

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

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

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня

**бакалавр**

(назва освітнього ступеня)

на тему: ***«Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі  
«Ролик 2612.22»***

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МВс-41  
спеціальності \_\_\_\_\_

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Радь А.М.  
(прізвище та ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Скляр Р.А.  
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кобельник В.Р.  
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кобельник В.Р.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Тернопіль 2023

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Кобельник В.Р.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Бакалавра  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування  
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Радь Андрій Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатно-інструментальне забезпечення обробки деталі  
«Ролик 2612.22».

Керівник роботи Склярів Руслан Анатолійович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Термін подання студентом завершеної роботи До 17 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі «Ролик 2612.22», технологічний процес,  
Механічної обробки деталі, паспорт токарного верстату

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)  
Аналіз завдання на проектування, характеристика деталі, огляд літератури. Технологічний розділ. Розрахунок режимів різання однієї технологічної операції. Верстатне та інструментальне забезпечення технологічних операцій. Конструкторський розділ. Розробка кінематичної схеми верстату (опис кінематичної схеми верстату) або конструювання вузла верстату. Питання, що стосуються безпеки життєдіяльності та основ охорони праці»

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
Креслення деталі – 1 арк. ф. А1. Розрахунково-технологічна карта - 1 арк. ф. А1  
Кінематична схема верстата, що забезпечує технологічний процес - 1 арк. ф. А.1  
Загальний вигляд проєктованого верстату 1 арк. ф.А1  
Складальне креслення коробки приводу головного руху – 1 арк. ф.А1.  
Привід опори та повздовжнього переміщення – 1 арк. ф.А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.	к.т. н., доц. Окіпний І.Б.		
Нормоконтроль	к.т.н., зав. каф. ВІ Кобельник В.Р.		

7. Дата видачі завдання 20.01.2023

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	до 31.01.2023	
2	Технологічна частина	до 25.02.2023	
3	Конструкторська частина	до 20.04.2023	
4	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці.	до 25.05.2023	
5	Оформлення переліку посилань	до 1.06.2023	
6	Оформлення реферату та змісту роботи.	до 5.06.2023	
7	Остаточне оформлення графічної частини	до 8.06.2023	
8	Остаточне оформлення пояснюючої записки	до 15.06.2023	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Радь А.М.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Склярів Р.А.

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## Анотація

Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Ролик 2612.22»  
// Кваліфікаційна робота бакалавра. Радь Андрій Миколайович. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВс-41.: ТНТУ, 2023.

Ключові слова: ролик, механічна обробка, режими різання, коробка швидкостей.

В кваліфікаційній роботі приведені технологічні розрахунки на операцію «Токарна з ЧПК» для деталі «Ролик 2612.22». Розроблено кінематичну схему верстата. Здійснено конструювання приводу головного руху. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

## Annotation

Rad A. M. Machine and instrumental support of the part "Roller 2612.22" processing. Thesis for the bachelor's degree of specialty 133 - Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2023.

Key words: roller, machining, cutting modes, gearbox.

In the bachelor's thesis the technological calculations for the technological operation "Turning with CNC" for the part "Roller 2612.22" are given. The kinematic scheme of the machine is developed. The construction of the main motion drive has been completed. Issues of labor protection and life safety have been resolved.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Радь А.М.</i>			<i>Анотація</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</i>					4	1
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник В. Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>						

## Зміст

<b>ВСТУП</b> .....	<b>7</b>
<b>1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА</b> .....	<b>9</b>
1.1 Аналіз завдання .....	9
1.2 Характеристика об'єкту виробництва .....	12
1.3 Огляд літератури .....	14
<b>2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	<b>15</b>
2.1 Особливості запропонованого ТП обробки та вибраного обладнання .....	15
2.2 Розрахунок режимів різання для технологічної операції .....	16
2.3 Верстатне забезпечення технологічної операції.....	21
2.4 Інструментальне забезпечення технологічної операції .....	22
<b>3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</b> .....	<b>25</b>
3.1 Розробка кінематичної схеми верстату.....	25
3.1.1 Підбір двигуна для верстатів з ЧПК: особливості та критерії вибору .....	25
3.1.2 Розрахунок граничних частот обертання шпинделя верстату .....	26
3.1.3 Вибір електродвигуна приводу головного руху .....	28
3.1.4 Визначення діапазону регулювання приводу .....	29
3.1.5 Визначення передаточних відношень та чисел зубів коробки швидкостей .....	31
3.2 Конструювання коробки приводу головного руху.....	33
3.2.1 Розрахунок найбільш навантаженого валу.....	33
3.2.2 Розрахунок найбільш навантаженої передачі коробки швидкостей .....	39
3.2.3 Розрахунок найбільш навантаженого зубчастого зачеплення .....	41
3.2.4 Розрахунок шліцевого з'єднання.....	43
3.2.5 Розрахунок пасової передачі.....	43
3.2.6 Розрахунок підшипників .....	46

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Радь А.М.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</i>			5	22	
<i>Реценз.</i>					<i>ЗМІСТ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>			<i>ТНТУ ім. І. Пулюя</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>			<i>гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		

<b>4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>48</b>
4.1 Пил як один з найшкідливіших факторів виробничого середовища.....	48
4.2 Вимоги ергономіки до організації робочого місця оператора ЧПК 16К20Ф3 .....	49
4.3 Забруднення повітряного середовища шкідливими речовинами .....	51
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>53</b>
<b>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>55</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>58</b>

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## ВСТУП

Машинобудування та верстатобудування вважають галузями, які сприяють розвитку практично всіх секторів економіки. Вони забезпечують виробництво засобів які застосовуються в інших секторах економіки. Машинобудівні підприємства створюють засоби виробництва для автомобільної, літакобудівної, суднобудівної, нафтогазової та інших галузей.

Машинобудування та верстатобудування вважають галузями які здатні залучити велику кількість інвестицій в розвиток економіки. Створивши сучасне висококонкурентне обладнання можна підвищити експортні доходи країни та підтримати розвиток інших галузей.

Часто саме машинобудівна галузь стає джерелом інновацій та різноманітних технологічних вдосконалень, які потім знаходять практичне використання в інших галузях економіки.

В сучасних умовах виробництва обробка деталей є надзвичайно важливою стадією, яка визначає якість та ефективність виробничого процесу. Обробка деталей зазвичай включає в себе різноманітні технологічні операції, серед яких вирізняють токарні, фрезерні, свердлувальні, шліфувальні роботи та інші. Виконання цих технологічних операцій передбачає використання технологічного обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК). Такі верстати дозволяють автоматизувати процес обробки та знизити витрати робочого часу. Також при виготовленні деталей можуть використовуватися спеціальні інструменти, які дозволяють досягти високої точності та якості обробки.

В представленій кваліфікаційній роботі ми розглянемо особливості використання верстатів та інструментів для досягнення необхідної якості та точності обробки деталі представника.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ВСТУП</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Радь А.М.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник В. Р.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						7	2
					<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль</i>		

Надзвичайно перспективним є використання CAD-CAM систем у верстатобудівній галузі. Вони дозволяють здійснити автоматизацію та оптимізацію процесів проектування при виробництві машин та їх окремих деталей [21].

При проектуванні металорізальних верстатів особлива роль відводиться прогнозуванню, яке дозволяє покращити їх ефективність, якість, а також сприяє розвитку інновацій в галузі. Завдяки прогнозуванню можна встановити оптимальні параметри верстату, такі як швидкість різання, величина подачі, визначити оптимальні параметри різання [7,17,16].

Використання сучасних CAD-CAM систем дозволяє розробити ефективний ТП, зробити його більш точним та економічним. Це досягається за рахунок встановлення оптимальних параметрів різання, швидкості подачі, а також вибору оптимального обладнання та технологічного оснащення.

Інформаційні технології дозволяють створити конкурентоспроможне виробництво, вони використовуються на всіх етапах життєвого циклу виробів.

Метою даної роботи є вивчення особливостей та можливостей верстатного та інструментального забезпечення, яке використовується для обробки деталі класу «Ролик 2612.22».

**Структура і обсяг роботи.** Представлена кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів та основних висновків. Записка містить \_\_\_ аркушів пояснювального матеріалу, \_\_\_ рисунків та \_\_\_ таблиць. При виконанні роботи використано різноманітну спеціалізовану літературу, а також публікації з мережі Internet. Перелік літератури містить \_\_\_ найменувань, які розміщені на \_\_\_ сторінках, а також \_\_\_ додатків на \_\_\_ сторінках. Загальний обсяг роботи становить \_\_\_ сторінок.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		8



# 1. АНАЛІТИЧНИЙ ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз завдання

Як відомо, тип виробництва встановлюється на основі річної програми випуску, яка становить  $N_{\text{річ}} = 3500$  шт/рік, що передбачено завданням. Така кількість деталей відповідає середньосерійному типу виробництва [8].

Деталь «Ролик 2612.22» - це важлива компонента пасової передачі, вона використовується для передачі обертового руху від однієї частини машини до іншої, на рис. 1.1 приведено її загальний вигляд.

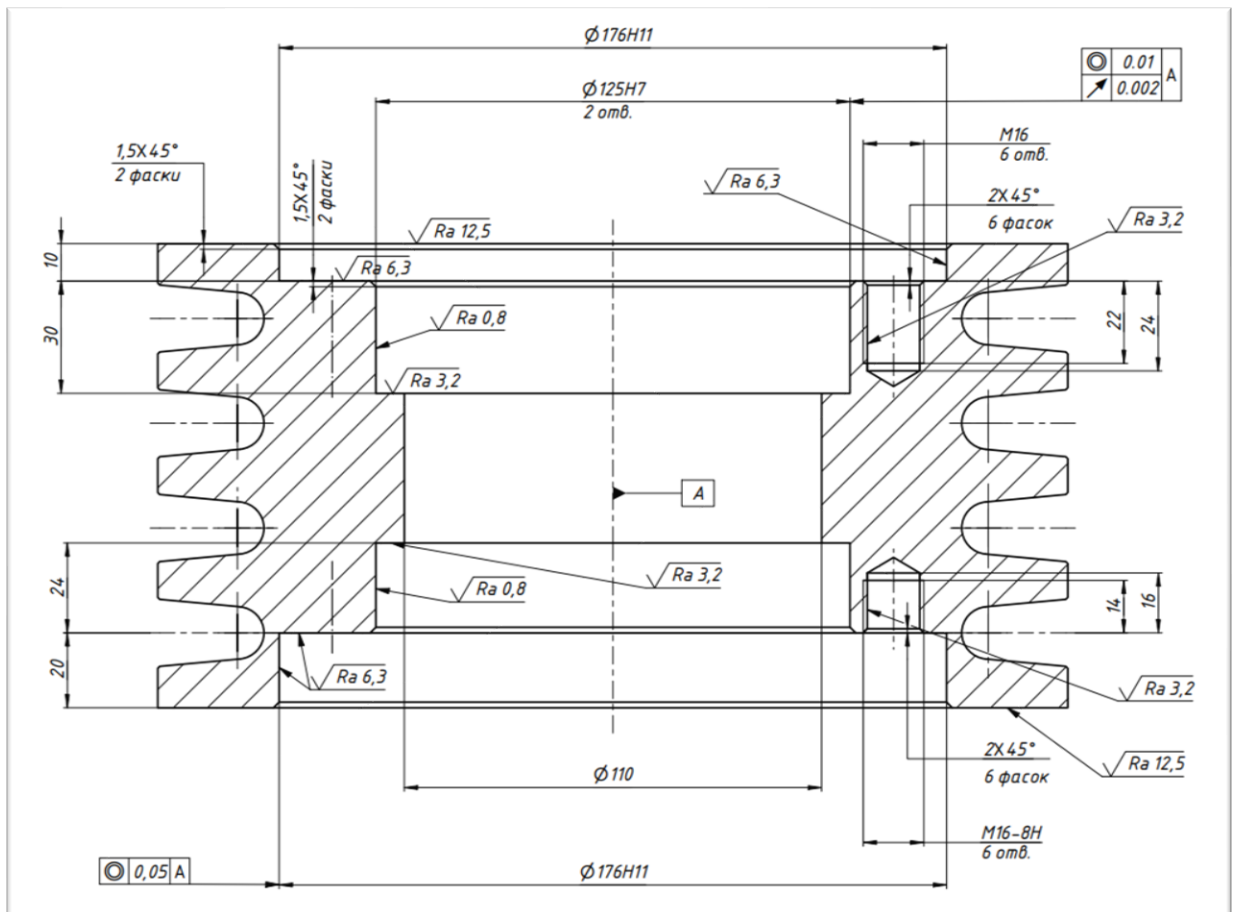


Рис. 1.1. Загальний вид деталі «Ролик 2612.22»

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Разроб.		Радь А.М.			Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Склярів Р.А.				9	7
Реценз.					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль		
Н. Контр.		Кодельник В. Р.					
Затверд.		Кодельник В.Р.					
АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА							

Як видно з рис. 1.1. деталь має циліндричну форму з фігурними канавками на зовнішній поверхні, що забезпечує надійне зчеплення з ременем або ланцюгом. Центральний отвір з уступами по боках призначений для кріплення ролика на валу.

На бічній стороні ролика (рис. 1.2) з обох боків розміщено по 6 різьбових отворів. Така форма деталі дозволяє забезпечити надійне її кріплення на валу та забезпечити стійкість до обертання.

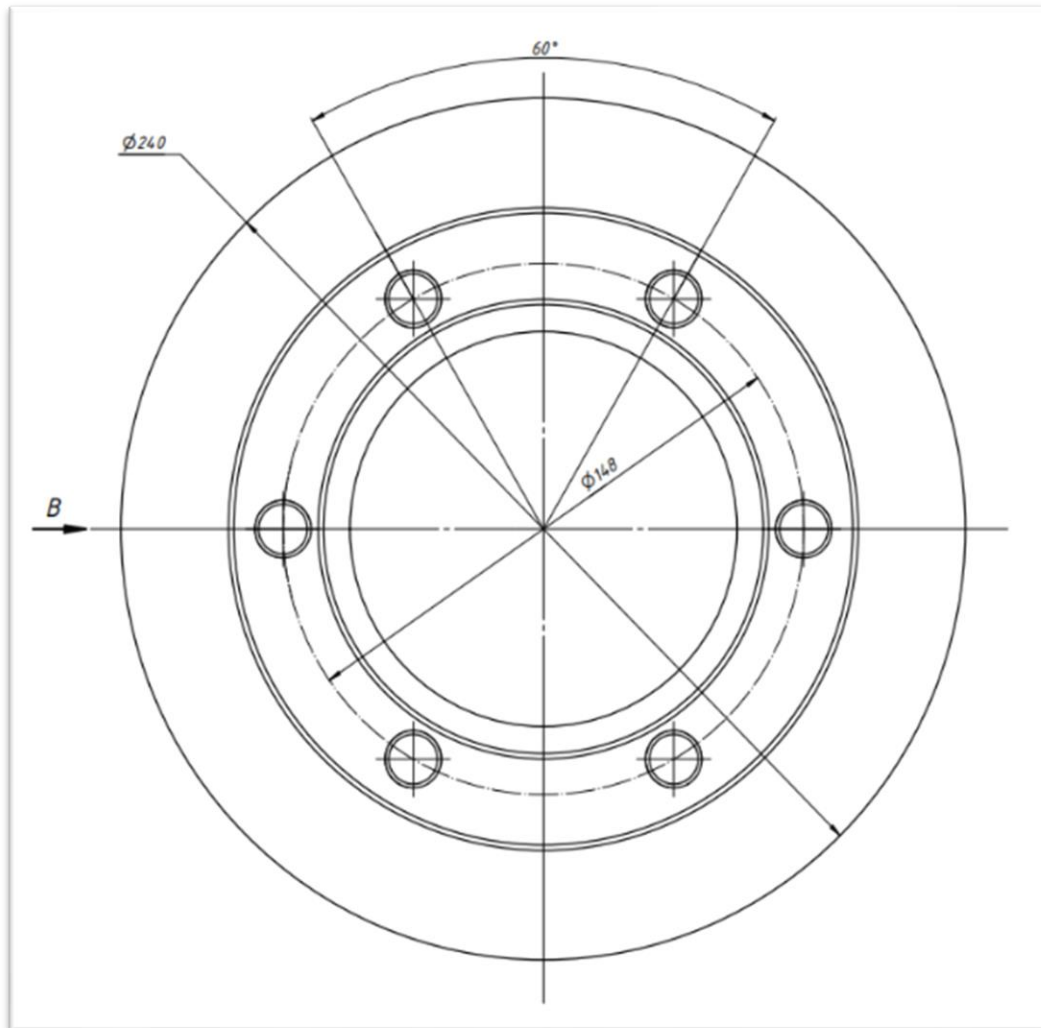


Рис. 1.2. Вид зверху деталі «Ролик»

За формою, конструктивними та технологічними ознаками у відповідності до класифікатора ЄСКД [15], деталь «Ролик 2612.22» відноситься до класу 71 – тіла обертання типу шків.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Досліджуючи креслення даної деталі з точки зору якості поверхонь, можна зазначити, що вона має дуже високі вимоги до геометричних та технологічних параметрів основних поверхонь, що обробляються механічно. Особливу увагу слід звернути на два отвори, що служать для посадки підшипників, а також на два отвори, що служать для посадки паса. Вони мають досить жорсткі вимоги до допусків співвісності, радіального биття, відхилення кута та радіусна дна. Допоміжні поверхні деталі містять різьбові отвори, вони вимагають високої якості обробки, оскільки на них встановлюються кріпильні гвинти, що забезпечують надійне кріплення деталі.

Для аналізу конструктивних особливостей деталі розробимо ескіз деталі з нумерацією основних позицій поверхонь (рис. 1.3).

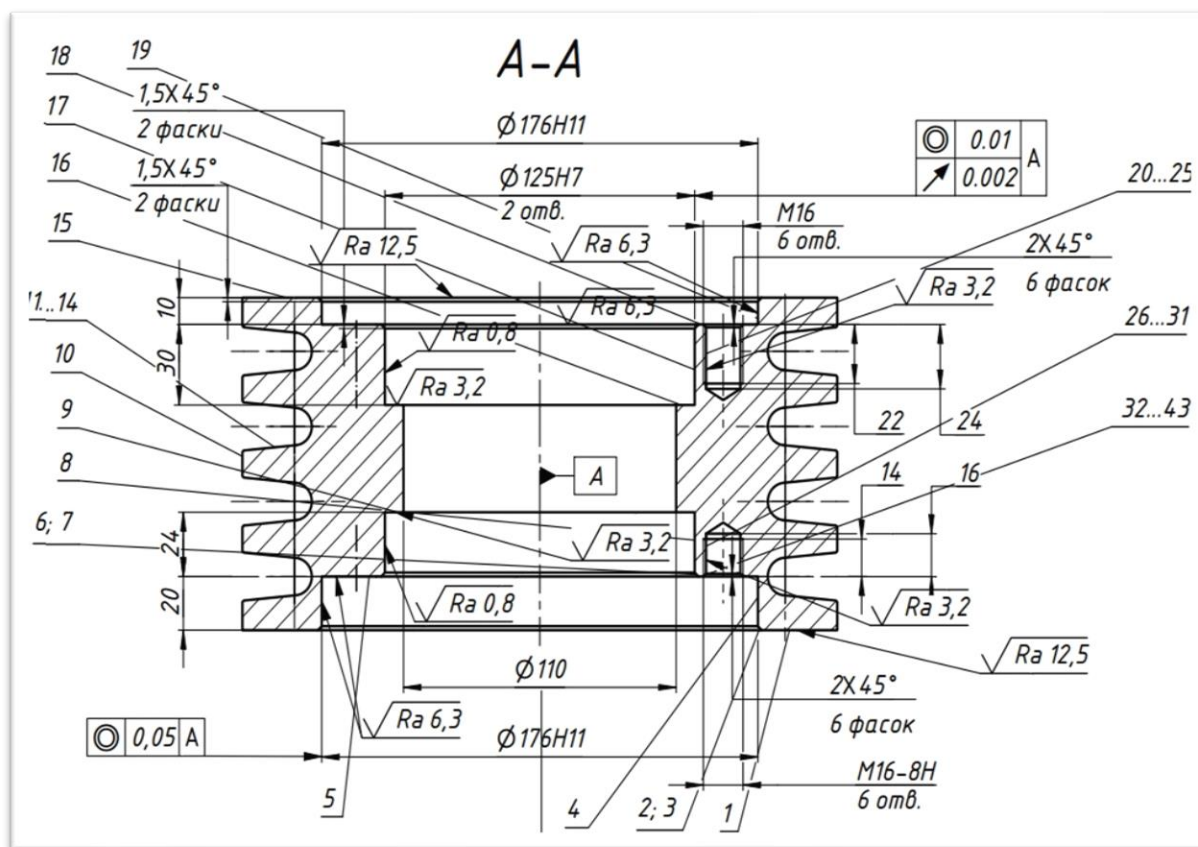


Рис. 1.3. Основні оброблювані поверхні деталі «Ролик 2612.22»

Проведемо аналіз технічних вимог виготовлення основних поверхонь деталі «Ролик 2612.22» та вкажемо спосіб їх отримання, результати якого зводимо в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1. Аналіз технічних вимог щодо виготовлення деталі «Ролик 2612.22»

Позначення поверхні (поверхонь)	Зміст технічної вимоги	Метод обробки
1;15	124h14; Ra 12,5	Точіння
2;3, 6;7	1,5 45° ; Ra 12,5	Розточування
4;5, 18;19	Ø176H11; Ra 6,3; 20H14;10H14	Розточування подвійне
8;17	Ø125H7; Ra 0,8	Розточування тонке
9;16	24H14; 30H14; Ra 3,2	Розточування чистове
10	Ø240h14; Ra 12,5	Точіння
11...14	18h14; 99h14; R7h14; ∠5,3°; 11h14; 28±JT 14/2; Ra 3,2	Виточування чистове
20...25; 26...31	M16-8H; 24H14; 16H14; 22H4; 14H14; Ra 3,2; Ø148±JT14/2; ∠60°	Центрування, свердління, нарізання різі мітчиком
32...43	2×45°; Ra 6,3	Зенкування

## 1.2 Характеристика об'єкту виробництва

У відповідності до виданого завдання деталь «Ролик 2612.22» виготовляється з матеріалу Сталь 20Л ДСТУ EN 10027-1. Її хімічний склад та механічні властивості [4] приведені відповідно в таблиці 1.2 та таблиці 1.3.

Таблиця 1.2. Хімічний склад Сталь 20Л

Масова частка елемента, %				
Вуглець (C)	Марганець (Mn)	Кремній (Si)	Фосфор (P)	Сірка (S)
			Не більше	
0,17-0,25	0,45-0,90	0,2-0,52	0,06	0,06

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таблиця 1.3. Механічні властивостей Сталь 20Л

Межа плинності $\delta_T$ , МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Тимчасовий опір $\delta_B$ , МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Відносне видовження $\delta$ , %	Відносне звуження $\psi$ , %	Ударна в'язкість КСУ. кДж/м <sup>2</sup> )
Не менше ніж				
216	412	22	35	491

Сталь 20Л має широке застосування при виготовленні деталей, які можуть мати різне функціональне призначення. Даний матеріал може працювати в широкому діапазоні температур  $t = 40 \dots 450^\circ\text{C}$ , що дозволяє використовувати його в різних умовах та середовищах.

Для забезпечення обробки деталі «Ролик 2612.22», згідно з базовим ТП, на ділянці повинні знаходитись токарний, свердлильний та розточувальний верстат. В таблиці 1.4. наведено перелік основних технологічних операцій та обладнання, яке при цьому буде використовуватись.

Таблиця 1.4. Базовий ТП виготовлення деталі «Ролик 2612.22»

Операція	Обладнання	Зміст операції
005 Токарна	1E61MT	Точіння поверхонь, розточування отворів і уступів.
010 Токарна	1E61MT	Розточування фасок і отворів, виточування канавок.
015 Токарна	1E61MT	Точіння торця, розточування отворів і уступів, розточування фасок і отворів.
020 Свердлильна	VC610 START MILL	Центрування, свердління отворів, зенкування фасок, нарізання різі в отворах
025 Свердлильна	VC610 START MILL	Свердління отворів, зенкування фасок, нарізання різі в отворах
030 Алмазно-розточна	2A78	Розточування отворів.
035 Алмазно-розточна	2A78	Розточування отвору.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

### 1.3 Огляд літератури

В роботі [5] розглянуті питання, що стосуються особливостей обробки деталей типу тіл обертання великого типорозміру на обробних центрах та токарних верстатах з ЧПК. Обробка таких деталей передбачає використання спеціальних технологій.

Про важливість використання CAD/CAM систем при обробці деталей на обробних центрах та токарних верстатах з ЧПК вказав у своїй праці Peter Smid, він зокрема дав детальний огляд технологій ЧПК та особливостей їх застосування [19].

В роботі [9] розглянуто питання використання сучасних CAD-CAM систем стосовно верстатів з ЧПК. Зокрема здійснено аналіз використання таких систем на машинобудівних підприємствах України. Підприємства надають переваги таким системам як Autodesk Inventor, SolidWorks та CATIA, дещо менше застосування мають системи ESPRIT та CAD-система NX.

Цікавою також є праця Mike Mattson [18], в якій автор описав технології ЧПК та розглянув можливість їх застосування для обробки деталей типу тіла обертання. Книга також містить огляд різних методів та технік, які використовуються для підготовки та обробки деталей, включаючи програмування, вибір інструментів та різання, а також налаштування обладнання та порядок здійснення контролю якості обробки.

Дослідження проведені вітчизняними фахівцями показали, що ефективність застосування верстатів з ЧПК здебільшого визначається рівнем якості технологічного оснащення [5]. Зокрема вони відзначають роль верстатних пристроїв, а також ріжучого та допоміжного інструменту. Багато уваги приділяється питанням швидкодії верстатних пристроїв, особливо при затиску деталей та їх розтиску.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Особливості запропонованого ТП обробки та вибраного обладнання

Аналіз базового технологічного процесу дозволив виявити недоліки базового маршруту обробки. Дані недоліки можна ефективно вирішити з використанням більш продуктивного обладнання та методів обробки поверхонь. Тому для забезпечення ефективної та якісної обробки циліндричних деталей слід орієнтуватися на сучасні технології та використовувати оптимальні методи та режими обробки.

В таблиці 2.1 наведено розроблений маршрут механічної обробки деталі типу «Ролик 2612.22» з використанням сучасного обладнання з ЧПК. Для цього пропонується застосувати токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3 та свердлильний верстат VC610 START MILL. При цьому використання спеціалізованого алмазно-розточувального верстату 2E78Л дозволить досягти необхідної якості обробки поверхні деталі.

Таблиця 2.1. Запропонований ТП обробки деталі «Ролик 2612.22»

№	Назва технологічної операції	Обладнання
005	Токарна з ЧПК	16K20Ф3
010	Токарна з ЧПК	16K20Ф3
015	015 Свердлильна з ЧПК	VC610 START MILL
020	030 Алмазно-розточна	2E78Л
025	030 Алмазно-розточна	2E78Л

Операція 005 Токарна з ЧПК передбачає: точіння торця (15); циліндра (10); розточування отворів і уступів (19), (18), (17) та (16); розточування фасок і отворів (3), (19), (7) та (17); розточування отвору (17), проточування канавок (11...14); а також притуплення гострих кромки.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Радь А.М.</i>			<i>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</i>					<i>15</i>	<i>10</i>
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ ім. І. Пулюя</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кодельник В. Р.</i>				<i>гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>						

Операція 010 Токарна з ЧПК передбачає: точіння торця (1); розточування отворів і уступів (4), (5), (8) та (9); розточування фасок і отворів (2), (4) (6) та (8); розточування отвору (8); притуплення гострих кромки.

Операція 015 Свердлильна з ЧПК передбачає: центрування та свердління отворів (20...25); зенкування фасок (32...37); нарізання метричної різі в отворах (20...25); переустановлення заготовки зворотнім боком; центрування та свердління отворів (26...31); зенкування фасок (38...43); нарізання метричної різі в отворах (26...31).

Операція 020 Алмазно-розточна передбачає: розточування отвору (4) остаточно.

Операція 025 Алмазно-розточна передбачає: розточування отвору (17) остаточно.

При розробці ТП будуть враховані особливості матеріалу заготовки деталі, її конструктивне та функціональне призначення.

## 2.2 Розрахунок режимів різання для технологічної операції

В кваліфікаційній роботі проведемо аналітичний розрахунок режимів різання для операції 005 Токарна з ЧПК. Даний тип розрахунку буде проведено для першого переходу, а для всіх наступних переходів буде використовуватись табличний метод.

Розрахуємо аналітичним методом технологічний перехід який передбачає точіння торця (15), витримуючи розмір  $125,6_{-0,6}$ . Для даного переходу буде застосовуватись різець HCLNL 2525M0904 з механічним кріпленням 4-х граної пластини CNMG 090408 FT, матеріалу пластинки - TT8125, вона призначена для точіння сталей.

### Режими різання:

Для початку встановимо глибину різання:

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



$$t = \frac{D - d}{2}, (\text{мм}) \quad (2.1)$$

де  $D$  – діаметр оброблюваної поверхні,  $D = 128,6$  мм (згідно креслення деталі);  
 $d$  – діаметр обробленої поверхні,  $d = 125,6$  мм (згідно креслення деталі).

Підставивши дані, отримуємо:

$$t = \frac{128,6 - 125,6}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

Наступним кроком призначаємо подачу різця (мм/об) [13]:

$$S_o = 0,4 \text{ мм/об}$$

Також нам необхідно прийняти період стійкості різця [13]:

$$T = 90 \text{ хв}$$

Проведемо розрахунок швидкість різання  $V$  за формулою [13]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_y} \cdot K_v, (\text{м/хв}) \quad (2.2)$$

де  $C_v, x, y, m$  – коефіцієнти, які характеризують матеріали обробки і різця та величину подачі:  $C_v = 340$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ ;  $m = 0,20$  [13]

Коефіцієнт  $K_v$ , що входить до виразу (2.2) обчислюємо за формулою:

$$K_v = K_{mV} \cdot K_{uV} \cdot K_{nV} \quad (2.3)$$

де  $K_{mV}$  – стосується властивостей матеріалу ( $K_{mV} = 1,0$ );

$K_{uV}$  - стосується матеріалу ріжучої частини інструменту ( $K_{uV} = 0,8$ );

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$K_{nV}$  – стосується стану поверхні матеріалу ( $K_{nV} = 0,8$ ).

Тоді розрахуємо:

$$K_v = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 0,64$$

$$V = \frac{340}{90^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,4^{0,45}} \cdot 0,64 = 128 \text{ м/хв}$$

Типова методика передбачає подальший розрахунок частоти обертання шпинделя [13]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, (\text{об/хв}) \quad (2.4)$$

де  $V$  – розрахункове значення швидкості різання,  $V = 128$  м/хв;

$D$  – діаметр оброблюваної поверхні,  $D = 128,6$  мм;

Після підстановки значень отримуємо:

$$n = \frac{1000 \cdot 128}{3,14 \cdot 128,6} = 324,5 \text{ об/хв}$$

Згідно існуючих рекомендацій приймається найближча менша частота обертання, яка становить  $n = 320$  об/хв

Далі нам слід визначити фактичну швидкість різання  $V_\phi$ , її значення обчислимо за виразом [6]:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, (\text{м/хв}) \quad (2.5)$$

$$V_\phi = \frac{3,14 \cdot 128,6 \cdot 320}{1000} = 129,2 \text{ (м/хв)}$$

Також нам необхідно здійснити розрахунок потужності, яку потрібно забезпечити для виконання процесу різання [13]:

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$N = \frac{P_Z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60}, \text{кВт} \quad (2.6)$$

де:  $V_\phi$  – значення фактичної швидкості різання,  $V_\phi = 129,2$  м/хв;

$P_Z$  – тангенціальна складова сили різання Н, її визначаємо на основі аналітичного розрахунку, а всі складові для її обчислення обираємо з посібника [13]:

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.7)$$

де:  $C_p, x, y, n$  – константа та табличні показники, що характеризують конкретні умови обробки, їх слід обрати з посібника [13]:  $C_p = 384$ ;  $x = 0,90$ ;  $y = 0,90$ ;  $n = -0,15$

$K_p$  – характеризує фактичні умови різання, її розрахунок здійснюється на наступним виразом [13]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.8)$$

де  $K_{mp}$  – показник, ко дозволяє враховувати вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності ( $K_{mp} = 0,74$ ).

$$K_{\phi p} = 0,9 ; K_{\gamma p} = 1,1 ; K_{\lambda p} = 1 ; K_{rp} = 1$$

$$K_p = 0,74 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,73$$

Обчислюване значення тангенціальної складової сили різання буде становити:

$$P_Z = 10 \cdot 384 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,4^{0,9} \cdot 129,2^{-0,15} \cdot 0,73 = 833,1 \text{ Н}$$

Тоді потужності буде становити:

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$N = \frac{833,1 \cdot 129,2}{1020 \cdot 60} = 1,75 \text{ кВт}$$

Використовувана методика обчислень передбачає перевірку отриманого значення на достатність в порівнянні із потужністю приводу базового металорізального верстату [13]:

$$N_e \leq N_{\text{шп}} \quad (2.9)$$

При цьому потужність на шпинделі верстату  $N_{\text{шп}}$  будемо обчислювати за виразом:

$$N_{\text{шп}} = N_d \cdot \eta \quad (2.10)$$

де:  $N_d = 10$  кВт, на основі паспорту верстату;

$\eta$  - ККД верстату,  $\eta = 0,85$ .

Прийняті на попередньому етапі дані підставляємо у вираз:

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,85 = 8,5 \text{ кВт.}$$

Оскільки умова  $1,75 \leq 8,5$  виконується, тому обробка можлива.

Для розрахунку режимів різання на Операцію 010 токарна з ЧПК використаємо он-лайн калькулятор обчислення режимів різання [22], результати обчислення відображені на рис. 2.1.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		20



<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <b>P</b> </div> Нелегована сталь C ≤ 0,25 % відпалена (HB 125, Rm 428 N/mm <sup>2</sup> )		Діаметр заготовки <b>124.00</b> <small>Dc   mm</small>	Швидкість різання <b>156</b> <small>vc   m/min</small>	Частота обертання, об/хв <b>401</b> <small>n   RPM</small>
Глибина різання <b>1.60</b> <small>ap   mm</small>	Головний кут в плані <b>90</b> <small>k   °</small>	Подача на оберт <b>0.40</b> <small>fn   mm/rev</small>	Хвилинна подача <b>160</b> <small>vf   mm/min</small>	Довжина обробки <b>37</b> <small>lm   mm</small>
Передній кут <b>10</b> <small>γ   °</small>	ККД верстата <b>85</b> <small>η   %</small>	Фактор зносу <b>10</b> <small>%</small>	Формули розрахунку <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> <math>f_x</math> </div>	
		Швидкість різання 1366.35 Fc   N Питомне знімання матеріалу 98.44 cm <sup>3</sup> /min Час обробки 13.88 секунд Момент 71.11 Mc   Nm Потужність 3.51 Pmot   Kw		

Рис 2.1. Результати розрахунків

Для всіх інших переходів та технологічних операцій режими різання обчислюються за аналогічною методикою [13] та за допомогою або за допомогою он-лайн калькулятора [22], їх результати зводимо в таблицю, яка приведена в Додатку А.

### 2.3 Верстатне забезпечення технологічної операції

При розробці та проектуванні ТП важливо не лише правильно підібрати обладнання за видом обробки та його службовим призначенням, але й врахувати такі фактори, як продуктивність верстату, наявність певних функцій та можливостей (наприклад, наявність систем ЧПК), а також комплектацію додатковими пристроями.

Також слід врахувати наявність на підприємстві ріжучих інструментів, його забезпеченість матеріалами та запчастинами для обслуговування та ремонту обладнання.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Виходячи з приведених вище міркувань та враховуючи конструкцію деталі, для здійснення ТП обробки деталі «Ролик 2612.22», будемо використовувемо наступні моделі металорізальних верстатів:

- 005 Токарна з ЧПК – верстат моделі 16K20Ф3;
- 010 Токарна з ЧПК – верстат моделі 16K20Ф3;
- 015 Свердлильна з ЧПК – верстат моделі VC610 START MILL;
- 020 Алмазно-розточувальна – верстат моделі 2E78Л;
- 025 Алмазно-розточувальна – верстат моделі 2E78Л;

Детальні технічні характеристики призначеного обладнання приведені в додатку Б.

## 2.4 Інструментальне забезпечення технологічної операції

Враховуючи конкретні вимоги до деталі, яка повинна оброблятися, здійснюємо призначення ріжучого інструменту. При цьому будемо використовувати високоякісний інструмент, що відповідає вимогам якості. В процесі вибору інструменту будемо враховувати тип матеріалу деталі, її розміри та геометрію.

Здійснимо вибір інструментального забезпечення для виконання операції 005 Токарна з ЧПК.

Для даної операції обираємо різець токарний: HCLNL 2525M0904 з механічним кріпленням пластини CNMG 090408 FT, TT 8125 [20]. Зовнішній вигляд інструменту та його основні характеристики приведені на рис. 2.2.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Функціональна висота (HF)	25
Висота (H)	25
Ширина (B)	25
Функціональна довжина (LF)	150
Довжина головки (LH)	22
Функціональна ширина (WF)	32

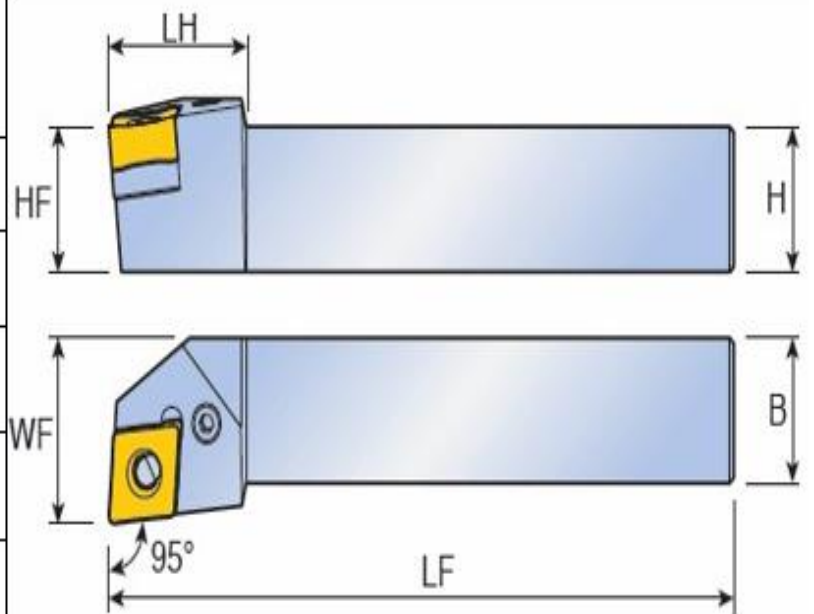


Рис 2.2. Розміри та вид різця HCLNL 2525M0904

Також при виконанні даної операції використовується різець токарний: TTEL 2525-5T12 з механічним кріпленням пластини TDXU 8E-0,8; TT9080 [20]. Його зовнішній вигляд та основні технічні характеристики знайшли відображення на рис. 2.3.

Ширина різання (CW)	5
Висота хвостовика (H)	25
Ширина хвостовика (B)	25
Загальна довжина (OAL)	150
Довжина головки (LH)	35
Функціональна ширина (WF)	23,10
Макс. глибина різання (CDX)	12

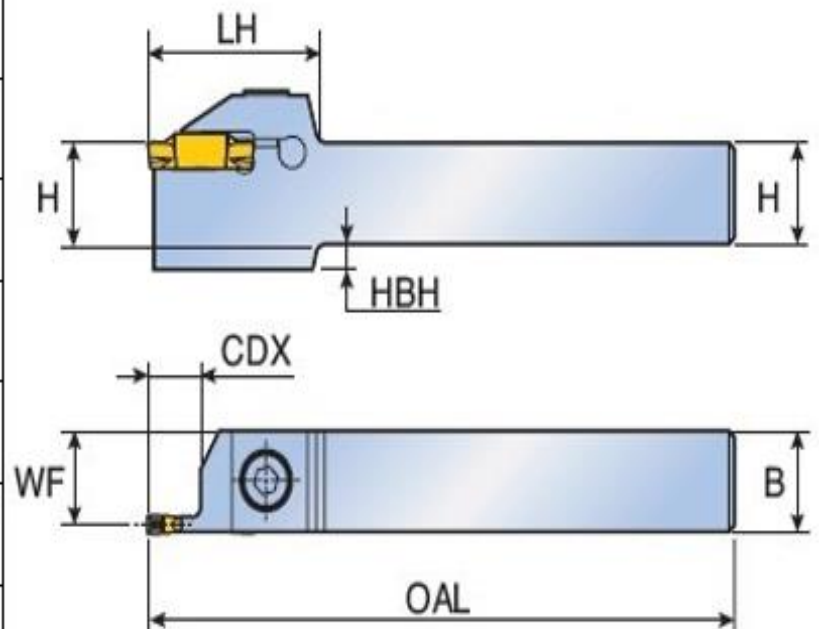


Рис 2.3. Розміри та вигляд різця TTEL 2525-5T12

У відповідності до ТП операція 005 Токарна з ЧПК передбачає використання токарного розточного різця з пластинами з твердого сплаву Т5К10. Його загальний вигляд та приведено на рис. 2.4.

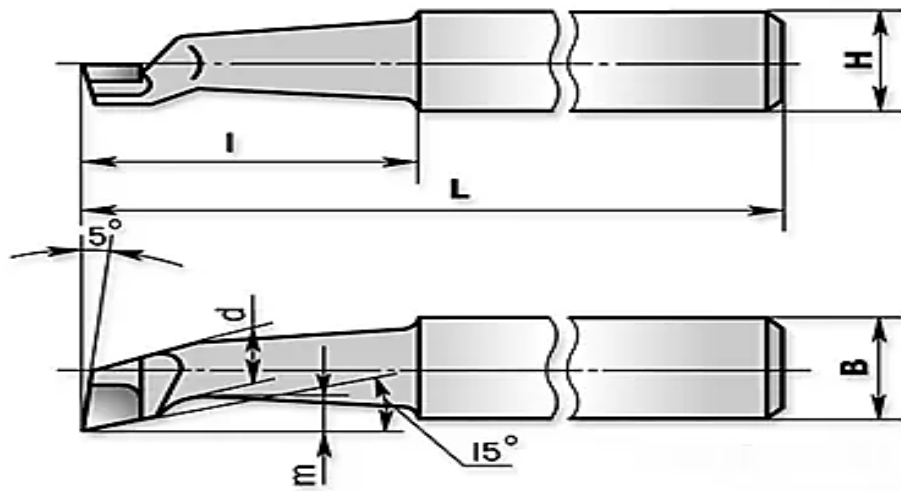


Рис. 2.4. Вигляд розточного різця

При виконанні операції 005 Токарна з ЧПК передбачено використання вимірювального інструменту, а саме:

- Штангенциркуль  $O = 300$ ;  $0.05$  *DIN* 862;
- Штангенциркуль  $O = 200$ ;  $0,05$  *DIN* 862;
- Штангенциркуль  $O = 200$ ;  $0,05$  *DIN* 862, шаблон  $\angle 45^\circ$ ;
- Калібр-пробка однобічний і однограничний  
 ПР  $\varnothing 124,9H8$ ; HE  $\varnothing 124.9H8$  *DIN* 7164;
- Калібр комплексний.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



### 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розробка кінематичної схеми верстату

##### 3.1.1 Підбір двигуна для верстатів з ЧПК: особливості та критерії вибору

Верстати з ЧПК є знаходять широке використання в багатьох галузях промисловості, їх вважають ефективними засобами, які дозволяють проводити високопродуктивну обробку деталей з необхідними вимогами якості поверхонь.

Конструкція цього виду обладнання передбачає використання в якості приводів двигунів постійного струму (ДПС), які здатні забезпечити високу точність регулювання швидкості обертання виконавчих вузлів та необхідний крутний момент.

Практика показує, що при виборі двигуна для верстатів з ЧПК необхідно враховувати деякі особливості [6]:

- значення прийнятої потужності ДПС повинне бути достатнім для забезпечення процесу обробки;
- якщо обраний для верстату ДПС має дуже великий запас по потужності, то його потужність слід понизити, оскільки це може привести до зайвих витрат на енергію;
- обраний ДПС повинен забезпечити необхідні граничні максимальні оберти двигуна;
- слід узгодити вибраному модель ДПС із системою керування верстатом.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Радь А.М.</i>			<i>КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</i>					25	24
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кабельник В. Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Кабельник В.Р.</i>						

### 3.1.2 Розрахунок граничних частот обертання шпинделя верстата

Виходячи із загальноприйнятих рекомендацій [2, 14] для верстатів з ЧПК доцільно застосовувати приводи із безступінчастим регулюванням. Це дозволяє здійснювати точне налаштування оптимальної швидкості різання та здійснювати її регулювання в процесі обробки, що дозволить значно підвищити продуктивність верстату. Для безступінчастого регулювання швидкості рекомендується використовувати приводи з двигуном постійного струму.

Для верстатів з ЧПК використовуються ДПС, які мають змогу працювати з постійною потужністю в діапазоні 1000/6500 об/хв [2].

Для визначення діапазону регулювання приводу необхідно розрахувати нижню та верхню межі чисел обертів шпинделя. Ці параметри можуть бути обчислені на основі максимальної та мінімальної швидкостей різання, які в свою чергу залежать від таких чинників як оброблювані діаметри, матеріал та власне безпосередні умови різання.

Для розрахунку швидкості різання ми використаємо вираз (2.2), розглянемо можливість обробки деталі із сталі, чавуну та міді. Розглянемо два варіанти – чистова та чорнова обробка.

Для обчислення слід підібрати значення коефіцієнтів [13], що входять до розрахункового виразу, вони приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Вибрані для обчислень значення коефіцієнтів

Оброблюваний матеріал	Чистова обробка				Чорнова обробка			
	$C_v$	$t$	$x$	$y$	$C_v$	$t$	$x$	$y$
Сталь	420	0,20	0,15	0,20	340	0,20	0,15	0,45
Сірий чавун	292	0,20	0,15	0,20	243	0,20	0,15	0,40
Мідь	270	0,23	0,12	0,25	182	0,23	0,12	0,30

Також для розрахунків необхідно попередньо прийняти значення стійкості інструменту  $T$ , глибини різання  $t$ , подачі різця  $S$ . Їх ми також обираємо на основі довідникових таблиць [13], прийняті значення приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Прийняті значення для розрахунків

Чистова обробка		Чорнова обробка	
Діаметр	$D_{min} = 30$ мм	Діаметр	$D_{max} = 400$ мм
Глибина різання	$t = 0,4$ мм	Глибина різання	$t = 4$ мм
Величина подачі	$S = 0,05$ мм/об	Величина подачі	$S = 0,8$ мм/об
Стійкість інструменту	$T = 90$ хв	Стійкість інструменту	$T = 90$ хв

Здійснивши підстановку обраних значень та табличних коефіцієнтів проведемо обчислення граничних значень швидкості, результати зведемо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3. Результати розрахунку

Чистова обробка		Чорнова обробка	
Матеріал	$V_{max}$ значення швидкості, м/хв	Матеріал	$V_{min}$ значення швидкості, м/хв
Сталь	228,28	Сталь	76,72
Сірий чавун	168,63	Сірий чавун	54,83
Мідь	144,71	Мідь	28,42

Для здійснення подальших розрахунків обираємо найменше та найбільше значення швидкості різання, вони відповідно становлять:

$$V_{min} = 37,22 \text{ м/хв}$$

$$V_{max} = 293,77 \text{ м/хв}$$

Проведемо обчислення значення верхньої та нижньої межі чисел обертів шпинделя, для цього скористаємось виразами [2]:

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot V_{min}}{\pi \cdot D_{max}} \text{ (об/хв)} \quad (3.1)$$

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot V_{max}}{\pi \cdot D_{min}} \text{ (об/хв)} \quad (3.2)$$

Підставивши числа будемо мати:

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot 37,18}{3,14 \cdot 400} = 22,3 \text{ об/хв}$$

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot 228,28}{3,14 \cdot 30} = 2423,3 \text{ об/хв}$$

Згідно рекомендацій для подальших обчислень слід обрати найближчі стандартні значення, які відповідно становлять:

$$n_{min} = 20 \text{ об/хв}$$

$$n_{max} = 2500 \text{ об/хв}$$

### 3.1.3 Вибір електродвигуна приводу головного руху

Обрана для обчислень методика передбачає підбір електродвигуна по потужності різання та ККД приводу. Для обчислень скористаємось виразом [11]:

$$N_{дв.} = \frac{N_{еф}}{\eta}, \text{ кВт} \quad (3.3)$$

де,  $N_{еф}$  – ефективна потужність різання, приймаємо  $N_{еф} = 8,45$  кВт;

$\eta$  – ККД ланцюга головного руху,  $\eta = 0,80$  [11].

Підставивши значення отримаємо:

$$N_{дв.} = \frac{8,45}{0,8} = 10,56 \text{ кВт}$$

Прийmemo  $N_{дв.} = 11$  кВт.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

В результаті проведених обчислень обираємо двигун МР132М, номінальна потужність якого становить  $N_{\text{НОМ}} = 11$  кВт. При цьому обраний двигун забезпечує номінальну кількість обертів  $n_{\text{НОМ}} = 1000$  об/хв та максимальну кількість обертів  $n_{\text{max}} = 3500$  об/хв.

### 3.1.4 Визначення діапазону регулювання приводу

Для визначення діапазону регулювання приводу ми використаємо дані з попередніх розрахунків, а саме:

$$n_{\text{min}} = 20 \text{ об/хв,}$$

$$n_{\text{max}} = 2500 \frac{\text{об}}{\text{хв}};$$

$$N_{\text{НОМ}} = 11 \text{ кВт,}$$

$$n_{\text{НОМ}} = 1000 \text{ об/хв,}$$

$$n_{\text{max}} = 3500 \text{ об/хв.}$$

Розрахунки проводимо у відповідності до загальновідомої методики [14].

Так діапазон регулювання приводу визначається [14]:

$$R = \frac{n_{\text{max}}}{n_{\text{min}}} \quad (3.4)$$

Після підстановки отримаємо:

$$R = \frac{2500}{20} = 125$$

Як покази проведені обчислення розраховане значення знаходиться в допустимих межах для даного верстату [2].

Проведемо розрахунок проміжних значень частот обертання. Для цього слід скористатись методикою, що передбачає врахування експлуатаційних умов, у відповідності до яких приймається знаменник геометричного ряду  $\varphi$  [2]. Приймаємо  $\varphi = 1,26$ .

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

На основі попередньо розрахованого значення діапазону регулювання чисел оборотів шпинделя  $R$  і прийнятого знаменника геометричного ряду  $\varphi$ , визначаємо число ступенів швидкості шпинделя [2]:

$$z = 1 + \frac{\lg R}{\lg \varphi} \quad (3.5)$$

Розрахункове значення буде становити:

$$z = 1 + \frac{\lg 125}{\lg 1,26} = 22$$

Далі обираємо ряд частот обертання та будуємо графік частот обертання, його зображення приведене на рис. 3.1.

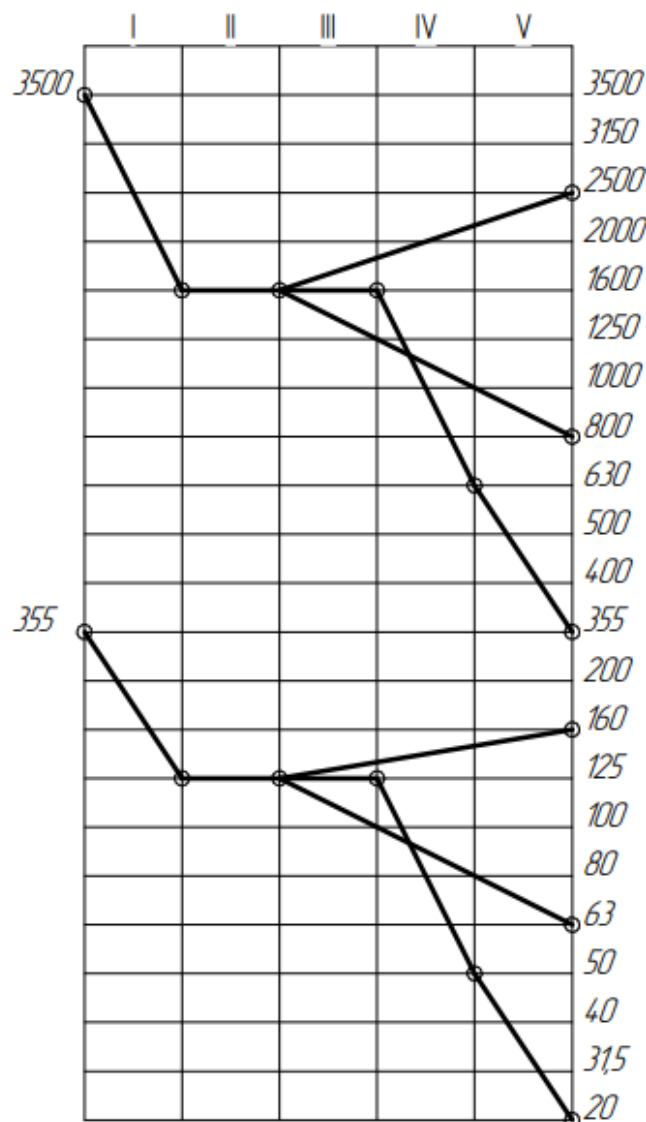


Рис. 3.1. Графік частот обертання

### 3.1.5 Визначення передаточних відношень та чисел зубів коробки швидкостей.

У відповідності до методичних рекомендацій [14], розрахунок слід розпочинати з групи передач, які мають мінімальне передаточне відношення, в нашому випадку це група передач між валами III і IV.

На першому етапі розрахунку спочатку слід визначити найменше кратне  $K$  для сум  $(f_x + g_x)$ . Це передбачає вираження передаточних відношень у вигляді дроби з чисельником  $f_x$  та знаменником  $g_x$ .

$$i_4 = \frac{1}{\varphi^{5,5}} = \frac{z_1}{z_1} = \frac{1}{1,26^{5,5}} = \frac{1}{3,56} = \frac{2}{7} \quad (3.6)$$

$$i_5 = \varphi^{\frac{1}{2}} = \frac{z_2}{z_2} = \sqrt{1,26} = 1,12 = \frac{8}{7} \quad (3.7)$$

Далі знаходимо суму:

$$f_1 + g_1 = 2 + 7 = 9 = 3 \cdot 3$$

$$f_1 + g_1 = 8 + 7 = 15 = 3 \cdot 5$$

При цьому найменше загальне кратне сум буде  $k = 3 \cdot 3 \cdot 5 = 45$ .

Визначаємо  $E_{min}$  для мінімального передаточного відношення [2]:

$$E_{min} = \frac{z_{min}(f_x + g_x)}{k * f_{x_x}} \quad (3.8)$$

При підстановці отримаємо:

$$E_{min} = \frac{17 \cdot (2 + 7)}{45 \cdot 2} = 1,7.$$

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Отримане значення заокруглюємо до цілого  $E = 2$ . Тоді, сума чисел зубів спряжених коліс буде обраховуватися за виразом:  $2z_0 - k * E = 45 * 2 = 90$ . Отримане значення перевіряєм по нормам Н21-5 з врахуванням міжцентрової відстані та модуля коліс  $m = 3$  мм, як таке, що має переважне використання для зубчастих коліс аналогічного призначення.

Визначаємо числа зубів спряжених коліс [2]:

$$z_4 = 2z_0 \frac{f_x}{f_x + g_x} = 100 \frac{2}{2 + 7} = 22,$$

$$z_4 = 2z_0 \frac{f_x}{f_x + g_x} = 100 \frac{7}{2 + 7} = 78,$$

$$z_5 = 100 \frac{8}{8 + 7} = 52,$$

$$z_5 = 100 \frac{7}{8 + 7} = 48,$$

$$z_4 + z_4 = z_5 + z_5 = 22 + 78 = 52 + 48 = 100.$$

Виходячи із аналогічних міркувань проведемо розрахунок групи передач між валами I та III:

$$i_1 = \frac{1}{\varphi^{3,5}} = \frac{z_3}{z_3} = \frac{1}{1,26^{3,5}} = \frac{1}{2,24} = \frac{5}{11},$$

$$i_2 = \frac{1}{\varphi^{1,5}} = \frac{z_4}{z_4} = \frac{1}{1,26^{1,5}} = \frac{1}{1,41} = \frac{5}{7},$$

$$i_3 = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{z_5}{z_5} = \sqrt{1,26} = 1,12 = \frac{8}{7},$$

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



Оскільки ці колеса є прямими, то сума чисел зубів спряжених коліс буде становити:  $2 \cdot z_0 = 100$ . Тоді значення числа зубів визначаємо із виразів:

$$z_1 = 100 \frac{5}{5 + 11} = 30 ,$$

$$z_1 = 100 \frac{11}{5 + 11} = 70 ,$$

$$z_2 = 100 \frac{5}{5 + 7} = 42 ,$$

$$z_2 = 100 \frac{7}{5 + 7} = 58 ,$$

$$z_3 = 100 \frac{8}{8 + 7} = 52 ,$$

$$z_3 = 100 \frac{7}{8 + 7} = 48 ,$$

$$z_1 + z_1 = z_2 + z_2 = z_3 + z_3 = 30 + 70 = 42 + 58 = 58 + 48 = 100 .$$

### 3.2 Конструювання коробки приводу головного руху

#### 3.2.1 Розрахунок найбільш навантаженого валу

В якості найбільш навантаженого валу приймаємо вхідний вал автоматичної коробки швидкостей. В розрахунку використовуємо навантаження від зубчастої передачі, клинопасової передачі та крутний момент [2].

Визначаємо зусилля від зубчастої передачі: колове та радіальне:

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		33

$$R_t = \frac{2M}{D}, \quad (3.9)$$

де  $M$  – крутний момент,  $H \cdot m$ ;  $D$  – діаметр колеса, м.

Крутний момент визначаємо за формулою:

$$M = 9750 \frac{N}{n}, \quad (3.10)$$

де  $N$  – значення максимальної потужності, кВт;

$n$  – значення мінімального числа обертів, об/хв.

$$N = N_{\epsilon} \cdot \eta, \quad (3.11)$$

де  $N_{\epsilon}$  – потужність приводу електродвигуна, кВт,

$\eta$  – ККД приводу (для токарних верстатів  $\eta = 0,7$ ).

Отже:

$$N = 15 \cdot 0,7 = 10,5 \text{ кВт},$$

$$M = 9750 \cdot \frac{10,5}{125} = 820 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$R_t = \frac{2 \cdot 820}{0,24} = 6840 \text{ Н},$$

Визначаємо значення  $R_z$ :

$$R_z = R_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3.12)$$

$$R_z = R_t \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 6840 \cdot 0,364 = 2940 \text{ Н}.$$

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Далі нам слід обчислити зусилля від клинопасової передачі, воно визначається як геометрична сума натягу гілок. Для обчислення приймаємо рівнодіючу спрямовану по лінії центрів передачі [13, 2], яка дорівнює:

$$R_p = 2 \cdot R_o \cdot \sin a / 2 \quad (3.13)$$

де  $R_o$  – сила попереднього натягу, Н;

$a$  – кут обхвату, град.

$$R_o = \sigma_o \cdot F, \quad (3.14)$$

де  $\sigma_o$  – напруження від попереднього натягу, МПа (для клинових ременів  $\sigma_o = 1,2 \dots 1,5$  МПа, приймається  $\sigma_o = 1,4$  МПа).

$F$  – площа поперченого перерізу ременя, мм<sup>2</sup> (за каталогом  $F = 1,38$  см<sup>2</sup>).

Отже, виходить:

$$R_o = 1,4 \cdot 138 = 1950 \text{ Н,}$$

$$R_p = 2 \cdot 1950 \cdot \sin 90^\circ = 3900 \text{ Н.}$$

Визначаємо складові зусилля, яке передає клинопасова передача у вертикальній та горизонтальній площинах:

$$R_p^x = R_p \cdot \cos 50^\circ \quad (3.15)$$

$$R_p^y = R_p \cdot \sin 50^\circ \quad (3.16)$$

В результаті обчислення отримаємо:

$$R_p^x = 3900 \cdot 0,643 = 2500 \text{ Н,}$$

$$R_p^y = 3900 \cdot 0,766 = 3000 \text{ Н,}$$

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Побудуємо схему навантаженого валу. Для цього слід обчислити моменти на площинах. У горизонтальній площині визначаємо реакції опор:

$$\sum M_A = -R_{px} * 0,085 - R_t * 0,75 + R_{Bx} * 0,865 = 0$$

$$R_{Bx} = \frac{R_t * 0,75 - R_x * 0,085}{0,865} = 5685 \text{ Н,}$$

$$\sum M_B = -R_{px} * 0,95 - R_{Ax} * 0,865 + R_t * 0,115 = 0$$

$$R_{Ax} = \frac{R_{px} * 0,95 + R_t * 0,115}{0,865} = 3655 \text{ Н.}$$

Далі обчислимо згинальні моменти на ділянках:

I ділянка  $0 \leq z_1 \leq 0,085$ ;  $M_x^I = -R_{px} * z_1$ ;  $M_x^I(0) = 0$ ,

$$M_x^I(0,085) = -R_{px} * 0,085 = -212,5 \text{ Н * м.}$$

II ділянка  $0 \leq z_2 \leq 0,115$ ;  $M_x^{II} = R_{Bx} * z_2$ ;  $M_x^{II}(0) = 0$ ,

$$M_x^{II}(0,115) = R_{Bx} * 0,115 = 653,7 \text{ Н * м.}$$

III ділянка  $0 \leq z_3 \leq 0,75$ ;  $M_x^{III} = R_{Bx} * (0,115 * z_3) - R_t * z_3$ ;

$$M_x^{III}(0) = R_{Bx} * 0,115 = 653,7 \text{ Н * м.}$$

$$M_x^{III} = R_{Bx} * 0,865 - R_t * 0,75 = -212,5 \text{ Н * м.}$$

На основі проведених розрахунків будуємо епюру згинальних моментів у горизонтальній площині (вона буде приведена на рис. 3.2).

Визначаємо реакції опор у вертикальній площині:

$$\sum M_A = -R_{py} * 0,085 + R_t * 0,75 - R_{By} * 0,865 = 0$$

$$R_{By} = \frac{R_t * 0,75 - R_{py} * 0,085}{0,865} = 5616,1 \text{ Н,}$$

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$\sum M_B = -R_{py} * 0,95 - R_{Ay} * 0,865 - R_t * 0,115 = 0$$

$$R_{Ay} = \frac{R_{py} * 0,95 + R_t * 0,115}{0,865} = 4423,8 \text{ Н.}$$

Визначаємо згинальні моменти на ділянках:

I ділянка  $0 \leq z_1 \leq 0,085$ ;  $M_y^I = R_{py} * z_1$ ;  $M_y^I(0) = 0$ ,

$$M_y^I(0,085) = R_{py} * 0,085 = 272 \text{ Н} * \text{ м.}$$

II ділянка  $0 \leq z_2 \leq 0,115$ ;  $M_y^{II} = -R_{By} * z_2$ ;  $M_y^{II}(0) = 0$ ,

$$M_y^{II}(0,115) = -R_{By} * 0,115 = -648,1 \text{ Н} * \text{ м.}$$

III ділянка  $0 \leq z_3 \leq 0,75$ ;  $M_y^{III} = -R_{By} * (0,115 * z_3) + R_t * z_3$ ;

$$M_y^{III}(0) = -R_{By} * 0,115 = -648,1 \text{ Н} * \text{ м.}$$

$$M_y^{III} = -R_{By} * 0,865 + R_t * 0,75 = 272 \text{ Н} * \text{ м.}$$

За отриманими результатами будуюмо епюру згинальних моментів у вертикальній площині (вона буде приведена на рис. 3.2).

Визначаємо еквівалентний момент, що діє на вал за формулою:

$$M_\epsilon = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_k^2} \quad (3.17)$$

$$M_\epsilon = \sqrt{653,7^2 + 272^2 + 820^2} = 1083,3 \text{ Н} \cdot \text{ м.}$$

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

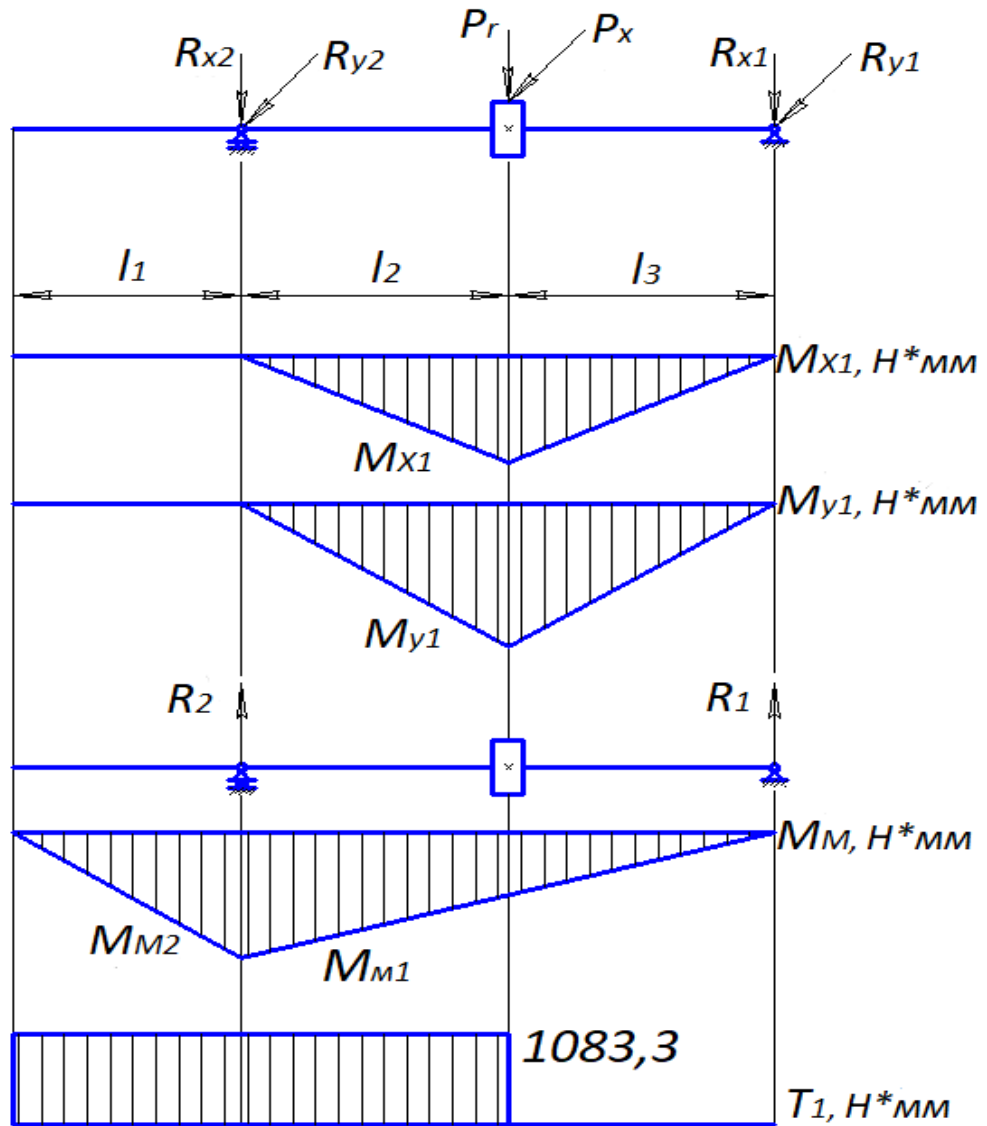


Рис. 3.2. Схема розрахунку і епюри для валу

На основі розрахованого еквівалентного моменту визначаємо найменший діаметр валу, для цього використаємо вираз [2]:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M}{0,1 * [\sigma]'}} \quad (3.18)$$

де  $[\sigma]$  – допустима номінальна напруга для валу, МПа (для матеріалу, з якого виготовлено вал, а саме сталі 40Х приймаємо  $[\sigma] = 620 \dots 640$  МПа, [4]).

					КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{1083300}{0,1 \cdot 620}} = 25,9 \text{ мм.}$$

### 3.2.2 Розрахунок найбільш навантаженої передачі коробки швидкостей

Розрахунок коробки передач будемо здійснювати по найбільш навантажений передачі. Її можна визначити за допомогою розрахунків, що враховують параметри механізму та умови експлуатації. Фактором, який впливає на навантаження передачі є крутний момент. Він залежить від потужності, що передається через передачу, а також від відстані між точкою застосування сили та осі обертання передачі.

Для розрахунку складових частин сили різання застосовують вираз [13]:

$$P_{z,x,y} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (3.19)$$

Для розрахунків обираємо режим роботи при чорновій обробці заготовки. Для цього слід вибрати відповідні значення табличних коефіцієнтів, їх величини приведені в таблиці 3.4.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Таблиця 3.4. Значення коефіцієнтів для розрахунку складових сил різання

Складова сили різання $P_z$				
Матеріал	$C_p$	x	y	n
Сталь	300	1,0	0,75	-0,15
Сірий чавун	92	1,0	0,75	0
Складова сили різання $P_y$				
Матеріал	$C_p$	x	y	n
Сталь	243	0,9	0,6	-0,3
Сірий чавун	54	0,9	0,75	0
Складова сили різання $P_x$				
Матеріал	$C_p$	x	y	n
Сталь	339	1,0	0,5	-0,4
Сірий чавун	46	1,0	0,4	0

Після цього проводимо безпосередній розрахунок складових сил різання для різного матеріалу, результати розрахунку зводимо в таблицю 3.5

Таблиця 3.5. Розрахунок складових сил різання для різного матеріалу

Матеріал	Сталь	Сірий чавун
$P_z, \text{H}$	5142	3019
$P_x, \text{H}$	2321	1829
$P_y, \text{H}$	2016	1615

Для подальших обчислень значення крутних моментів на валах проектованої коробки обираємо максимальне значення складової сили різання, воно буде становити:  $P_z = 5142 \text{ H}$ .

Тоді крутний момент найбільш навантаженого валу розраховуємо за виразом [13]:



$$M_{кр.3} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 10^3} \quad (3.20)$$

Після підстановки та обчислень отримаємо:

$$M_{кр.3} = \frac{5142 \cdot 400}{2 \cdot 10^3} = 1028,4 \text{ Нм}$$

Тоді величини крутних моментів на I та II валах із врахуванням передаточних чисел передач:

$$M_{кр.2} = M_{кр.3} \cdot i_1 = 734,5 \text{ Нм}$$

$$M_{кр.1} = M_{кр.2} \cdot i_2 = 333,8 \text{ Нм.}$$

### 3.2.3 Розрахунок найбільш навантаженого зубчастого зачеплення

Розрахунок найбільш навантаженого зубчастого зачеплення полягає у розрахунку міцності на вигин, тобто, основним критерієм працездатності зубчастих коліс у вузлах типу редукторів, у тому числі й коробках швидкостей.

Даний розрахунок передбачає визначення модуля зачеплення за найбільш навантаженим колесом, обчислення проводимо за формулою [11]:

$$m_n = \frac{k \cdot R_t + k_{\delta u} \cdot k_{fu}}{b \cdot [Ju]} \quad (3.21)$$

де  $k$  – коефіцієнт передачі, для прямозубих коліс  $k = 5$ ;

$R_t$  – колове зусилля в зачепленні, Н, було розраховано раніше:  $R_t = 6840 \text{ Н}$ ;

$k_{\delta u}$  – коефіцієнт довговічності, для реверсивного навантаження приймаємо

$$k_{\delta u} = 1;$$

$b$  – розрахункова ширина зубчастого колеса, з конструктивних міркувань приймаємо  $b=0,04 \text{ м}$ ;

$[Ju]$  – допустиме напруження на згин, МПа.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$k_{fu}$  – коефіцієнт навантаження, розраховується на основі прийнятих коефіцієнтів.

Коефіцієнт навантаження  $k_{fu}$  визначаємо за формулою [11]:

$$k_{fu} = k_a \cdot k_b \cdot k_u, \quad (3.22)$$

де  $k_a$  – табличне значення коефіцієнту розподілу (для прямозубих коліс приймаємо  $k_a = 1$ );

$k_b$  – табличне значення коефіцієнту концентрації (для проектного розрахунку  $k_b = 1,03$ );

$k_u$  – табличне значення коефіцієнту динамічності (для колової швидкості в передачі  $u = 1,3$  м/с,  $k_u = 1,03$ ).

$$k_{fu} = 1 \cdot 1,03 \cdot 1,03 = 1,06.$$

Допустиме значення напруги на згин визначають за виразом [11]:

$$[J_u] = \frac{\delta u^o}{J_u}, \quad (3.23)$$

де  $\delta u^o$  – межа витривалості зубчастого колеса, МПа; враховуючи матеріал та твердість колеса приймаємо  $\delta u^o = 630$  МПа;

$J_u$  – запас міцності при згинанні, враховуючи матеріал та твердість колеса приймаємо  $J_u = 1,70$ .

Підставляємо значення:

$$m_n = \frac{5 \cdot 6840 + 1 \cdot 1,06}{0,04 \cdot 360 \cdot 10^6} = 2541 \cdot 10^{-6} \approx 2,54 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань, бажано приймати однаковий модуль для всіх передач в редукторі, а також в коробках приводу верстатів. При цьому допускається застосовувати модуль меншого значення, ніж розрахунковий але при йому необхідно проводити узгоджений розрахунок на згин та контактну міцність.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

### 3.2.4 Розрахунок шліцевого з'єднання

Розрахунок шліцевого з'єднання передбачає розрахунок на зминання робочих граней шліців при передачі крутного моменту. Обчислення проводять для найбільш навантаженого валу. У відповідності до конструктивної схеми проведемо розрахунок шліцевого з'єднання на шпинделі, для цього скористаємось виразом [11]:

$$\sigma_{зм} = \frac{M}{S_f * l} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.24)$$

де  $M$  – крутний момент, за попередніми розрахунками  $M = 820000$ ;

$S_f$  – значення питомого сумарного статичного моменту площі робочих поверхонь (приймаємо  $S_f = 800 \text{ мм}^3$ );

$l$  – робоча довжина з'єднання, мм; її величину приймаємо з конструктивних міркувань ( $l = 25 \text{ мм}$ );

$[\sigma_{зм}]$  – допустима напруга зминання, приймаємо  $[\sigma_{зм}] = 800 \text{ МПа}$ .

Після підстановки отримаємо:

$$\sigma_{зм} = \frac{820000}{800 * 25} = 41 \leq [\sigma_{зм}].$$

Отримане значення знаходиться в допустимих межах, це дозволяє зробити висновок, що шліцеве з'єднання працює у нормальному режимі.

### 3.2.5 Розрахунок пасової передачі

Розрахунок клинопасової передачі ведеться за вихідними даними, які ми отримали під час розрахунку приводу головного руху. На початковому етапі обираємо січення ременя [11].

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Згідно рекомендацій обираємо пас січення Б, який має наступні технічні характеристики:  $b_p = 14,0$  мм,  $b_o = 17$  мм,  $h = 10,5$  мм.

Даний пас має площу поперечного перерізу  $F = 1,38$  см<sup>2</sup>. Його розрахункова довжина  $L_p = 800/6300$  мм.  $\Delta L = L_p - L_{BH} = 40$  мм; мінімальний діаметр меншого шківів  $d_{min} = 125$  мм.

З метою підвищення ресурсу роботи передачі рекомендовано обирати менший шків з розрахунковим діаметром  $d_1 > d_{min}$ . Виходячи з цього зі стандартного ряду приймаємо  $d_1 = 160$  мм. Тоді значення діаметру веденого шківів буде обчислюватися за виразом:

$$d_2 = d_1 \cdot i, \quad (3.25)$$

де  $i$  – передаточне число (у відповідності до кінематичної схеми  $i = 1,26$ ).

Тоді отримаємо:

$$d_2 = 160 \cdot 1,26 = 200 \text{ мм}$$

Далі необхідно уточнити передаточне число з врахуванням відносного ковзання  $S = 0,01$ .

$$i = \frac{d_2}{d_1(1 - S)}, \quad (3.26)$$

Проведемо перевірочний розрахунок:

$$i = \frac{200}{160(1 - 0,01)} = 1,26.$$

Визначаємо максимальну та мінімальну міжосьову відстань за формулами:

$$a_{min} = 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + h, \quad (3.27)$$

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$a_{max} = 2 \cdot d_1 + d_2, \quad (3.28)$$

В результаті обчислення отримаємо:

$$a_{min} = 0,55 \cdot (160 + 200) + 10,5 = 208,5 \text{ мм},$$

$$a_{max} = 2 \cdot 160 + 200 = 520 \text{ мм}.$$

Приймаємо проміжне значення  $a = 400$  мм.

Визначаємо розрахункову довжину ременів за виразом [11]:

$$L_p = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)}{4 \cdot a} \quad (3.29)$$

Підставивши попередньо розраховані дані отримаємо:

$$L_p = 2 \cdot 400 + \frac{\pi}{2} \cdot (160 + 200) + \frac{200 - 160}{4 \cdot 400} = 1366,2 \text{ мм}$$

Згідно довідникової літератури [11], найближче стандартне значення довжини ременя становить 1440 мм.

Визначаємо натяг кожної гілки ременя. Для цього необхідно попередньо визначити швидкості ременів  $V$  та прийняти значення коефіцієнту відцентрових сил  $\theta$ .

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot 4}{1000 \cdot 60} \quad (3.30)$$

Підставивши відповідні значення отримаємо:

$$V = \frac{\pi \cdot 160 \cdot 4}{1000 \cdot 60} = 12,2 \text{ м/с}.$$

Для пасу січення Б  $\theta = 0,18$ .

Тоді розрахуємо  $R_o$ , для цього використовуємо вираз [11]:

$$R_o = \frac{850 \cdot N \cdot C_p \cdot C_c}{z \cdot V \cdot C_2 \cdot 30} + \theta \cdot V^2 \quad (3.31)$$

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Підставивши раніше обчислені значення компонентів отримаємо:

$$R_o = \frac{850 \cdot 15 \cdot 1,1 \cdot 0,9}{5 \cdot 12,2 \cdot 0,99 \cdot 30} + 0,18 \cdot 12,2 = 2,19.$$

Отримане значення можна застосувати для необхідних силових розрахунків, під час яких враховується вплив клинопасової передачі.

### 3.2.6 Розрахунок підшипників

Проведемо розрахунок та підбір підшипників для вихідного валу проектного приводу.

Для цього необхідно обчислити сумарні реакції опор [11]:

$$R_B = \sqrt{R_{\Delta x} + R_{\Delta y}} \quad (3.32)$$

де  $R_{\Delta x}$  і  $R_{\Delta y}$  – реакції в площинах (горизонтальній та вертикальній).

$$R_A = \sqrt{3655 + 4423,8} = 8078,8 \text{ Н}$$

$$R_B = \sqrt{5616,1 + 5685} = 11301,1 \text{ Н}$$

На наступному етапі визначаємо динамічну вантажопідйомність підшипника, для цього необхідно прийняти довговічність підшипника. У відповідності до рекомендацій [11]  $L = 10000/25000 \text{ Н}$ . А обчислення довговічності проведемо за формулою:

$$C = R \cdot \frac{\rho \sqrt[3]{L}}{\rho} \quad (3.33)$$

де  $\rho$  – коефіцієнт типу підшипника, для радіальних підшипників  $\rho = 10/3$ .

Після підстановки отримаємо:

$$C = 6900 \cdot \frac{\sqrt[3]{1500}}{\frac{10}{3}} = 52270 \text{ Н},$$

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$C = 7505 \cdot \frac{\sqrt[3]{1500}}{\frac{10}{3}} = 56850 \text{ Н.}$$

На основі розрахованого значення динамічної вантажопідйомності та за діаметром посадкового місця здійснюємо підбір підшипників в опорах [11]:

- для Опори А приймаємо: роликовий радіальний сферичний 2-х рядний підшипник 3610 4610 ГОСТ 5721-75;
- для Опори В приймаємо: кульковий радіальний однорядний підшипник 310 ГОСТ 8338-75.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		47

## 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Пил як один з найшкідливіших факторів виробничого середовища

Пил є одним з найшкідливіших факторів виробничого середовища, особливо в машинобудівній галузі, де використовуються різноманітні верстати та інші обладнання. Пил може виникати під час обробки металів, дерева, пластмас та інших матеріалів [3].

Пил складається з мікроскопічних частинок різної форми та розміру, які можуть бути видимими або невидимими для людського ока. Ці частинки можуть містити токсичні речовини, які можуть викликати різні захворювання, такі як бронхіт, пневмонію, астму та інші. У машинобудівній галузі пил може виникати під час різних операцій, таких як фрезерування, токарні роботи, шліфування та інші. Це може створювати небезпеку для здоров'я працівників та призводити до погіршення їхнього здоров'я.

Одним із способів захисту працівників від пилу є використання спеціального захисного обладнання, такого як респіратори, маски, захисні окуляри тощо. Також можуть використовуватися спеціальні системи вентиляції та очищення повітря, що допомагають зменшити рівень пилу в повітрі.

Для зменшення впливу пилу на здоров'я працівників важливо дотримуватися правильної технології роботи та виконувати профілактичні заходи. Наприклад:

- регулярно очищати приміщення від пилу;
- забезпечувати достатній рівень вентиляції;
- обмежити використання старих верстатів, які не мають вбудованих систем очищення повітря від пилу.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Радь А.М.</i>			<b>БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Окіпний І.Б.</i>					48	5
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кодельник В. Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>						



Для зниження вмісту пилу в повітрі необхідно також встановлювати системи витяжки та фільтрації повітря. Ці системи можуть бути забезпечені вбудованими витяжними каналами в окремих верстатах або бути централізованими для всієї площі виробничого приміщення. Для ефективної роботи таких систем важливо регулярно проводити їх технічне обслуговування та очищення фільтрів.

При виконанні операцій з обробки матеріалів, які виділяють багато пилу, необхідно також використовувати спеціальні захисні засоби, такі як маски-респіратори та окуляри. Ці заходи допомагають зменшити вдихання пилу та зменшити його вплив на органи дихання та зір.

У випадку, якщо виробничий процес пов'язаний з великим обсягом виробництва пилу, можливе використання автоматичних систем обробки матеріалів, які можуть дозволити зменшити випуск пилу в повітря.

Таким чином, пил являється одним з найшкідливіших факторів виробничого середовища в машинобудівній галузі. Щоб знизити його вплив на здоров'я працівників, необхідно дотримуватися правильної технології роботи, проводити регулярне очищення виробничих приміщень, встановлювати системи витяжки та фільтрації повітря, використовувати спеціальні захисні засоби та можливо використовувати автоматичні системи обробки матеріалів.

#### **4.2 Вимоги ергономіки до організації робочого місця оператора ЧПК 16К20Ф3**

Організація робочого місця оператора станку з числовим програмним керуванням (ЧПК) є важливим етапом в покращенні умов праці та забезпеченні ефективної роботи на заводі. Розглянемо вимоги ергономіки до організації робочого місця оператора ЧПК 16К20Ф3.

Робоче місце оператора ЧПК повинно бути організоване таким чином, щоб працювати було зручно та безпечно. На першому етапі слід забезпечити оптимальне розташування станку в приміщенні, яке повинно мати достатню

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		49

освітленість та вентиляцію. При цьому слід враховувати розмір приміщення, щоб оператор мав достатньо місця для роботи та переміщення.

Основні вимоги до робочого місця оператора ЧПК 16K20Ф3 [12]:

- Розміщення обладнання. Оператор повинен знаходитись збоку від верстата таким чином, щоб мати доступ до панелі керування та інструментів. Також слід забезпечити зручний доступ до робочої зони верстата, щоб оператор міг зручно замінювати інструменти та відстежувати процес обробки.
- Розмір робочого місця (рис. 4.1). Робоче місце оператора повинно мати достатню площу для зручної роботи та переміщення. Рекомендована площа робочого місця для оператора ЧПК - не менше 8 м<sup>2</sup>.
- Комфортна робоча висота. Робоча поверхня станку повинна знаходитись на рівні комфортної робочої висоти оператора, що забезпечує зручне положення тіла та запобігає виникненню м'язового напруження. Комфортна робоча висота залежить від зросту оператора та типу виконуваної роботи. Зазвичай оптимальна робоча висота для станку ЧПК складає 700-1100 мм від рівня підлоги.
- Вільний простір. Навколо станку має бути достатньо вільного простору для зручного переміщення та розташування матеріалів та інструментів. Це забезпечується відповідним розміщенням станку у приміщенні та правильним розміщенням необхідного інструменту та матеріалів в зручних місцях поруч з робочим місцем оператора.

Крім того, важливо враховувати фактори безпеки при розміщенні інструментів та матеріалів, щоб уникнути їх випадкового падіння на оператора або на сам станок, що може призвести до пошкодження обладнання та травмування працівника.

Ще одним важливим фактором, який впливає на ергономічність робочого місця оператора ЧПК 16K20Ф3, є шум та вібрація, що виникають під час роботи станку. Для зменшення впливу цих факторів на здоров'я працівників необхідно застосовувати спеціальні засоби звукоізоляції та антивібраційні пристрої, а також регулярно проводити огляд та підтримку обладнання.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		50

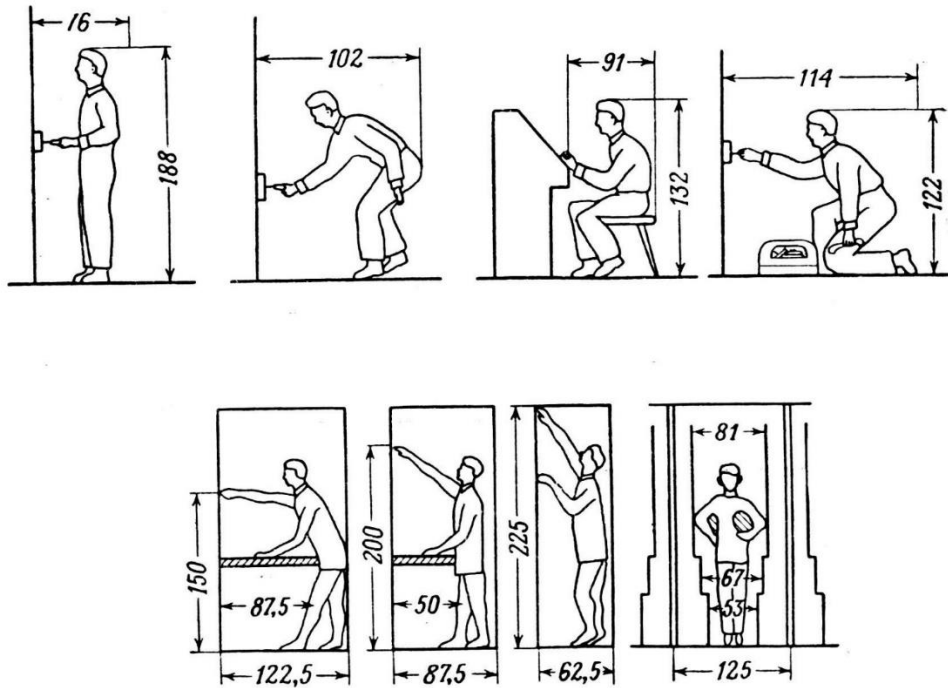


Рис 4.1. Розміри робочого місця

#### 4.3 Забруднення повітряного середовища шкідливими речовинами

Забруднення повітряного середовища шкідливими речовинами є однією з головних проблем, з якою стикаються машинобудівні підприємства. Відомо, що під час виробництва багато викидів в атмосферу можуть бути шкідливими для здоров'я людей та навколишнього середовища.

Одним з головних джерел забруднення повітря є викиди в атмосферу в результаті виробничих процесів, таких як зварювання, фарбування, паяння та інші операції. Ці процеси часто супроводжуються виділенням в атмосферу великої кількості різних хімічних речовин, таких як вуглекислий газ, оксиди азоту, сірководень, метан та інші гази, які можуть бути шкідливими для здоров'я. Для зменшення впливу цих викидів необхідно застосовувати спеціальні системи очищення повітря, такі як фільтри, електростатичні очищувачі та інші [1].

Одним з основних способів зменшення викидів є використання спеціальних очисних систем. Ці системи дозволяють зменшити кількість

шкідливих речовин, що потрапляють в атмосферу, та зменшити вплив виробничих процесів на довкілля. Для зменшення викидів шкідливих речовин важливо використовувати більш екологічно чисті матеріали та технології виробництва. Крім того, можна застосовувати заходи для зменшення впливу транспорту на навколишнє середовище, такі як використання більш екологічно безпечних видів транспорту та зменшення кількості транспорту, що використовується для перевезення матеріалів та продуктів виробництва.

Також важливо забезпечити правильну організацію виробничого простору, що дозволить уникнути поширення шкідливих речовин в атмосферу. Наприклад, необхідно забезпечити достатній рівень вентиляції, щоб забезпечити вільний потік свіжого повітря в приміщення та відведення шкідливих викидів.

Можливі заходи, які можуть допомогти зменшити забруднення повітря шкідливими речовинами, включають в себе [1]:

- Заміна застарілого обладнання на більш сучасне, екологічно безпечне.
- Впровадження ефективних систем очищення викидів, які дозволяють зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу.
- Використання вторинної переробки та утилізації відходів, що дозволяє зменшити кількість відходів, що потрапляють в атмосферу.
- Впровадження програм енергозбереження та ефективного використання енергії, що дозволяє зменшити використання палив та енергії та зменшити викиди шкідливих речовин.
- Розробка та впровадження планів та стратегій зменшення впливу машинобудівної галузі на навколишнє середовище, що включає в себе планування процесів виробництва, впровадження нових технологій та використання нових матеріалів.

Загалом, забруднення повітря шкідливими речовинами є серйозною проблемою для машинобудівної галузі. Для зменшення впливу на навколишнє середовище та забезпечення безпечних умов праці працівників підприємства повинні дотримуватися відповідних норм та вимог щодо викидів шкідливих речовин.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

## ВИСНОВКИ

На основі виданого завдання на виконання кваліфікаційної роботи бакалавра здійснено основні розрахунки на підставі яких можна здійснити верстатно-інструментальне забезпечення механічної обробки деталі «Ролик 2612.22».

Для забезпечення обробки деталі «Ролик 2612.22», згідно з базовим ТП, на дільниці повинні знаходитись токарний, свердлильний та розточувальний верстат. Запропоноване в базовому ТП обладнання не відповідає вимогам виробництва, тому для обробки слід застосувати верстати з ЧПК.

Проведено літературний огляд в якому розглянуті особливості обробки деталей типу тіл обертання з використанням верстатів з ЧПК, а також перспектив застосування CAD-CAM на етапах проектування.

Запропоновано ТП обробки деталі «Ролик 2612.22», в якому пропонується застосувати верстати моделі 16K20Ф3, VC610 START MILL та 2E78L. Проведено розрахунок режимів різання (табличним та аналітичним способом), здійснено вибір ріжучого та вимірювального інструменту.

На основі здійснених розрахунків режимів різання сформовано масив вихідних даних для кінематичного розрахунку приводу головного руху.

В результаті проведених обчислень для приводу обираємо двигун МР132М, номінальна потужність якого становить  $N_{\text{ном}} = 11$  кВт. При цьому обраний двигун забезпечує номінальну кількість обертів  $n_{\text{ном}} = 1000$  об/хв та максимальну кількість обертів  $n_{\text{max}} = 3500$  об/хв.

Проведені обчислення, що дозволили визначити діапазон регулювання приводу верстату, здійснено побудову графіку частот його обертання.

Проведено розробку кінематичної схеми верстату.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ВИСНОВКИ</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Радь А.М.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кобельник В. Р.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Кобельник В.Р.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						<i>53</i>	<i>2</i>
					<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль</i>		

В роботі здійснено конструювання коробки приводу головного руху, яке передбачало розрахунок найбільш навантаженого валу, та відповідної передачі, було здійснено розрахунок шліцевого з'єднання, а також клинопасової передачі.

При розрахунках клинопасової передачі ми здійснили обґрунтування міжосьової відстані, довжини ременя, а також їх кількість.

Крім цього проведено розрахунок та підбір підшипників для вихідного валу проектованого приводу. Для Опори А приймаємо роликовий радіальний сферичний 2-х рядний підшипник 3610 4610 ГОСТ 5721-75, а для Опори В відповідно - кульковий радіальний однорядний підшипник 310 ГОСТ 8338-75.

Також в роботі розглянуто питання, що стосуються охорони праці та безпеки життєдіяльності. Зокрема розглянуто як впливає пил на навколишнє середовище та працівника. Висвітлено питання щодо вимог ергономіки при організації робочого місця оператора верстату 16К20Ф3. Досліджено джерела забруднення навколишнього середовища, які виникають на підприємствах машинобудівного профілю та запропоновані заходи по їх усуненню.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основи загальної екології. — К.: Либідь. 1995 — 368 с.
2. Бочков В. М. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів / В. М. Бочков, Р. І. Сілін, О. В. Гаврильченко. – Львів, 2008. – 448 с.
3. Дементій Л. В. Охорона праці в механічних та складальних цехах / Л. В. Дементій, С. А. Гончарова. – Краматорськ : ДДМА, 2005. – 312 с.
4. ДСТУ 8781:2018 Виливки зі сталі. Загальні технічні умови [Електронний ресурс] // Київ УкрНДЦІ. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2021/06/dstu-8781-2018.pdf>.
5. Ковальов В. Д., Васильченко Я. В., Сукова Т. О. Підвищення ефективності важкого металорізального обладнання на основі визначення його раціональних технічних та конструктивних параметрів. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки. Житомир, 2011. № 3 (58). С. 60–66
6. Кузнецов Ю. Н. Станки с ЧПУ / Ю. Н. Кузнецов. - Киев: Высш. шк., 1991.- 278 с.
7. Кузнецов Ю. М., Скляр Р. А., Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Скляр; під ред. Ю. М. Кузнецова. – К.: ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.
8. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичні вказівки для виконання курсового проекту з предмету: «Технологія машинобудування». – Тернопіль, 2001. - 280 с.
9. Литвиненко О. А., Бойко Ю. І., Яновський В. А. (2020). CAD-CAM технології проектування та виготовлення деталей на верстатах з ЧПК. Технічна інженерія, (1(85), 15–22. [https://doi.org/10.26642/ten-2020-1\(85\)-15-22](https://doi.org/10.26642/ten-2020-1(85)-15-22)

<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>				
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Радь А.М.</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Скляр Р.А.</i>		
<i>Реценз.</i>				
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кабельник В. Р.</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Кабельник В.Р.</i>		
<i>ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ</i>				
		<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
		55	3	
<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>				

10. 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.

11. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлище. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.

12. Пістун І. П. Охорона праці в галузі машинобудування / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. – Суми: Університетська книга, 2020. – 556 с.

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

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

15. Складання класифікаційних характеристик виробів за класифікатором ЄСКД [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ., які навчаються за спеціальностями 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування», 142 «Енергетичне машинобудування», спеціалізацією «Тепло- і парогенеруючі установки»; спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізаціями «Комп'ютерно-інтегровані технології виробництва приладів», «Комп'ютерно-інтегровані технології приладів точної механіки», / уклад.: Т. М. Надкернична, О. О. Лебедева. — Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 116 с.

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

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		56



17. Склярів Р. А., Шанайда В. В. Використання багатофункціонального пакету Mathcad при прогнозуванні параметрів металорізальних верстатів. Збірник тез XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (5 – 6 грудня 2012 р.). У 2Т. – Тернопіль: ТНТУ, 2012 – Т.2 Матеріалознавство та машинобудування. – 143 с., - С. 69.

18. Matson M. CNC Programming: Principles and Applications / Mike Matson. – NY 12065-2919 USA. – 432 с. – (Cengage Learning). – (1st Edition).

19. Smid P. CNC Programming Handbook: A Comprehensive Guide to Practical CNC Programming / Peter Smid., 4. – 508 с.

20. TaeguTec Metalworking Solutions – Taegutec.- [Електронний ресурс] // HCLNL 2525M0904 – Режим доступу до ресурсу: <https://taegutec.com/>.

21. Vitenko T. Features of creating a solid models and assembly operations at CAD systems / Vitenko T., Shanaida V., Drożdziel P., Madlenak R. // 9th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona (Spain), 3rd-5th of July, 2017: IATED Academy, 2017. – P. 7464-7469. – Режим доступу: <https://library.iated.org/view/VITENKO2017FEA>

22. Walter Tools Engineering Kompetenz: Режим доступу до ресурсу: <https://www.walter-tools.com/>.

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

## ДОДАТКИ

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Радь А.М.</i>			<i>ДОДАТКИ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Склярів Р.А.</i>					<i>58</i>	<i>8</i>
<i>Реценз.</i>						<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кодельник В. Р.</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>						

Таблиця 5.1. Режими різання для всіх операцій.

Номер, назва операції, зміст переходу	<i>t</i> , мм	<i>L</i> , мм	<i>i</i>	<i>T<sub>m</sub></i> , хв	<i>S<sub>0</sub></i> , мм/о б	<i>V</i> , м/х в	<i>n</i> , об/хв	<i>S<sub>хв</sub></i> , мм/ хв	<i>T<sub>о</sub></i> , хв	<i>N</i> , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
005 Токарна з ЧПК										
2. Точити торець (15), витримуючи розмір 125,6 <sub>-0,6</sub> .	1,6	39	1	90	0,4	400	306	160	0,24	4,4
3. Точити циліндр (10), витримуючи розмір Ø240 <sub>-1,15</sub> .	2	127,1	1	90	0,4	320	245	128	0,99	4,1
4. Розточити поверхні (19)(18)(17)(16) по контуру, витримуючи розміри Ø175 <sup>+1,0</sup> ; 10 <sup>+0,36</sup> ; Ø123,8 <sup>+1,0</sup> ; 30 <sup>+0,52</sup>	1,5	74,5	1	60	0,2	300	165	60	1,24	3,9
5. Розточити отвори і фаски (3)(19)(7)(17), витримуючи розміри 1,5*45°; Ø176 <sup>+0,25</sup> ; Ø124,4 <sup>+0,25</sup> ; 2*45°	0,5	67,5	1	60	0,1	400	221	40	1,69	3,5
6. Розточити отвір (17), витримуючи розміри Ø124,9 <sup>+0,063</sup> ; 30 <sup>+0,52</sup>	0,25	31	1	60	0,05	600	235	30	1,05	3,1

Продовження таблиці 5.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7. Точити канавки (11...14), витримуючи розміри $\varnothing 198_{-1,15}$ ; $13,5^{+0,43}$ ; $20 \pm 0,26$ ; $28 \pm 0,26$ .	4,5	68	4	80	0,22	500	376,8	140	1,94	5,6
8. Точити канавки (11...14), витримуючи розміри $18^{+0,43}$ ; $R7^{+0,36}$ ; $\varnothing 198_{-1,15}$ ; $5,3^\circ$ ; $11_{-0,43}$ ; $28 \pm 0,26$ .	2,25	53	4	90	0,2	400	301	80	2,65	4,2
010 Токарна з ЧПК										
2. Точити торець (1), витримуючи розмір $124_{-1,0}$ .	1,6	37	1	90	0,4	400	301	160	0,24	4,4
3. Розточити поверхні (4)(5)(8)(9), витримуючи розміри $\varnothing 175^{+1,0}$ ; $20^{+0,52}$ ; $\varnothing 123,8^{+1,0}$ ; $24,4^{+0,52}$ .	2	78,5	1	60	0,2	300	165	60	1,3	3,9
4. Розточити фаски (2)(6) і отвори (4)(8), витримуючи розміри $1,5 * 45^\circ$ ; $\varnothing 176^{+0,25}$ ; $2 * 45^\circ$ ; $\varnothing 124,4^{+0,063}$ .	0,5	70,6	1	60	0,1	400	221	40	1,76	3,5
5. Розточити отвір (8), витримуючи розмір $\varnothing 124,9^{+0,063}$ .	0,25	25	1	60	0,05	600	235	30	0,8	3,1

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>					Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						60

## Продовження таблиці 5.1.

015 Свердлильна з ЧПК										
2. Центрувати отвори (20...25), витримуючи розміри $5^{+0,3}$ ; $\varnothing 2^{+0,1}$ ; $\varnothing 48 \pm 0,5$ ; $60^\circ$ .	1	6	6	20	0,05	160 0	25	80	0,45	0,08
3. Свердлити отвори (20...25), витримуючи розміри $\varnothing 14 + 0,43$ .	7	25	6	30	0,2	800	35	160	0,94	1,7
4. Зенкувати фаски (32...37), витримуючи розмір $2 * 45^\circ$ .	2	3,5	6	30	0,2	100 0	53	200	0,1	0,8
5. Нарізати різь в отворах (20...25), витримуючи розміри M16-8H; $22 + 0,52$ .	1	34	12	90	2	80	4	160	2,55	3,1
7. Центрувати отвори (26...31), витримуючи розміри $\varnothing 2 + 0,3$ ; $5 + 0,3$ ; $\varnothing 148 \pm 0,5$ ; $60^\circ$ .	1	6	6	20	0,05	160 0	25	80	0,45	0,68
8. Свердлити отвори (26...31), витримуючи розміри $\varnothing 14 + 0,43$ ; $16 + 0,43$ .	7	17	6	30	0,2	800	35	160	0,64	1,7
9. Зенкувати фаски (38...43), витримуючи розмір $2 \ 45 \times 45^\circ$ .	2	3,5	6	30	0,2	100 0	53	200	0,1	0,8

Продовження таблиці 5.1.

10. Нарізати різь в отворах (26...31) послідовно, витримуючи розміри M16-8H; 14 <sup>+0,43</sup> .	1	25	12	90	2	80	4	160	1,88	3,1
020 Алмазно-розточувальна										
2. Розточити отвір (4), витримуючи розміри $\varnothing 125^{+0,04}$ ; 24 <sup>+0,52</sup> .	0,5	25	1	60	0,01	120 0	471	12	2,1	0,9
025 Алмазно-розточувальна										
2. Розточити отвір (17), витримуючи розміри $\varnothing 125^{+0,04}$ ; 30 <sup>+0,52</sup> .	0,05	31	1	60	0,01	120 0	471	12	2,58	0,9

Характеристика верстату мод. 16К20Ф3		
Технічна характеристика	Позначення	Параметр
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над станиною	мм	400
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом	мм	220
Найбільший діаметр встановлюваного виробу над станиною	мм	500
Діаметр отвору в шпинделі	мм	53
Найбільша довжина виробу, що встановлюється в центрах (РМЦ)	мм	1000
Найбільша довжина виробу, що обробляється при числі позицій інструментальної головки (6, 8, 12)	мм	870
Потужність двигуна головного руху	кВт	11
Кількість робочих швидкостей шпинделя		22
Межі чисел оборотів шпинделя	об/хв	12,5...2000
Кількість швидкостей, що автоматично перемикаються		9
Діапазон автоматичного перемикавання		16
Найбільше переміщення супорта: поздовжнє (Z)/поперечне (X)	мм	900/250
Діапазон швидкостей поздовжніх подач	мм/хв	3...2000
Діапазон швидкостей поперечних подач	мм/хв	3...2000
Швидкість швидких поздовжніх/поперечних ходів	м/хв	7,0/4,0
Висота різця	мм	25
Кількість позицій на поворотній різцетримці		6
Електродвигун головного приводу	кВт/об/хв	11/1460
Сумарна потужність електродвигунів	кВт	20
Сумарна потужність верстата	кВт	22
Габаритні розміри верстата з ЧПК	мм	3700*1700*2145
Маса верстата з ЧПК	кг	4050

## Характеристика верстату мод. VC610 STAR MILL

Технічна характеристика	Позначення	Параметр
1	2	3
Розміри робочої поверхні	мм	650*400
Розміри Т – образних пазів; кількість/ширина/розмах	мм	3/18/100
Переміщення по осях X/Y/Z	мм	610/400/450
Подача по осях Z/Y/Z	м/хв	48/48/48
Максимальні довжина/діаметр інструментів	мм	30/80-150
Максимальне навантаження на стіл	кг	400
Тип кріплення інструментів у шпинделі		SK40
Кількість інструменту в магазині/ їх зміна	шт./с	20/1,5
Діапазон швидкості обертання	об/хв	12000
Керування (СЧПК)		Siemens 828D
Потужність	кВт	25
Габаритні розміри, Н*В*Н	мм	2180*1850*2500
Маса верстата	кг	4800

					<i>КРБ 21-228.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64



## Характеристика свердлильного верстату 2Е78Л

Технічна характеристика	Позначення	Параметр
Діаметр розточувальних отворів	мм	28...200
Розміри стола	мм	500*1250
Найбільше переміщення шпиндельної бабки	мм	500
Найменша відстань від торця шпинделя до стола	мм	25
Відстань від осі шпинделя до полозків бабки	мм	320
Найбільші габарити заготовки	мм	750*500*450
Число змінних шпинделів	мм	4
Радіальне переміщення різця, для шпинделя	мм	4
Число швидкостей шпинделя		12
Частота обертання шпинделя	об/хв	26...1200
Число робочих подач		4
Границі робочих подач	мм/хв	0,025...0,2
Подача швидкісного переміщення бабки	м/хв	2
Потужність	кВт	2,2
Габаритні розміри верстата	мм	1250*1260*176 0
Маса верстата	кг	1600