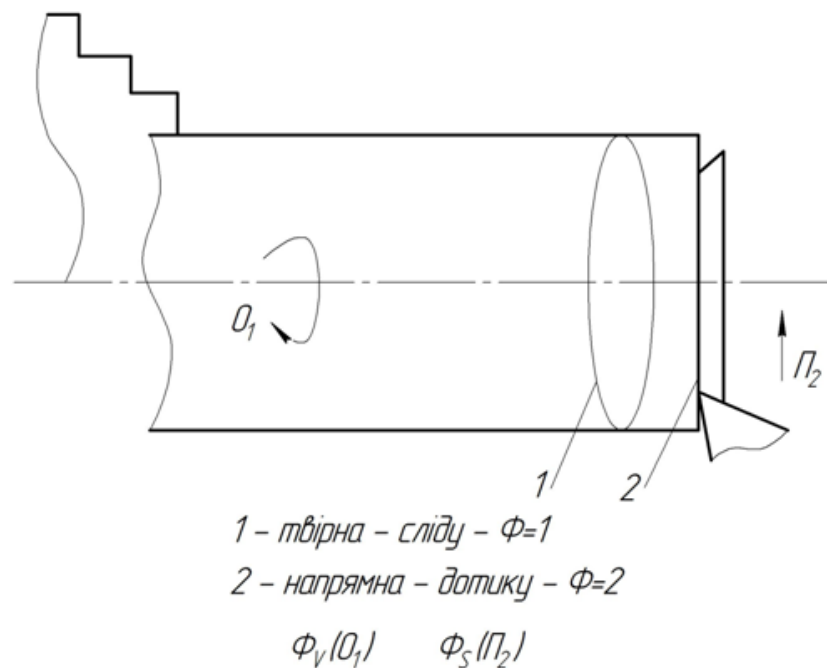
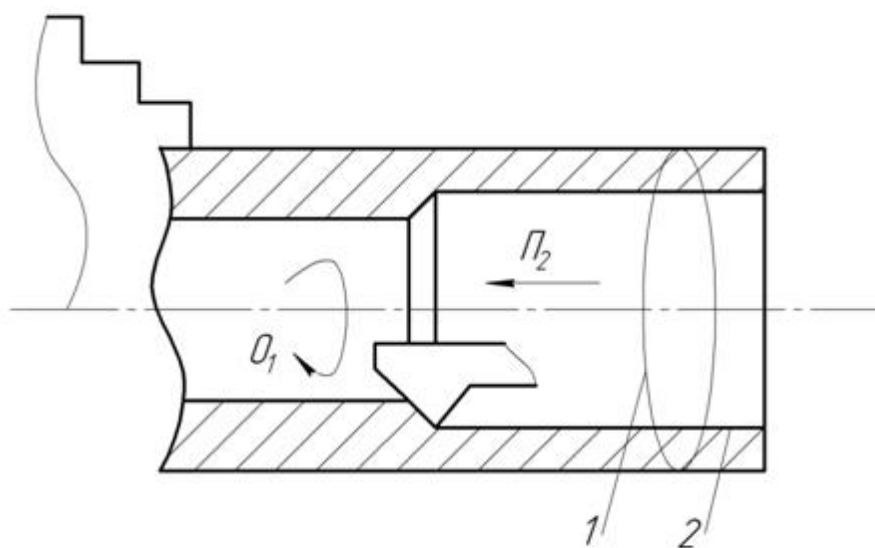


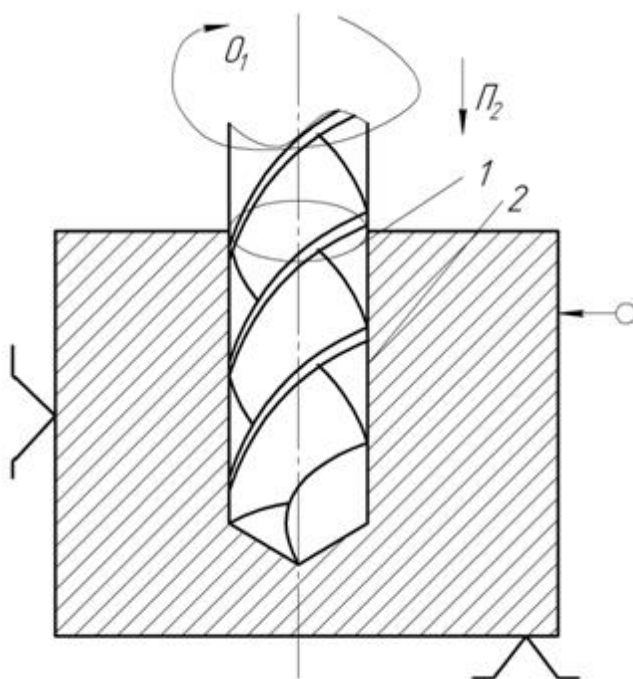
Рисунок 2.2. Формоутворення при підрізанні торця

					КРБ МВЗс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



1 - твірна - сліду -  $\Phi=1$   
 2 - напрямна - сліду -  $\Phi=1$   
 $\Phi_V(\omega_1)$      $\Phi_S(V_2)$

Рисунок 2.3. Формоутворення при розточуванні



1 - твірна - слід -  $\Phi=1$   
 2 - напрямна - слід -  $\Phi=1$   
 $\Phi_V(\omega_1)$      $\Phi_S(V_2)$

Рисунок 2.4. Формоутворення при свердлінні

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата

КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ

Арк

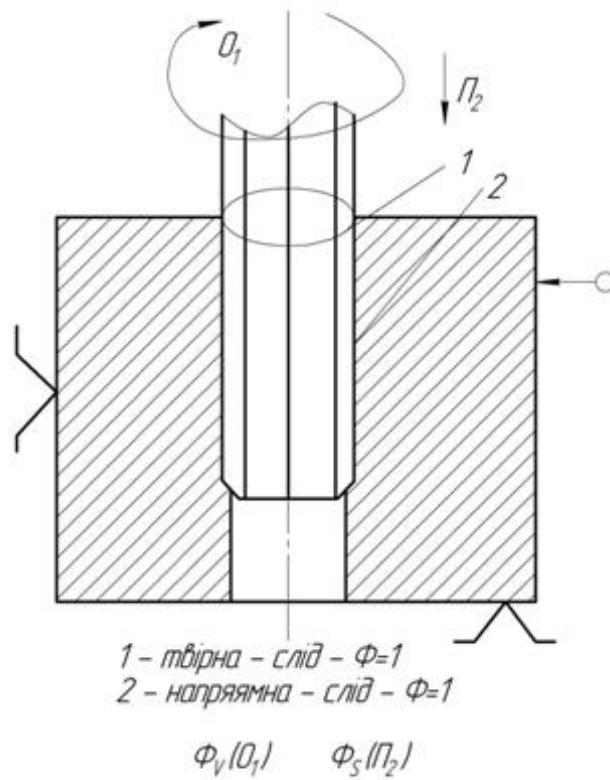


Рисунок 2.5. Формоутворення при зенкеруванні та розвертуванні

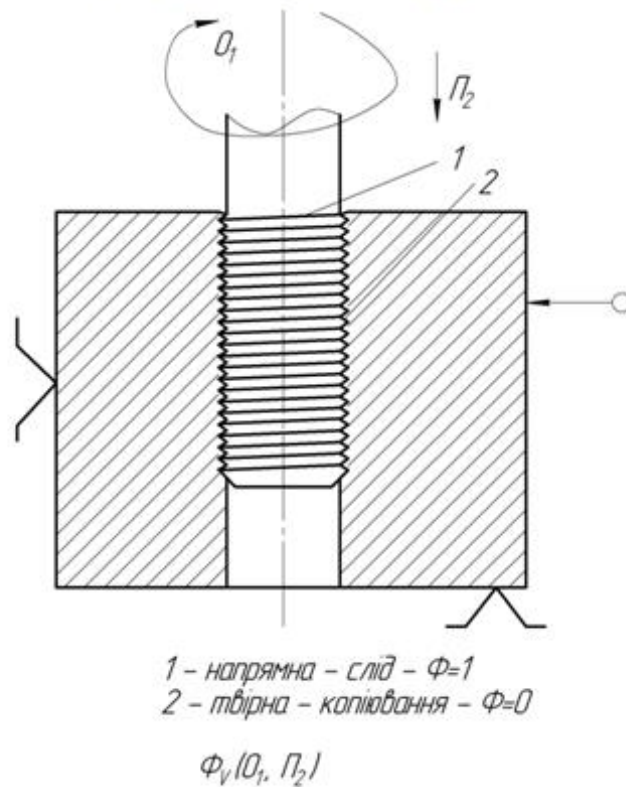
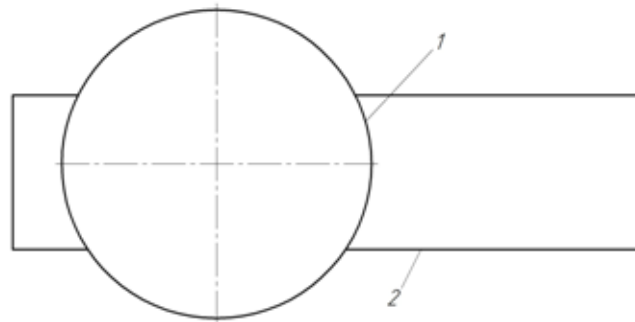
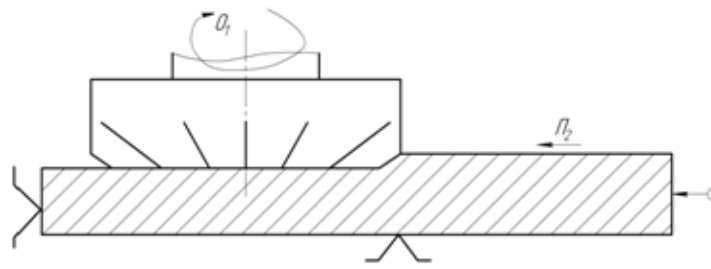


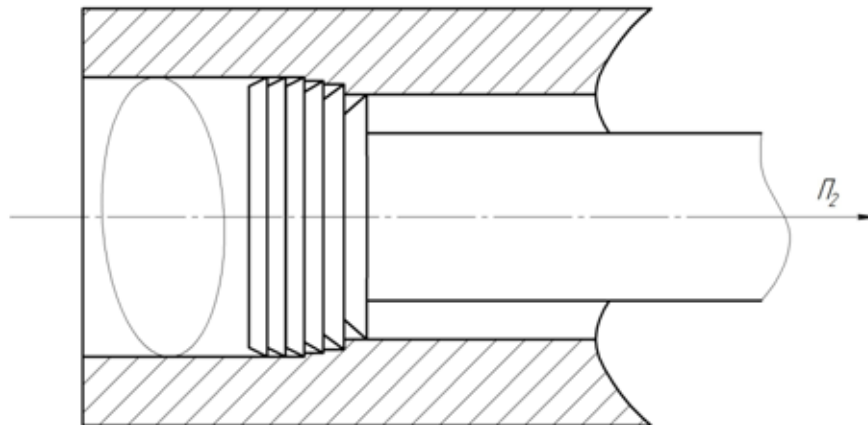
Рисунок 2.6. Формоутворення при нарізанні різі

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



1 - твірна - сліду -  $\Phi=1$   
 2 - напрямна - дотику -  $\Phi=2$   
 $\Phi_1(\omega_1)$   $\Phi_2(f_2)$

Рисунок 2.7. Формоутворення при фрезеруванні площини торцевою фрезою



1 - твірна - колювання -  $\Phi=0$   
 2 - напрямна - сліду -  $\Phi=1$   
 $\Phi_1(f_2)$

Рисунок 2.8. Формоутворення при протягуванні отворів

Здійснено вибір різального та вимірювально інструменту для кожної нашої операції:

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



### 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Розробка кінематичної схеми верстату

Проаналізувавши різні схеми формоутворення (пункт 2.3) складаємо структурно-кінематичну схему вертикально-фрезерного верстата:

Головний рух – обертання фрези. Як джерело енергії головного руху використаємо асинхронний двигун. Для розширення діапазону допустимого регулювання приводу головного руху спроекуємо коробку швидкост. Використаємо пасову передачу між двигуном і коробкою швидкостей що забезпечить відсутність вібрацій.

Структурно-кінематичну схему верстата представимо на рисунку 3.1:

Аналіз:

Привід головного руху:

ЗКЗ:  $M_1 - 1 - C - i_v - 2$

ВКЗ: Шпиндель-опори

Привід подач:

- вертикальна

ЗКЗ:  $M_2 - P2 - i_{s1} - 4 - 5 - 9$

ВКЗ: передача гвинт-гайка ковзання, направляючі, саласки

- поздовжня

ЗКЗ:  $M_2 - P2 - i_{s1} - 3 - 7$

ВКЗ: передача гвинт-гайка ковзання, направляючі, саласки

- поперечна

ЗКЗ:  $M_2 - P2 - i_{s1} - 4 - 5 - 6$

ВКЗ: передача гвинт-гайка кочення, направляючі, саласки

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ			
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата				
Розроб.	Франчук				Конструкторська частина	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Ярема І.Т.					Н		22
Рецензент						ТНТУ, гр. МВзс-41		
Н. контр.	Кобельник В.Р.							
Зав. каф.	Кобельник В.Р.							

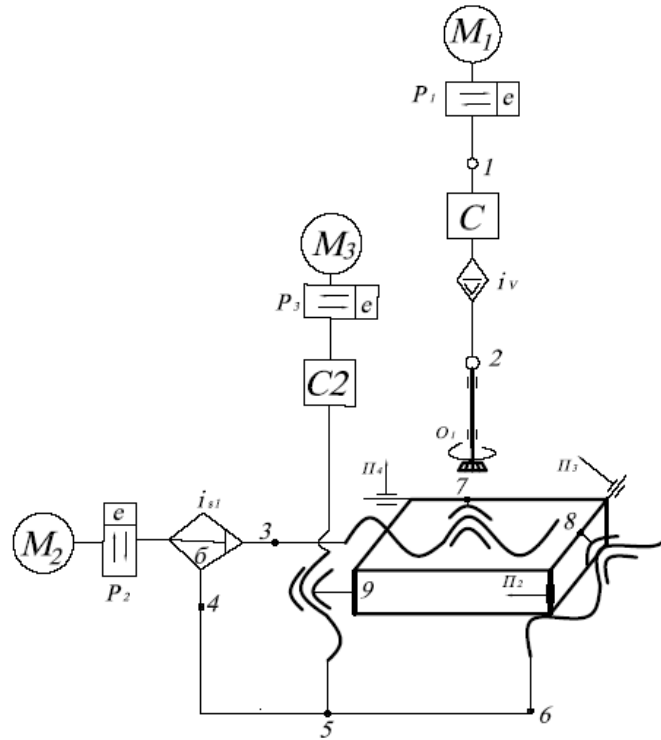


Рисунок 3.1 – Структурно-кінематична схема верстату

Метою кінематичного обрахунку є дослідження діапазону регулювання привод, вибір оптимальної структурованої формули, побудова графіка чисел обертів та структурної сітки, побудова кінематичної схеми приводу. При кінематичному розрахунку також визначають усі передаточні відношення, а також числа зубів всіх коліс.

### Вибір електродвигуна

Розраховуємо потрібну потужність електродвигуна згідно [28]:

$$N_{\dot{a}\ddot{e}} = \frac{N_{\delta^3\zeta}}{\eta} \quad (3.1)$$

$$N_{el} = \frac{4.3}{0.7} = 7.14 \text{ кВт}$$

Визначаємо електродвигун згідно ГОСТ 19523-74 132S4 потужністю  
 $N_{д} = 7.5 \text{ кВт}$  і  $n = 1460 \text{ об/мин}$ ;

					КРБ МВЗс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

## Визначення діапазону регулювання

Передачі з ступеневим регулюванням компактні і прості, мають високий ККД. Кінематичні характеристики приводу можна оцінити зонами регулювання, які покажуть співвідношення максимальних і мінімальних частот обертання шпинделя і визначається за формулою [5]:

$$D = \frac{n_{\max}}{n_{\min}} \quad (3.2)$$

де  $n_{\max}$  – максимальна частота обертання шпинделя

$n_{\min}$  – мінімальна частота обертання шпинделя

Визначаємо зони регулювання згідно (3.2):

$$D = \frac{1834}{30} = 61.13$$

Приймаємо  $\varphi=1,26$ .

## Побудова структурної сітки

Розраховуємо можливу кількість зон за формулою [18]:

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

Згідно (3.3):

$$z = \frac{61.13}{\lg 1,26} + 1 = 18.79$$

Отримане розрахункове значення заокруглюємо до цілого числа із умовою можливості його розчленування на множники 2, 3 і 4.  $24 = 3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2$ ; оскільки нам потрібно всього 19 швидкостей і ( $x = 9$  для  $\varphi = 1,26 \Rightarrow x = 1, 3, 6, 12$ ;  $x' = 1, 3, 6, 7$ ; (прибираємо 5 швидкостей останньої переборної групи) що задовольняє умові конструювання коробки швидкостей.

Приймаємо  $z=1$ . Складаємо структурну формулу:

$$z = P_1(x_1) \cdot P_2(x_2) \cdot P_3(x_3) \cdot P_4(x_4) = 3_{(1)} \cdot 2_{(3)} \cdot 2_{(6)} \cdot 2_{(7)}.$$

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



Визначаємо число можливих варіантів кінематичної структури за формулою [8]:

$$K = K_{\text{кін.}} \cdot K_{\text{констр.}} = \frac{(m!)^2}{q!} \quad (3.4)$$

де  $m$  – кількість груп в структурі;

$q$  – число груп з однаковим числом передач.

Згідно (3.4):

$$K = \frac{(1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4)^2}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 48$$

Будуємо структурну сітку для значень  $z = 3_{(1)} \cdot 2_{(3)} \cdot 2_{(6)} \cdot 2_{(7)}$ :

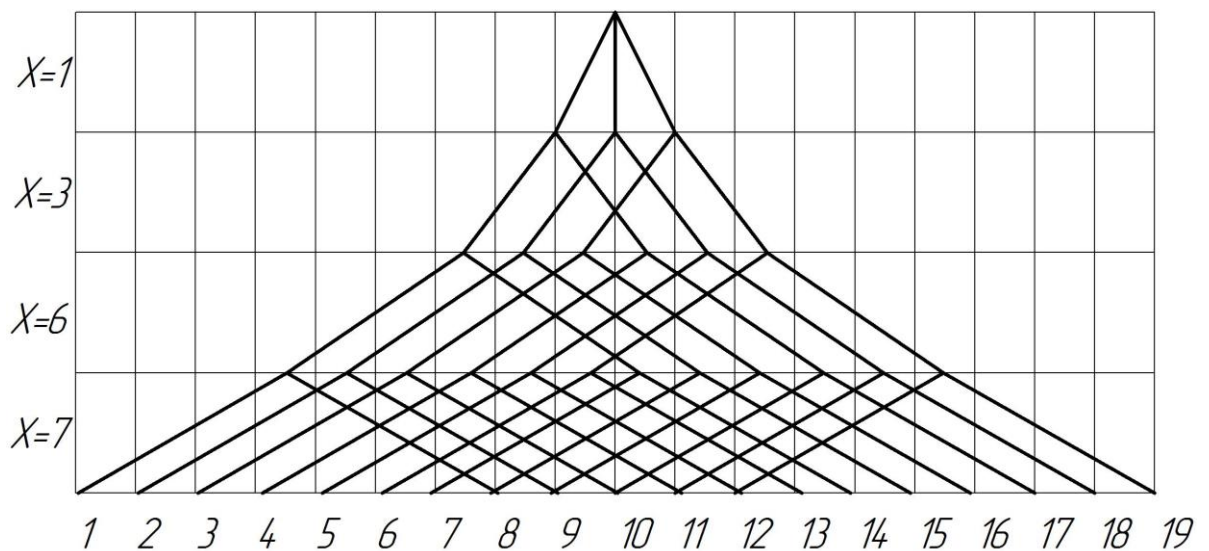


Рисунок 3.2 - Структурна сітка

Отриманий графік чисел обертів дає нам конкретні числові значення величин передаточних відношень усіх передач як приводу так і числа обертів усіх валів.

Будуємо спочатку скелет, а потім використовуючи рис. 3.2 добудовуємо решту див рис.3.3.

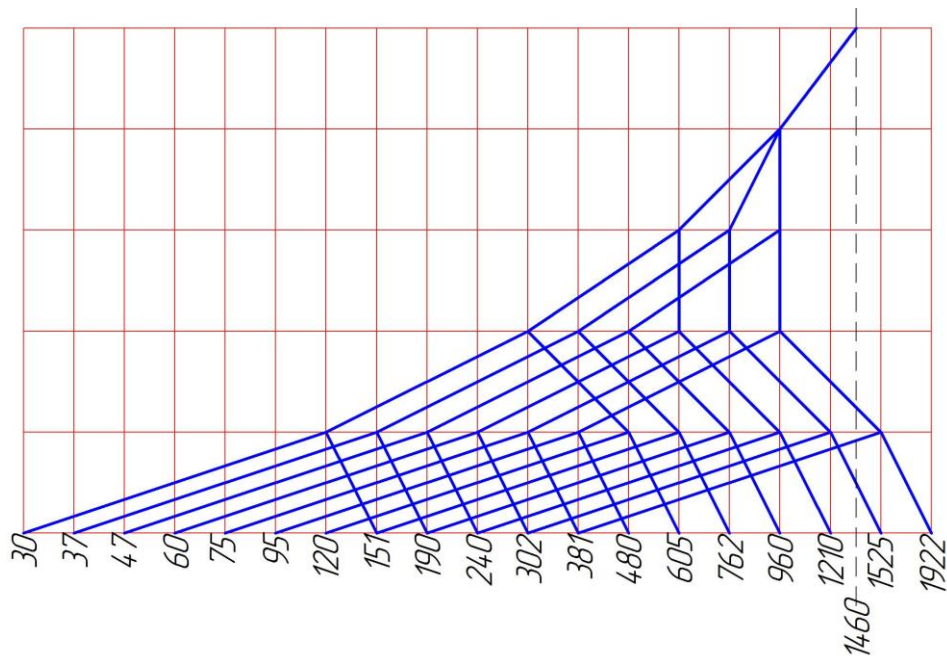


Рисунок 3.3 - Графік чисел обертів

Розрахунок передаточних відношень. Дані відношення визначаються по графіку рис.3.3, де кожен промінь представляє собою передаточне відношення певної передачі. Для понижаючих передач передаточн відношення  $U = \frac{1}{\varphi^x}$ , де  $x$  – число клітинок структурного поля, на яке опустився промінь відповідної рередачі. Для підвищення передач  $U = \varphi^x$ , де  $x$  – кількість клітинок на які піднявся відповідний промінь.

Згідно умови задачі, використовуючи графік чисел оборотів, отримаємо значення передаточних співвідношення усіх передач:

$$U_0 = \frac{960}{1460} = \frac{1}{1.52}$$

$$U_1 = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1.26^2} \approx \frac{1}{1.587}$$

$$U_1' = \frac{1}{\varphi^1} = \frac{1}{1.26^1} = \frac{1}{1.26}$$

$$U_1'' = 1$$

$$U_2 = \frac{1}{\varphi^3} = \frac{1}{1.26^3} = \frac{1}{2}$$

$$U_2' = \frac{1}{\varphi^0} = 1$$

$$U_3 = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1.26^4} = \frac{1}{2.52}$$

$$U_3' = \varphi^2 = 1.26^2 = 1.587$$

$$U_4 = \frac{1}{\varphi^6} = \frac{1}{1.26^6} = \frac{1}{4}$$

$$U_4' = \varphi^1 = 1.26$$

Дослідження кількості чисел зубів коліс.

Маючи певні числові дані передаточних співвідношень, для кожної групи можна визначити значення кількості зубів даних пар зубчаст коліс, що задіяні. При цьому, модуль усіх зубчастих коліс, приймаємо однаковим а міжосьову відстань залишаємо незмінною. Врахувавши дані значення, для першої групи запишемо [8]:

$$\begin{aligned} z_1 + z_2 &= z_3 + z_4 = z_5 + z_6 = \sum z_i \\ U_1 &= \frac{z_1}{z_2} \\ U_1' &= \frac{z_3}{z_4} \\ U_1'' &= \frac{z_5}{z_6} \end{aligned} \quad (3.5)$$

Врахуємо  $z_{\min} = 20$ . Розрахуємо кількість решти зубів:

$$\begin{aligned} z_2 &= z_1 \cdot U_1 = 20 \cdot 1.587 = 31.74 & \sum z_i &= 20 + 32 = 52 \\ z_3 &= \frac{\sum z \cdot U_1'}{1 + U_1'} = \frac{52 \cdot 1.26}{1 + 1.26} = 29 \\ z_4 &= 52 - 29 = 23 \\ z_5 &= \frac{\sum z \cdot U_1''}{1 + U_1''} = \frac{52 \cdot 1}{2} = 26 \\ z_6 &= 52 - 26 = 26 \end{aligned}$$

### II група

Оберемо  $z_{\min} = z_7 = 20$ . Знайдемо кількість решти зубів коліс:

$$\begin{aligned} z_8 &= z_7 \cdot U_2 = 20 \cdot 2 = 40 & \sum z_i &= 40 + 20 = 60 \\ z_9 &= \frac{\sum z \cdot U_2'}{1 + U_2'} = \frac{60 \cdot 1}{1 + 1} = 30 \\ z_{10} &= 60 - 30 = 30 \end{aligned}$$

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

### III група

Оберемо  $z_{\min_{III}} = 18$ .  $z_{11} = 18$

$$z_{12} = z_{11} \cdot U_3 = 18 \cdot 2.52 = 45.36 \quad \sum z_i = 18 + 46 = 64$$

$$z_{14} = \frac{\sum z \cdot U'_3}{1 + U'_3} = \frac{64 \cdot 1.587}{1 + 1.587} = 39$$

$$z_{13} = 64 - 39 = 25$$

### IV група

Оберемо  $z_{\min_{IV}} = 20$ .  $z_{15} = 20$

$$z_{16} = z_{15} \cdot U_4 = 20 \cdot 4 = 80 \quad \sum z_i = 20 + 80 = 100$$

$$z_{18} = \frac{\sum z \cdot U'_4}{1 + U'_4} = \frac{100 \cdot 1.26}{1 + 1.26} = 56$$

$$z_{17} = 100 - 56 = 44$$

Вираховуємо реальні передаточні співвідношення та аналізуємо їх з теоретичними. Дана величина не повинна перевищувати більше 5%:

$$\varepsilon = \frac{|U_{\text{реальне}} - U_{\text{теоретичне}}|}{U_{\text{теоретичне}}} \quad (3.6)$$

Визначаємо дану похибку за формулою (4.8):

$$U_1 = \frac{20}{32} = \frac{1}{1.6}$$

$$\varepsilon = \frac{1.6 - 1.587}{1.6} = 0,00812 < 0.05$$

$$U'_1 = \frac{23}{29} = \frac{1}{1.2608}$$

$$\varepsilon = \frac{|1.2608 - 1.26|}{1.2608} = 0.00026 < 0.05$$

$$U''_1 = \frac{26}{26} = 1.321$$

$$\varepsilon = 0 < 0.05$$

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$U_2 = \frac{20}{40} = \frac{1}{2}$$

$$\varepsilon = 0 < 0.05$$

$$U_2' = \frac{30}{30} = 1$$

$$\varepsilon = 1 < 0.05$$

$$U_3 = \frac{18}{46} = \frac{1}{2.555}$$

$$\varepsilon = \frac{|2.555 - 2.52|}{2.555} = 0.0137 < 0.05$$

$$U_3' = \frac{39}{25} = 1.56$$

$$\varepsilon = \frac{|1.56 - 1.587|}{1.56} = 0.0173 < 0.05$$

$$U_4 = \frac{20}{80} = 0.25$$

$$\varepsilon = \frac{|0.25 - 0.25|}{0.25} = 0 < 0.05$$

$$U_4' = \frac{56}{44} = 1.273$$

$$\varepsilon = \frac{|1.273 - 1.26|}{1.273} = 0.0102 < 0.05$$

Всі отримані дані запишемо у таблицю 3.1:

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Отримані значення передаточних відношень і кількості зубів. Таблиця 3.1

U	Основна група			II-а група		III-а група	
	$U_1 = \frac{1}{1.6}$	$U_1' = \frac{1}{1.2608}$	$U_1'' = 1$	$U_2 = \frac{1}{2}$	$U_2' = 1$	$U_3 = \frac{1}{2.555}$	$U_3' = 1.56$
$\frac{z_i}{z_{i+1}}$	$\frac{20}{32}$	$\frac{23}{29}$	$\frac{26}{26}$	$\frac{20}{40}$	$\frac{30}{30}$	$\frac{18}{46}$	$\frac{39}{25}$
$\sum z$	52			60		64	

U	$U_4 = 1/4$	$U_4' = 1.26$
$\frac{z_i}{z_{i+1}}$	$\frac{20}{80}$	$\frac{56}{44}$
$\sum z$	100	

На основі отриманих результатів будемо оптимальну кінематичну схему приводу головного руху:

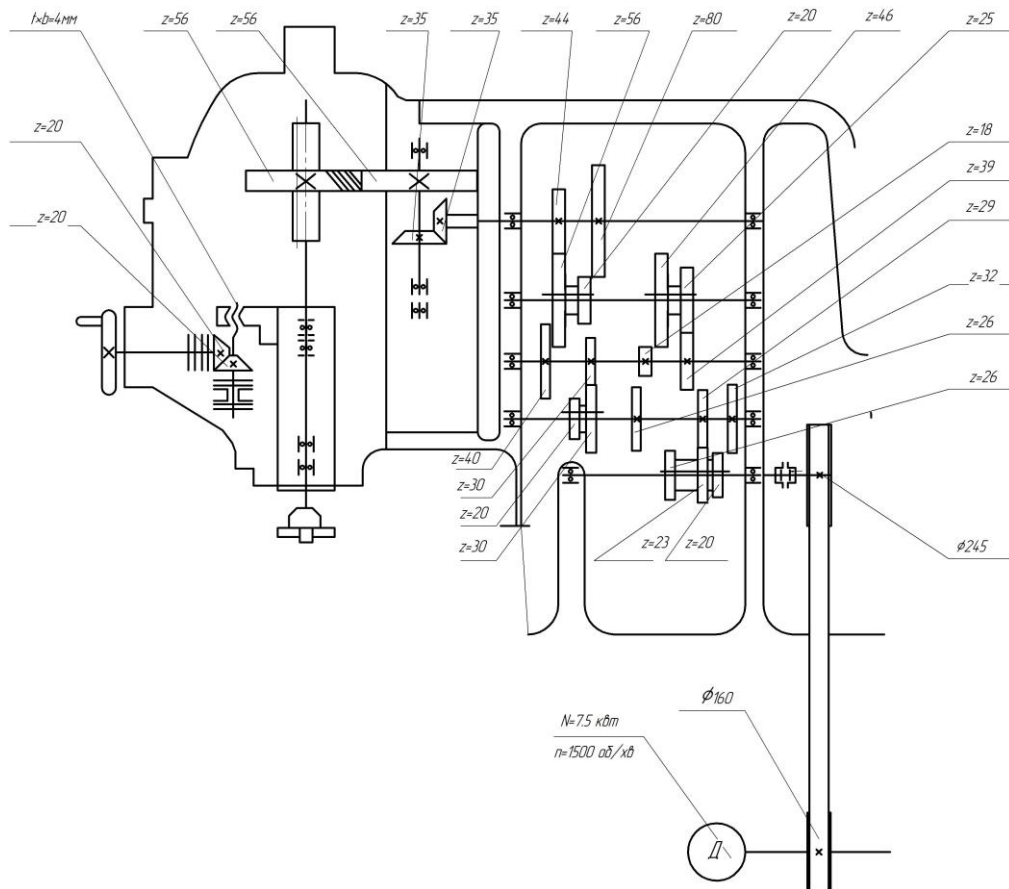


Рисунок 3.4 – Кінематична схема приводу головного руху [3]

					КРБ МВЗс 20-527.00.00.000 ПЗ		Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата			

### 3.2. Конструкція та розрахунок приводу головного руху верстату

Основою силового розрахунку коробки швидкостей є дослідження діаметрів валів за максимальними згинальними і крутними моментами, а також міжосьових відстаней та модулів зубчастих коліс за допустимими напруженнями зубів на контактну міцність.

#### 3.2.1. Визначення міжосьових відстаней та розрахунок модуля

Для визначення міжосьової відстані потрібно визначити розрахункові крутні моменти на валах, а міжосьову відстань розраховувати для передачі, яка передає крутний момент максимальний.

Визначимо максимальні крутні моменти на валах:

$$T_{об.} = 9550 \cdot \frac{N_{дв.} \cdot \eta}{n_{розр.}},$$

де  $N_{дв.} = 7,5$  кВт – номінальна потужність двигуна;

$\eta$  - ККД механізму від електродвигуна до розглядуваного вала;

$n_{розр.}$  - розрахункова частота обертання вала (об/хв);

При виборі розрахункової частоти обертання вала рекомендується брати частоту, яка відповідає вітці 1/3, або 1/4 від  $n_{min}$ .

#### I вал

Крутний момент, що передається від електродвигуна на I вал через пасову передачу, на якому є встановлені пара підшипників. Тому ККД приводу дорівнює:

					КРБ МВЗс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$\eta_I = \eta_1 \cdot \eta_{\text{підш}} = 0,95 \cdot 0,99 = 0,945$$

$\eta_1$  – ККД пасової передачі;

$\eta_{\text{підш}}$  - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка рис 3.3 визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала  $n=960$ об/хв.

$$T_{\text{об.1}} = 9550 \cdot \frac{7,5 \cdot 0,945}{960} = 70,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

### II вал

Момент на другий вал передається від першого вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу дорівнює

$$\eta_{II} = \eta_I \cdot \eta_2 \cdot \eta_{\text{підш}} = 0,945 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,907,$$

де  $\eta_I$  – ККД приводу першого вала;

$\eta_2$  – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{\text{підш}}$  - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка чисел обертів визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала  $n=762$ об/хв

$$T_{\text{об.2}} = 9550 \cdot \frac{7,5 \cdot 0,907}{762} = 85,25 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

### III вал

Момент на третій вал передається від другого вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу

$$\eta_{III} = \eta_{II} \cdot \eta_2 \cdot \eta_{\text{підш}} = 0,907 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,87$$

де  $\eta_{II}$  – ККД приводу другого вала;

$\eta_2$  – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{\text{підш}}$  - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка рис.3.3 визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала  $n=381$  об/хв.

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



$$T_{об.3} = 9550 \cdot \frac{7,5 \cdot 0,87}{381} = 162,85 H \cdot м;$$

#### IV вал

Момент на четвертий вал передається від третього вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу:

$$\eta_{IV} = \eta_{III} \cdot \eta_2 \cdot \eta_{підш} = 0,87 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,835$$

де  $\eta_{III}$  – ККД приводу третього вала;

$\eta_2$  – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{підш}$  - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка рис. 3.3 визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала  $n=605$  об/хв.

$$T_{об.4} = 9550 \cdot \frac{7,5 \cdot 0,87}{605} = 103 H \cdot м;$$

#### V вал

Момент на четвертий вал передається від третього вала через зубчасту передачу і на ньому також є пара підшипників. Тому ККД приводу:

$$\eta_V = \eta_{IV} \cdot \eta_2 \cdot \eta_{підш} = 0,835 \cdot 0,97 \cdot 0,99 = 0,802$$

де  $\eta_{IV}$  – ККД приводу четвертого вала;

$\eta_2$  – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{підш}$  - ККД однієї пари підшипників;

Згідно графіка рис. 3.3 визначаємо розрахункову частоту обертання даного вала  $n=151$  об/хв.

$$T_{об.5} = 9550 \cdot \frac{7,5 \cdot 0,802}{151} = 380,4 H \cdot м;$$

Визначені обертові моменти на валах зводимо в таблицю:

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Розрахункові крутні моменти на валах Таблица 3.2

Вал	I	II	III	IV	V
T <sub>об</sub> , Нм	70,5	85,25	162,85	103	380,4

Отже, міжосьову відстань із врахуванням умови міцності зубців на контактну міцність здійсимо для передачі 20/80 між III і IV валом, яка забезпечує максимальний крутний момент T=380,4 Нм.

Вибираємо матеріал для зубчастих коліс сталь 40X із покращенням. Механічні характеристики сталі зведемо в таблицю:

Механічні властивості сталі 40X. Таблица 3.3

Марка сталі	Границя міцності σ <sub>B</sub> , МПа	Границя текучості σ <sub>T</sub> , МПа	Середня твердість НВ
40X	930	690	270

Міжосьову відстань розраховуємо за формулою:

$$a_w = K_a(u + 1) \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot K_{H\beta}}{[\sigma_H]^2 \cdot u^2 \cdot \psi_{ba}}}$$

де  $K_a=49,5$ ;

$u$  – передаточне відношення,  $u=4$ ;

$T_2$  – момент на веденому валу,  $T_2=380,4$  Нм;

$K_{H\beta}$  – коефіцієнт, що враховує вид навантаження,  $K_{H\beta}=1,1$ ;

$\psi_{ba}$  – коефіцієнт ширини вінця,  $\psi_{ba}=0,25$ ;

$[\sigma_H]$  – допустиме контактне напруження, яке визначається за формулою:

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_{Hlimb} \cdot K_{HL}}{[S_H]}$$

де  $K_{HL}$  – коефіцієнт довговічності,  $K_{HL}=1$ ;

					КРБ МВЗс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$[S_H]$  – коефіцієнт безпеки,  $[S_H]=1,1$ ;

$\sigma_{H \text{ limb}}$  – границя контактної міцності при базовому числі циклів, обчислюється за формулою:

$$\sigma_{H \text{ limb}} = 2HB + 70$$

де HB – середня твердість матеріалу коліс;

$$\sigma_{H \text{ limb}} = 2 \cdot 270 + 70 = 610 \text{ МПа}$$

Визначаємо допустиме контактне напруження:

$$[\sigma_H] = \frac{610 \cdot 1}{1,1} = 560 \text{ МПа}$$

Знаходимо міжосьову відстань:

$$a_w = 43,5 \cdot (4 + 1) \sqrt[3]{\frac{380400 \cdot 1,1}{(560)^2 \cdot 4^2 \cdot 0,3}} = 141,95 \text{ мм}$$

Приймаємо міжосьову відстань  $a_w=142$ мм.

Визначаємо модуль коліс:

$$m = \frac{2 \cdot a_w}{\sum z} = \frac{2 \cdot 150}{20 + 80} = 3 \text{ мм}$$

**Приймаємо модуль всіх коліс коробки швидкостей  $m=3$ мм.**

Решту міжосьових відстаней визначаємо за формулою:

$$a_w = \frac{m \cdot \sum z}{2}$$

де  $m$  – модуль зубів;

$\sum z$  – сума зубів.

Між I та II валом:

$$a_{wI-II} = \frac{3 \cdot 52}{2} = 78 \text{ мм}$$

Між II та III валом:

$$a_{wII-III} = 0,5 \cdot 3 \cdot 60 = 90 \text{ мм}$$

Між III та IV валом:

$$a_{wIII-IV} = 0,5 \cdot 3 \cdot 64 = 96 \text{ мм}$$

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

### 3.2.2. Розрахунок діаметрів валів

Попередні обчислення здійснюємо на кручення за пониженими допустимими напруженнями за формулою:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot [\tau_k]}}$$

де  $T$  – максимальний обертовий момент на валу;

$[\tau_k]$  – допустиме напруження на кручення.

Приймаємо звичення для валів матеріал сталь 40Х, для якої понижене значення  $[\tau_k]=25\text{МПа}$ .

Діаметр першого вала:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 70.5}{3.14 \cdot 25 \cdot 10^6}} = 0.0243\text{м}$$

Отримане значення заокруглюємо до більшого. Приймаємо діаметр шийки першого вала  $d_1=25\text{мм}$ . Решта діаметрів приймаємо конструктивно.

Діаметр другого вала:

$$d_2 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 85.25}{3.14 \cdot 25 \cdot 10^6}} = 0.0268\text{м}$$

Отримане значення заокруглюємо до більшого стандартного. Приймаємо діаметр шийки другого вала  $d_2=26\text{мм}$ . Решта діаметрів приймаємо конструктивно.

Діаметр третього вала:

$$d_3 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 162.85}{3.14 \cdot 25 \cdot 10^6}} = 0.0321\text{м}$$

Отримане значення заокруглюємо до більшого стандартного.. Приймаємо діаметр шийки третього вала  $d_3=35\text{ мм}$ . Решта розмірів визначаємо конструктивно.

Діаметр четвертого вала:

$$d_4 = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 103}{3.14 \cdot 25 \cdot 10^6}} = 0.0276\text{м}$$

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Отримане значення заокруглюємо до більшого стандартного..  
 Приймаємо діаметр шийки третього вала  $d_4=28$  мм. Решта розмірів визначаємо конструктивно.

Для пятого валу проведемо повний розрахунок, в якого  $T_{обХ} = 380.4 Н \cdot м$ , який є найбільшим.

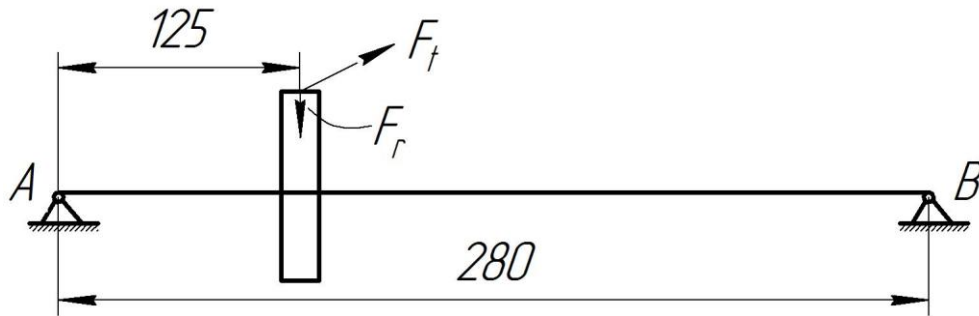


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема

Проведемо розрахунок вала при включенній передачі 20/80

Визначаємо сили в зачепленні:

$$F_{t1} = \frac{2T_{об} \cdot 10^3}{d_1} = \frac{2 \cdot 380.4 \cdot 10^3}{3 \cdot 80} = 3170 Н .$$

$$F_{r1} = 3170 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 3170 \cdot 0.3639 = 1153 Н .$$

**Будуємо епюри згинальних моментів, не визначаючи опорних реакцій**

1. Вертикальна площина.

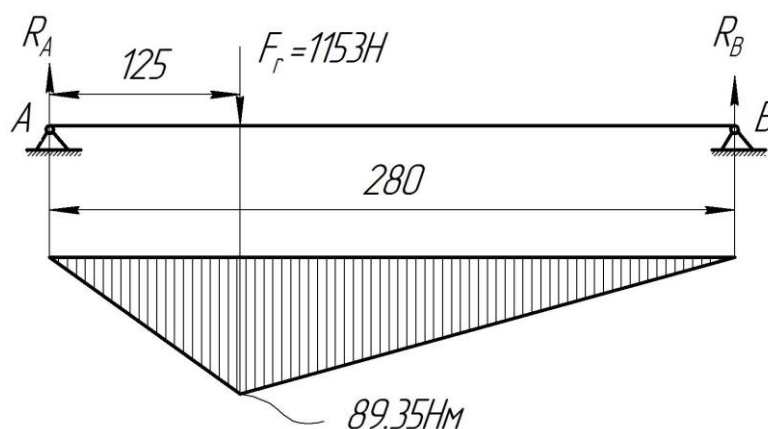


Рисунок 3.6 – Епюра згинальних моментів в вертикальній площині

					КРБ МВЗс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$M_{3\Gamma_{\max}} = 89.35 \text{ Нм}$$

## 2. Горизонтальна площина

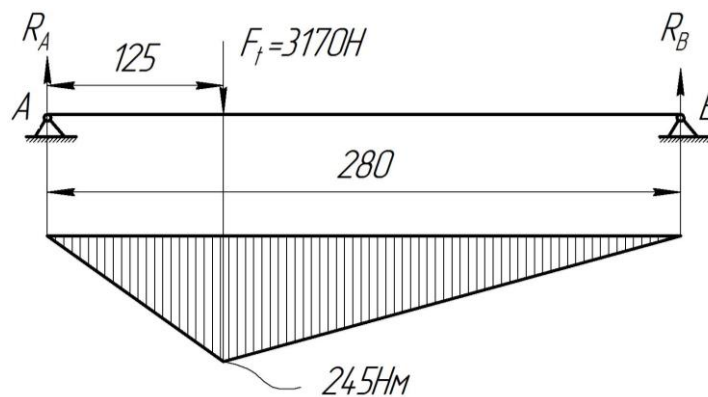


Рисунок 3.7 – Епюра згинальних моментів в горизонтальній площині

$$M_{3z_{MAX}} = 245 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Епюра крутних моментів буде мати вигляд:

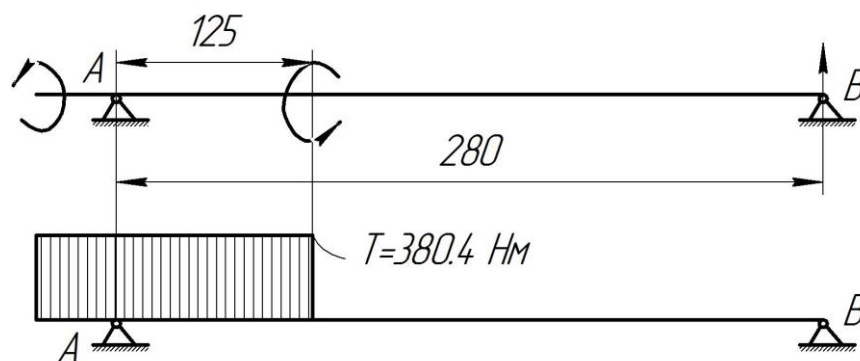


Рисунок 3.8 – Епюра крутних моментів

Визначаємо сумарний згинальний момент:

$$M_{3z_{\text{сум}}} = \sqrt{M_6^2 + M_2^2} = \sqrt{245^2 + 89.35^2} = 261 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо діаметр вала:

$$d = 10 \sqrt{\frac{M_{\text{прив}}}{0.1[\sigma_{3z}]}} \text{, де } [\sigma_{3z}] = 350 \text{ МПа}.$$

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

$$M_{прив} = \sqrt{M_{сум}^2 + 0.39T_{ОБ}^2} = \sqrt{261^2 + 0.39 \cdot 380.4^2} = 352.92 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$d = 10 \sqrt{\frac{352.92}{0.1 \cdot 350 \cdot 10^6}} = 0,0317 \text{ м}.$$

Приймаємо діаметр вала під шестернею 35мм.

Підшипники підбираємо конструктивно. Для всіх валів вибираємо кулькові радіальні підшипники згідно ГОСТ 8338-75.

### Перевірка шпонкових з'єднань на міцність.

Перевіряємо значення міцність шпонкових зєднань маточини колеса на п'ятому валу.

Вихідні дані:

$d_b = 35$  – діаметр валу

$b \times h = 6 \times 6$  – перетин шпонки

$l = 16$  робоча довжина шпонки

$t_1 = 3,5$  – глибина паза по ГОСТ 23360 – 78

кількість шпонок-1шт

Момент на валу:  $M = 380,4 \text{ Н} \times \text{мм}$

Матеріал шпонки: сталь 40ХНГ нормалізована.

Напруження зминання і умова міцності визначається за формулою:

$$\sigma_{см}^{\max} = \frac{2 \cdot 2093}{75(6 - 3,5)(16 - 6)} = 22,3 \text{ МПа};$$

Напруження допустимі

Умова виконана:

$$\sigma_{см}^{\max} < [\sigma_{см}]$$

Н зрізу:

$$\tau = \frac{2 \cdot M}{b \cdot l \cdot d} = \frac{2 \cdot 2093}{6 \cdot 16 \cdot 75} = 5 \text{ МПа}$$

Н зрізу, що допускається  $[\tau] = 50 \text{ МПа}$

Умова виконана:

$$\sigma_{см}^{\max} < [\sigma_{см}]$$

					КРБ МВЗс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

### Перевірка шліцьових з'єднань на міцність

$$\sigma_{см} = \frac{T}{0,75 \cdot z \cdot A_{см} R_{cp}} \leq [\sigma_{см.}]$$

$$[\sigma_{см.}] = 100 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{см1} = \frac{2093}{0,75 \cdot 10 \cdot \left( \frac{35 - 28}{2} - 2 \cdot 0,5 \right) \cdot 56 \cdot 0,25(35 + 28)} = 23,6 \text{ МПа} \leq 100 \text{ МПа}$$

0,75 – для нерівномірності тиску

$$A_{см} = \left( \frac{D - d}{2} - 2f \right) l$$

$$R_{cp} = 0,25(D + d)$$

### 3.2.3. Опис системи мащення

Система змащування коробки швидкостей у вертикально-фрезерному верстаті представлена таким чином:

Резервуар із змащуючою рідиною (маслом) знаходиться в станині верстата там же знаходиться додатковий двигун ІМ2081. Під дією електродвигуна і пластинчастого насоса моделі Г12-2м, масло подається в систему. Змащування коліс і підшипників відбувається поливом.

Масло – «індустріальне 20», ГОСТ 1707 – 51.

Визначення продуктивності насоса:

$$Q = 35 \cdot \frac{N_{mp.}}{t_m} = \frac{[N_{ном.} \cdot (1 - \eta)]}{t_m} = \frac{[7,5(1 - 0,76)]}{45} = 1,4 \text{ дм}^3 / \text{мин},$$

де  $t_g = 450$  – температура

$N_{дв} = 7,5 \text{ кВт}$  – потужність приводу.

$\eta = 0,8$  – ККД приводу.

$QH = 3 \text{ л./мин.}$  Вибираємо пластинчастий насос.

Діаметр трубок:  $d = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{3}{2}} = 6 \text{ мм}$

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



Визначуваний об'єм бака:  $V = (4 \div 5) \cdot Q_H = 5 \cdot 3 = 15 \text{ л}$ .

### 3.2.4. Система управління

Система управління вертикально-фрезерного верстата в даному варіанті реалізована як однодискова. Переваги цієї схеми очевидні: простота виконання, зручність використання, надійність. Дана схема широко застосовується.

Для проектування дискової системи управління необхідно:

- 1) скласти структурну формулу коробки;
- 2) скласти структурну таблицю коробки;
- 3) побудувати структурну сітку коробки

Після вибору кінематичної схеми механізму управління, положення кожного блоку зв'язується з положенням відповідних рейкових штовхальників. Кут цс повороту диска, відповідний перемиканню між сусідніми рівнями чисел зворотів, в спрощеному варіанті визначається залежністю:  $\varphi = \frac{360^\circ}{z_k}$ .

Для переміщення перевідних вилок використовуються пари штовхачів. Тоді як один з штовхачів йде вправо, входивши в отвір перфорованого диска, інший переміщається вліво під дією зубчастої передачі. На кожну пару штовхачів припадає одна перевідна вилка перемикальна свій блок. Штовхачі для перемикання потрібного блоку мають три рівні, подвійного – дві. І на перфорованому диску для цих штовхачів є відповідно по два і одному типові отворів.

Механізм повороту диска представлений у вигляді конічної передачі сполученою з рукояткою перемикання швидкостей на якій виставляється певна кількість зворотів шпинделя. Механізм відведення і підведення перфорованого диска має вигляд рейкової передачі, сполученої нижче з довгою зігнутою рукояткою.

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

## 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Згідно ГОСТ 12.0.003-79 небезпечним виробничим фактором, називають фактор, дія якого на працівника призводить до травми чи до неочікуваного погіршення здоров'я.

Небезпечний виробничий фактор призводить до травм, а шкідливий виробничий фактор призводить до професійного захворювання. При вірній організації робочого місця дія небезпечного виробничого фактора зводиться до мінімуму. Робоче місце це зона прикладання праці окремого робітника чи групи робітників, в якій розташовані матеріально-технічні засоби виробництва.

Організація робочого місця – комплекс організаційних заходів, що забезпечують раціональний трудовий процес та ефективне використання засобів та предметів праці. Для вірної організації робочого місця необхідно забезпечити:

1. Вірне планування робочого місця та раціональне оснащення його відповідним сучасним обладнанням та технологічною оснасткою.
2. Оптимальне просторове положення матеріальних засобів виробництва.
3. Раціональне кольорове фарбування обладнання.
4. Нормоване освітлення робочого місця.

При плануванні робочого місця необхідно передбачити:

- 1) Можливість виконання раціональних рухів, що необхідні для виконання трудового процесу;
- 2) Найбільш економне використання виробничої площі та скорочення шляхів переміщення робітника під час транспортування деталі;

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	<i>Лім</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		Франчук Т.М.				<i>Н</i>		18
<i>Перевір.</i>		Ярема І.Т.						
<i>Рецензент</i>								
<i>Н. контр.</i>		Кобельник В.Р.						
<i>Зав. каф.</i>		Кобельник В.Р.						
						ТНТУ, гр. МВзс-41		

3) Раціональне розташування обладнання та оснастки відповідно до послідовності технологічного процесу.

4) Загальні фізіологічні та антропометричні данні людини(зріст, розмах рук та інше).

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.

Для обмеження засліплюючої дії відбитого світла яскравість допускається значеннями від 500 кД/м<sup>2</sup> (для поверхні  $\theta > 0,2$  м<sup>2</sup>) і до 2500 кД/м<sup>2</sup> (для  $\theta < 0,01$  м<sup>2</sup>).

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 - Норми освітлення

Лампи розжарювання			Газорозрядні лампи				
Освітленість, ЛК			Коеф. запас у 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

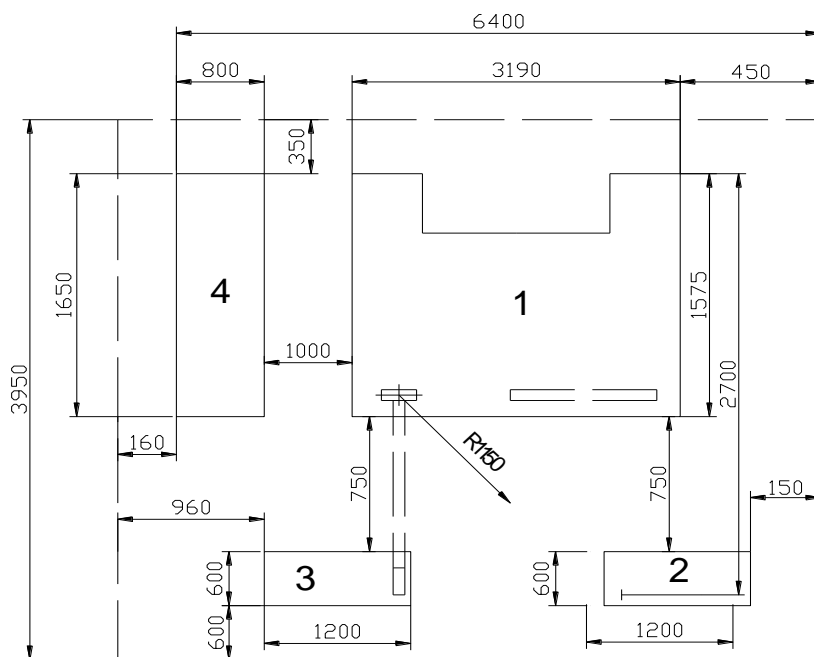


Рис. 5.1. Робоче місце.

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

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ		Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата			

Найбільшу небезпеку виникнення променевого тепла представляє розплавлений або нагрітий до високих температур метал. Передача тепла може проходити шляхом конвекції, теплопровідності і випромінювання. Перенос тепла відбувається: при конвекції – рухливою середою (потокami повітря, пару або рідини); при теплопровідності – передачею тепла в твердих тілах; при випромінюванні – інтенсивними інфрачервоними променями, котрі безпосередньо повітря не нагрівають, але при поглинанні їх твердими тілами променева енергія переходить в теплову. Нагріті тверді тіла стають джерелами тепла і шляхом конвекції нагрівають повітря в приміщенні.

Дія променевого тепла не завершується змінами, які відбуваються на опромінюваній ділянці шкіри, – на опромінювання реагує весь організм. В організмі виникають біохімічні зміни, настають порушення в серцево-судинній і нервовій системах. При довгочасній дії інфрачервоних променів виникає катаракта очей.

Променева енергія, як і безпосередній контакт з розплавленим або нагрітим металом, може викликати теплові опіки, які по степеню ураження розділяються на три види.

Санітарними нормами передбачено технологічні процеси і промислове обладнання приймати таким, щоб виділення в повітря приміщень, атмосферу і в стічні води були відсутніми або мінімальними шкідливих або неприємно пахучих речовин, тепла і вологи, а також пилу.

Здійснення необхідних міроприємств належить проводити замінюючи шкідливі речовини в промисловості нешкідливими або менш шкідливими; сухі способи переробки пилових матеріалів – мокрими; полум'яний нагрів – електричним; тверде і рідке паливо – газоподібним, а також використовуючи герметизацію і максимальне ущільнення стиків і з'єднань в технологічному обладнанні і трубопроводах – для упередження виділення шкідливостей в процесі виробництва; теплоізоляцію нагрітих поверхонь обладнання,

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

повітропроводів і трубопроводів; укриття погрузочних ємностей механічного транспорту; використовуючи гідропневмотранспортування при транспортуванні пилових матеріалів.

Одним з основних міроприємств по оптимізації параметрів мікроклімату і складу повітря в промислових приміщеннях є забезпечення належного повітрообміну.

Для того щоб створити в промислових приміщеннях нормальні метеорологічні умови, видалити з них шкідливі гази і пари, пил необхідно правильно спроектувати і правильним способом експлуатувати вентиляційну систему (ГОСТ 12.4.021-75).

Робота вентиляційної системи в комплексі з вибором технологічних процесів по ГОСТ 12.3.002-75 і промислового обладнання, відповідаючим вимогам ГОСТ 12.2.003-74, повинна забезпечувати на постійних робочих місцях, в робочій і обслуговуваній зонах приміщення метеорологічні умови і чистоту повітряного середовища, відповідаючим діючим санітарним нормам.

Разом з тим вентиляція повинна забезпечувати умови, що відповідають вимогам технологічного процесу, збереження обладнання і конструкцій будівлі. Встановлення вентиляції в виробничих і допоміжних приміщеннях промислових підприємств є обов'язковим.

Вентиляція по способу переміщення повітря поділяється на природну і механічну. Можливе їх суміщення – змішана вентиляція.

Природна вентиляція поділяється на *аерацію* і *прівітрювання*.

По характеру обхвату приміщення розрізняють загальнообмінну і місцеву вентиляцію; можливе також поєднання цих двох видів вентиляції.

По часу дії – постійно діючу і аварійну. Система вентиляції повинна забезпечувати нормальний склад повітря в виробничих приміщеннях і бути раціональною при якомога менших затратах на її встановлення і експлуатацію.

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Правильно підібрана система вентиляції повинна очищувати приміщення від пилу, газу і пари, які виділяються при виробничих процесах. Тому необхідно визначити місця можливих виділення вказаних шкідливостей і обладнати їх місцевими витяжками. Слід мати на увазі, що обмежуватися лише засобами місцевої витяжної вентиляції не можна, присутність загальнообмінної вентиляції обов'язково.

Природна вентиляція здійснюється під дією різниці температур і ваги повітря виробничих приміщень, а також вітрового примусу. Застосування природної вентиляції потребує розміщення обладнання перпендикулярно повздовжнім стінам для забезпечення вільного руху повітряних потоків.

Провітрювання приміщень проводять, відкриваючи квартирки і фрамуги в вікнах і світлових фонарях; це періодично діюча природна вентиляція. Повітрообмін в холодний період року допускається не більше однократного в годину. При цьому необхідно слідкувати, щоб не було пониження температури повітря всередині приміщення нижче розрахункової, появи туману і конденсації водяних парів на поверхні стін, покритті, стекол.

Санітарними нормами встановлено, що об'єм промислових приміщень на одного працюючого повинен складати не менше 15 м<sup>3</sup>, а площа приміщень – не менше 4,5 м<sup>2</sup>. В промислових приміщеннях з об'ємом до 20 м<sup>3</sup> на одного працюючого при відсутності забруднення повітря промисловими шкідливостями вентиляція повинна забезпечувати подачу зовнішнього повітря в кількості не менше 30 м<sup>3</sup> в годину на кожного працюючого, а в приміщеннях з об'ємом 20 м<sup>3</sup> на одного працюючого – не менше 20 м<sup>3</sup> в годину. В приміщеннях з об'ємом більше 40 м<sup>3</sup> на одного працюючого при наявності вікон і фонарів допускається періодично відкривати створи вікон і фонарів для природної вентиляції. В усіх вказаних випадках при цьому повинні бути забезпечені норми по температурі і вологості повітря в виробничих приміщеннях.

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Якщо в виробничому приміщенні виділяються тепло, волога, шкідливі речовини, пари, газы, пил то проводиться розрахунок повітрообміну з ціллю обґрунтування вибору системи вентиляції.

Отже, приймаємо систему вентиляції з допомогою аерації, для цього при проектуванні будівлі слід передбачити два ряди фрамуг. Приток повітря в приміщення приймається в теплий період року на висоті не більше 1,8 м від підлоги, а в холодний не менше 4 м від підлоги, щоб забезпечити кращий повітрообмін, попередити дію холодного повітря на працюючих і виключити можливість простудних захворювань.

Оскільки розряд виконуваних робіт в виробничому приміщенні – Пб з незначним виділенням явного тепла, то прийняті параметри мікроклімату за ГОСТ 12.1.005-88.

1) В теплий період року:

температура повітря (оптимальна)	–	20-22 °С;
температура повітря (допустима)	–	18-20 °С;
відносна вологість (оптимальна)	–	60-40 %;
відносна вологість (допустима)	–	не вище

75%;

швидкість руху повітря (не більше) (оптимальна)	–	0,4 м/с.
швидкість руху повітря (не більше) (допустима)	–	0,3-0,7 м/с.

1) В холодний і перехідний періоди року:

температура повітря (оптимальна)	–	17-20 °С;
температура повітря (допустима)	–	15-21 °С;
відносна вологість (оптимальна)	–	60-40 %;
відносна вологість (допустима)	–	не вище

75%;

швидкість руху повітря (не більше) (оптимальна)	–	0,3 м/с.
швидкість руху повітря (не більше) (допустима)	–	0,4 м/с.

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		



## ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі:

- проведено аналіз формоутворення оброблюваних поверхонь і вибрано раціональні схеми обробки;
- проведено аналіз деталі на технологічність та вибрано оптимальну заготовку для виготовлення даної деталі.
- розроблено оптимальний технологічний процес для деталі «Кронштейн 22.17.337» та проведено вибір металообробного обладнання а також різального та вимірювального інструменту;
- проведено розрахунок оптимальних режимів різання, норм часу та побудовано графіки завантаження та використання обладнання;
- розроблено оптимальні структурно-кінематичну та кінематичну схеми верстату для операції 035 вертикально-фрезерна;
- проведено повний кінематичний та силовий розрахунок коробки швидкостей верстату. Діапазон регулювання коробки швидкостей  $D=65$ , кількість ступенів регулювання  $z=119$ ;
- обґрунтовано розроблені технічні рішення відповідно до вимог охорони праці та безпеки життєдіяльності.

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Франчук Т.М..			Висновки	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Ярема І.Т.				<i>Н</i>		<i>1</i>
<i>Рецензент</i>						ТНТУ, гр. МВзс-41		
<i>Н. контр.</i>		Кобельник В.Р.						
<i>Зав. каф.</i>		Кобельник В.Р.						

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Крижанівський В. А., Кузнецов Ю. М., Валявський І. А., Складар Р. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою. – Кіровоград, 2004. – 449с.
2. Кузнецов Ю. М., Складар Р. А., Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Складар; 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. The influence of titanium as a desferoidizing element on the stability of production of magnesium cast irons with compacted graphite / V. Aulin, V. Kropivny, A. Senyk [et all] // Tribology in Industry. - Kragujevac : University of Kragujevac, 2021. - Vol. 43. - № 4. - P. 654-666.
5. Марки сталі – розшифровка, маркування, таблиця [Електронний ресурс]. –2020.
6. Грінченко Г. С. АЛГОРИТМ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТОЧНІСТЮ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НАВЕРСТАТАХ 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.
7. Theoretical and Experimental Substantiation of Angle Orientation of Rolling Bushings of Roller and Bushing Chains / P. Kryvyu, P. Kryvynsryu, V. Bodnar, I. Sotnyk, A. Senyk. // Paper no. MSEC 2007-31211 International Manufacturing Science and Engineering conference. Oktober 15-18, 2007, Atlanta, Georgia, USA, pp.623-627.

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ			
<i>Зм</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Франчук Т.М.			Перелік посилань	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Ярема І.Т.				<i>Н</i>		18
<i>Рецензент</i>						ТНТУ, гр. МВзс-41		
<i>Н. контр.</i>		Кобельник В.Р.						
<i>Зав. каф.</i>		Кобельник В.Р.						

8. Формування на плоских поверхнях віброобточуванням регулярного мікрорельєфа з підвищеним ступенем перекриття / П.Д. Кривий, Н.П. Кашуба, А.А. Сенік, П.П. Кривінський // Збірник наукових праць “Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем” ДДМА. – Краматорськ, 2011. - Вип. №29, – С.138-145
9. Кривий П. Д. Конструкторсько-технологічне забезпечення підвищеної якості згортних втулок : монографія / Кривий П. Д., Сенік А. А. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 232 с.
10. Кухарський О. М., Куцак І. В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». Тернопіль, 2001. 280 с.
11. Ревнівцев М. П., Паршина Н. П. Режими різання на металообробних верстатах у машинобудуванні. Київ: А.С.К., 2006. 416с.
12. Калькулятор режимів різання "Walter" [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mac.walter-tools.com/#menu/home>
13. Державки с клиновым прихватом для тригональных пластин [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iscar.com/eCatalog/item.aspx?cat=3601316&fnum=287&map p=IS&app=44&GFSTYP=m&isoD=1&lang=HK#>.
14. 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&map p=ML&ap p=69&GF STYP=M&lang=HK>.
15. 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

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

навчання / Укл.: Кальченко В. І., Кологойда А. В., Следнікова О. С.  
Чернігів: ЧНТУ, 2016. – 111 с.

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

17.Дубиняк С. А., Нагорняк С. Г., Дубецький І. Д. Розрахунок передач,  
валів, муфт і тягових пристроїв металорізальних верстатів. Методичні  
рекомендації по курсовому та дипломному проектуванні МРВ для  
студентів спеціальності 0501 –Тернопіль. – 1981. – 62 с.

18.Дементій Л. В. Охорона праці в механічних та складальних цехах / Л.  
В. Дементій, С. А. Гончарова. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – 312 с.

19.Жидецький В. Ц., Джигирей В. С. Практикум з охорони праці:  
навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000 – 352 с.

					КРБ МВзс 20-527.00.00.000 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата		