

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

**Факультет інженерії машин, споруд та технологій**

(повна назва факультету)

**Кафедра конструювання верстатів, інструментів та машин**

(повна назва кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на здобуття освітнього ступеня

**бакалавр**

(назва освітнього ступеня)

на тему: ***«Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі  
«Вал черв'ячного редуктора»»***

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МВс-11  
спеціальності \_\_\_\_\_

133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_ **Кузь Ю.В.**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ **Ярема І.Т.**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ **Кобельник В.Р.**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ **Кобельник В.Р.**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль 2022

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 Кузь Юрій Васильович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Верстатно – інструментальне забезпечення обробки деталі « вал черв'ячного редуктора »

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

Затверджені наказом ректора від « 19 » січня 2022 року № 4/7-11

2. Термін подання студентом завершеної роботи До 17 червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи Креслення деталі « вал черв'ячного редуктора », 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 , або спеціального інструменту. САПР. Розділ «Безпека життєдіяльності та основи охорони праці»

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

Креслення деталі та заготовки – 1 арк.ф..А2. Карта налагоджування - 1 арк ф. А1.

Кінематична схема верстата, що забезпечує технологічний процес - 1 арк. ф. А.1.

Складальне креслення коробки приводу головного руху – 1 арк. ф.А1.

Креслення пінолі верстату – 1 арк. ф.А1.



## Анотація

Верстатне та інструментальне забезпечення обробки деталі «Вал черв'ячного редуктора» // Кваліфікаційна робота бакалавра. Кузь Юрій Васильович. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВс-41.: ТНТУ, 2022.

Ключові слова: вал черв'ячного редуктора, механічна обробка, режими різання, кінематична схема, токарний автомат з ЧПК, коробка швидкостей.

В кваліфікаційній роботі бакалавра приведено технологічні розрахунки на технологічну операцію «Токарна з ЧПК» для деталі «Вал черв'ячного редуктора». Розроблено кінематичну схему верстата. Здійснено конструювання приводу головного руху верстату. Вирішені питання охорони праці та безпеки життєдіяльності.

## Annotation

Kuz Yu.V. Tools and instruments for the part «Worm reduction gear shaft» processing. Thesis for the bachelor's degree of specialty 133 - Industrial machinery engineering; Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University; Ternopil, 2022.

Key words: worm reduction gear shaft, machining, cutting modes, kinematic scheme, CNC lathe, gearbox.

In the bachelor's thesis the technological calculations for the technological operation "Turning with CNC" for the part «Worm reduction gear shaft» are given. The kinematic scheme of the machine is developed. The design of the drive of the main movement of the machine is carried out. Resolved issues of labor protection and life safety.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Кузь Ю.В.				Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Ярема І.Т.					4	1
Реценз.					<i>Анотація</i> ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль		
Н. Контр.	Кабельник В.Р.						
Затверд.	Кабельник В.Р.						

## Зміст

Вступ	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Аналіз завдання	8
1.2 Характеристика об'єкту виробництва	10
1.3 Огляд літератури	12
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Розрахунок режимів різання для технологічної операції	15
2.2 Верстатне забезпечення технологічної операції	20
2.3 Інструментальне забезпечення технологічної операції	20
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	24
3.1 Розробка кінематичної схеми верстату	24
3.1.1 Особливості вибору двигуна для верстатів з ЧПК	24
3.1.2 Розрахунок граничних частот обертання шпинделя верстата	25
3.1.3 Вибір електродвигуна приводу головного руху	28
3.1.4 Визначення діапазону регулювання приводу та побудова кінематичної схеми коробки швидкостей	30
3.1.5 Визначення передаточних відношень та чисел зубів коробки швидкостей, побудова кінематичної схеми	35
3.2 Конструювання коробки приводу головного руху	38
3.2.1 Розрахунок найбільш навантаженої передачі коробки швидкостей	38
3.2.2 Автоматизований розрахунок тихохідної ступені коробки швидкостей	40
3.3 Опис та принцип роботи пінолі задньої бабки верстату	44
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	45
4.1 Розрахунок та розробка схеми захисного заземлення для верстату	45
4.2 Захист населення в надзвичайних ситуаціях	48
ВИСНОВКИ	51
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	52
ДОДАТКИ	54

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ЗМІСТ</i>					
Розроб.		<i>Кцзь Ю.В.</i>						Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Ярема І.Т.</i>						5	1	
Реценз.								<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		
Н. Контр.		<i>Кабельник В.Р.</i>								
Затверд.		<i>Кабельник В.Р.</i>								

## ВСТУП

Металорізальні верстати є основним обладнанням машинобудівних підприємств. Для підвищення ефективності виробництва слід використовувати сучасні високопродуктивні верстати.

Сучасні металорізальні верстати – високоінтелектуальне обладнання, що включає велику кількість різноманітних механізмів, в них використовуються механічні, електричні, електронні, гідравлічні, пневматичні та інші методи здійснення рухів та керування циклом. Верстати дозволяють здійснювати обробку широкого асортименту продукції, від найдрібніших елементів для годинників до деталей турбін та кораблів.

Верстати дозволяють обробляти деталі найрізноманітнішої форми з дотриманням високих вимог до їх точності та якості. При цьому матеріал з яких виготовлені деталі може бути з різноманітних матеріалів, а саме сталей, чавунів, кольорових металів та сплавів, пластмас, деревини та інших.

Верстати вважають високопродуктивним обладнанням, оскільки вони дозволяють проводити обробку на високих режимах різання. Новітні конструкції верстатів відрізняються високою швидкохідністю, потужністю, в них часто застосовують системи ЧПК, що надає їм певної гнучкості. В останні роки спостерігається тенденція оснащення верстатів засобами адаптивного контролю, що дозволяє суттєво покращити їх експлуатаційні властивості.

При виготовленні деталей машин фактично відбувається послідовне застосування процесів формоутворення основних поверхонь заготовки у відповідності до вимог характеристик якості [13]. Етапи обробки поверхонь деталей та послідовність їх виконання фактично формують технологічний процес їх виготовлення.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Кцзь Ю.В.</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Ярема І.Т.</i>				<i>6</i>	<i>2</i>
<i>Реценз.</i>					<i>ВСТУП</i> <i>ТНТУ ім. І. Пулюя</i> <i>гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Кодельник В.Р.</i>					

Розробка раціонального та оптимального технологічного процесу обробки деталей є складною задачею, оскільки вона передбачає вирішення великої кількості взаємопов'язаних задач технологічного характеру. Необхідно забезпечити встановлені технологічні вимоги параметрів точності виробу та заданого рівня економічних показників виробництва.

Підвищення ефективності виробництва, його відбувається в результаті вдосконалення та інтенсифікації різноманітних технологій. Вдосконалення технологічних процесів переважно здійснюється шляхом підвищення швидкостей обробки та скороченням часу на допоміжні операції. Також важливе місце при цьому займає комплексна автоматизація машинобудівного виробництва. При цьому важливе місце займає використання сучасних CAD-CAM систем [21]. Такі системи дають можливість суттєво скоротити терміни на впровадження нових виробів та мають значний вплив на технологію виробництва, вони дозволяють підвищити якість та надійність продукції [19].

При здійсненні верстатно-інструментального забезпечення надзвичайно важливо правильно визначити можливість його реалізації в заданих техніко-організаційних умовах виробництва.

**Структура і обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота бакалавра складається із вступу, чотирьох розділів і основних висновків, які розміщені на 51 сторінках, 24 рисунків та 10 таблиць, списку літературних джерел з 27 найменувань на 3 сторінках і додатків на 12 сторінках, всього 66 сторінок.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

# 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз завдання

Вихідними даними на виконання кваліфікаційної роботи є робоче креслення деталі «вал черв'ячного редуктора» (див. рис. 1.1), на якому приведені основні технічні вимоги та річна програма випуску деталей, яка становить 450 шт., а також паспорт токарного верстату.

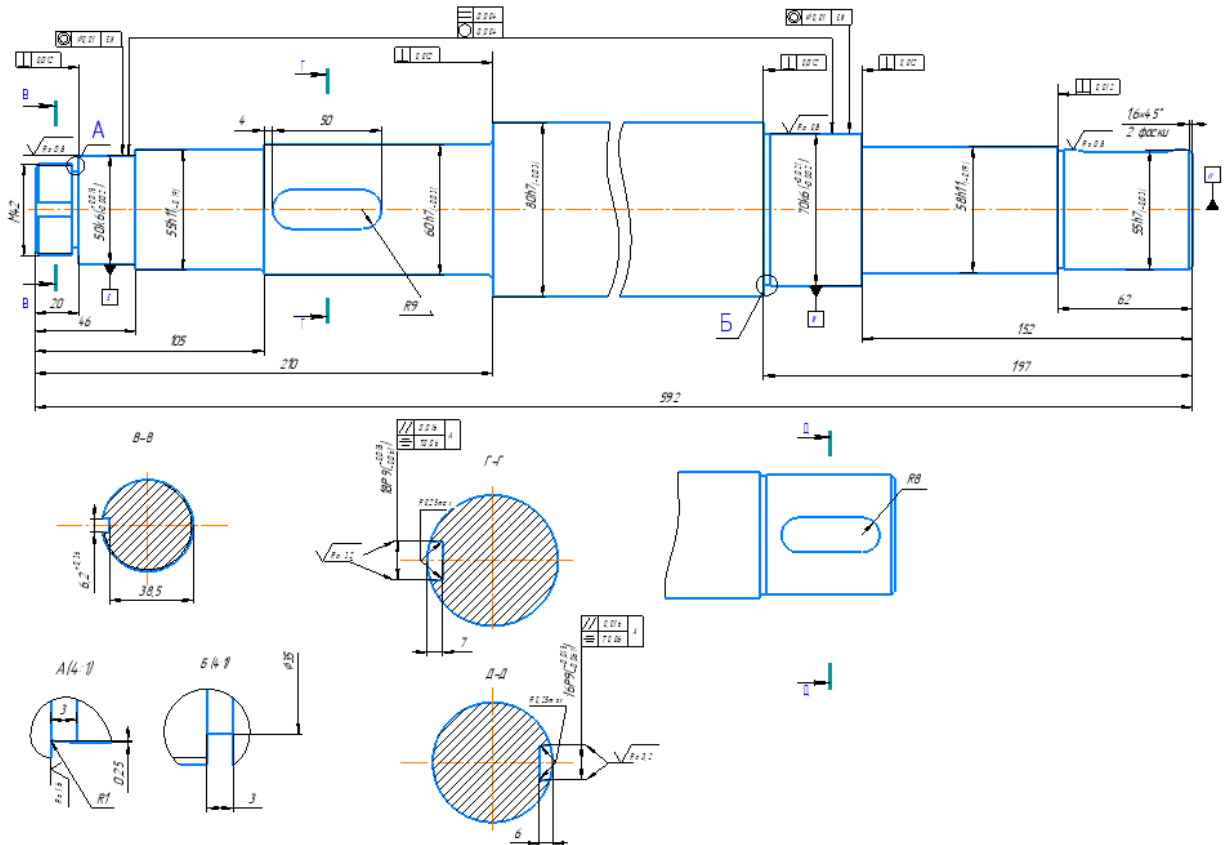


Рис. 1.1. Загальний вигляд деталі «вал черв'ячного редуктора»

Призначення деталі «Вал черв'ячного редуктора» - передача обертового руху за допомогою зубчастого колеса, яке виконане суцільно з валом на інший вал редуктора.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кущь Ю.В.			Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ярема І.Т.				8	7
Реценз.					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль		
Н. Контр.		Кодельник В.Р.					
Затверд.		Кодельник В.Р.					
<i>Аналітична частина</i>							



Деталі типу валів та осей є одними з найбільш навантажених деталей машин та механізмів, вони знаходять застосування в усіх галузях машинобудування. Виходячи з умови міцності їх конструюють із змінним перерізом. Ступінчаста форма валів зручна для виготовлення та складання, оскільки уступи можуть сприймати великі осьові сили.

Оброблювана деталь має циліндрично-ступінчасту форму з кількома шпонковими пазами (зокрема передбачаються пази під призматичну та сегментну шпонку). На циліндричній поверхні  $\varnothing 42$  має бути нарізана метрична різь.

У відповідності до класифікатора ЄСКД деталь «Вал черв'ячного редуктора» відноситься до класу 71 – вали, осі. Оброблювана деталь має типову геометричну форму, відносно неї можна застосувати типовий технологічний процес.

Заготовка для деталі «Вал черв'ячного редуктора» отримується методом штампування у закритих формах, при цьому група сталі М2, ступінь складності деталі С3. Отримана штамповка відповідає класу точності Т3 з вихідним індексом 9.

На рис. 1.2. приведено ескіз заготовки деталі «Вал черв'ячного редуктора», для якої буде здійснюватися розробка верстатно-інструментального забезпечення.

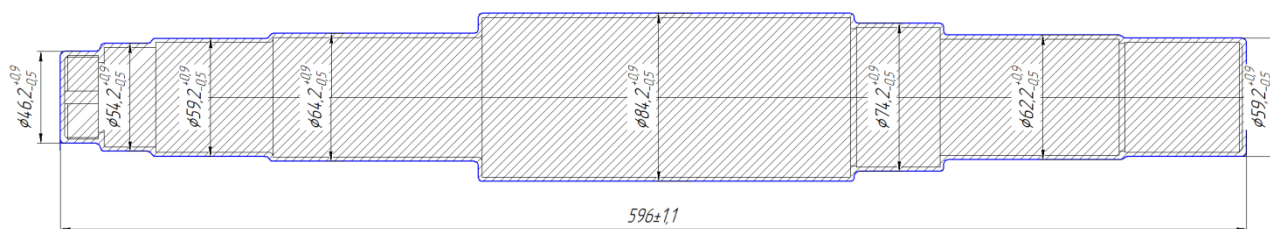


Рис. 1.2. Ескіз заготовки штамповка деталі «Вал черв'ячного редуктора»

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

## 1.2 Характеристика об'єкту виробництва

Деталь «Вал черв'ячного редуктора» виготовляється із якісної конструкційної вуглецевої сталі, а саме Сталі 45, її хімічний склад та механічні властивості вибираємо згідно довідника [6], а результати про неї вносимо відповідно в табл. 1.1 та табл. 1.2.

**Таблиця 1.1 Хімічний склад Сталі 45 ГОСТ 1050-88**

P, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	Cr, %	S, %
до 0,035	0,17-0,37	0,5-0,8	0,25	до 0,25	до 0,04

**Таблиця 1.2. Механічні властивості Сталі 45 ГОСТ 1050-88**

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %
730	540	16	45

Дану сталь переважно використовують в машинобудівній промисловості при виготовленні різноманітних типів валів, шпиндельних вузлів, кулачків та інших відповідальних деталей. Після механічної обробки деталі з даного матеріалу можуть піддаватися термообробці для отримання необхідних експлуатаційних властивостей. В цілому матеріал добре обробляється, він в цілому забезпечує високі експлуатаційні характеристики.

Проведемо аналіз креслення деталі зі сторони якості оброблюваних поверхонь (вони поділяються на основні та допоміжні).

Наша деталь має дві допоміжні поверхні, а саме:

- два центрові отвори А4 (ГОСТ14034-74);
- канавка  $\varnothing 35(-0.62)$ , Ra 6,3 – вона використовується для виходу шліфувального круга.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Основні поверхні на деталі служать для посадки інших деталей в процесі збору вузла. До основних поверхонь відносять:

- циліндри  $\varnothing 70k6$  та  $\varnothing 50k6$ , вони використовуються як посадочні поверхні під підшипники;
- циліндр  $\varnothing 60h7$ , служить для посадки під підшипник;
- циліндр  $\varnothing 60h7$ ,  $Ra6,3$ , дана поверхня є посадочною для зубчатого колеса;
- циліндр  $\varnothing 55h7$ ,  $Ra6,3$ , служить для посадки шківів.

Для детального аналізу об'єкту виробництва позначимо на деталі основні оброблювані поверхні цифрами (рис. 1.3), та запишемо для них технічні вимоги, результати цього зведемо в табл. 1.3.

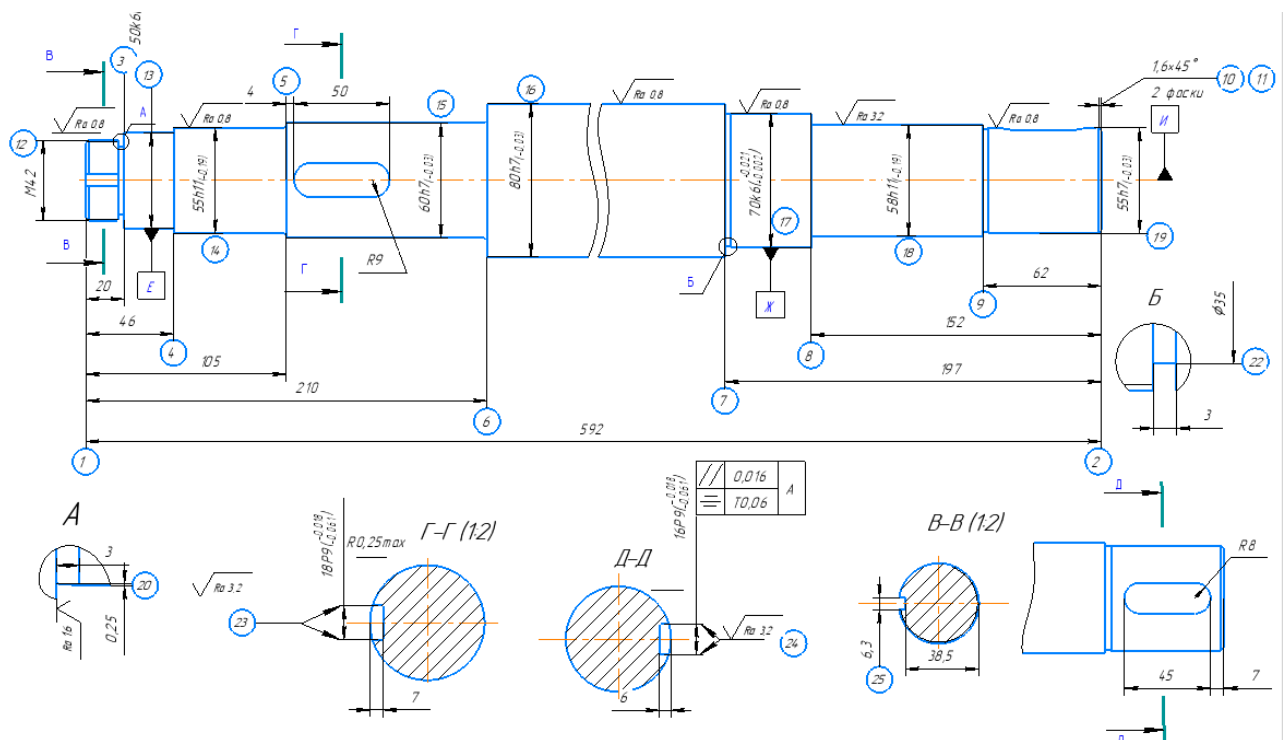


Рис. 1.3. Основні оброблювані поверхні деталі «Вал черв'ячного редуктора»

Таблиця 1.3. Аналіз технічних вимог

Позначення поверхні	Назва поверхні, зміст технічної вимоги	Точність (квалітет, ступінь)	Шорсткість (мкм)
1, 2	Торці 592-1,75	14	Ra6,3
3	Торець 30-0,52	14	Ra6,3
4	Торець 46-0,62	14	Ra6,3
5	Торець 105-0,87	14	Ra6,3
6	Торець 210-1,15	14	Ra6,3
7	Торець 197-1,15	14	Ra6,3
8	Торець 152-1,0	14	Ra6,3
9	Торець 62-0,74	14	Ra6,3
10, 11	Фаска 1,6x45°	14	Ra6,3
12	Циліндр з різьбою M42	14	Ra6,3
13	Циліндр Ø50k6	6	Ra0,8
14	Циліндр Ø55h11	11	Ra3,2
15	Циліндр Ø60h7	7	Ra1,6
16	Циліндр Ø80h7	7	Ra1,6
17	Циліндр Ø70k6	6	Ra0,8
18	Циліндр Ø58h11	11	Ra3,2
19	Циліндр Ø55h7	7	Ra1,6
20	Канавка 3-0,25	14	Ra6,3
22	Канавка 3-0,25 Ø35	14	Ra6,3
23	Шпонковий паз 18P9	9	Ra3,2
24	Шпонковий паз 16P9	9	Ra3,2
25	Паз 6,3	14	Ra6,3

В цілому деталь є технологічною, на ній відсутні поверхні які потребують складних формоутворюючих рухів.

Для обробки деталі «Вал черв'ячного редуктора» пропонується технологічний процес, для якого основні операції та переходи приведені в Додатку А.

### 1.3 Огляд літератури

Технологічний процес обробки валів різанням повинен гарантовано забезпечувати задані робочі характеристики деталі та задану якість у відповідності з технічними вимогами, які встановлюються кресленнями.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Найважливішою складовою процесу обробки валів на токарних верстатах із ЧПУ є прецизійна технологічна система, яка формує показники точності оброблюваних поверхонь валу [1].

Високий рівень якості обробки валів на металорізальних верстатах визначається вимогами до технологічної точності оброблюваних поверхонь, форми і розмірів, а також взаємним розташуванням складових системи обробки, шорсткості та хвилястості поверхні. Особливо високі вимоги до верстатів з ЧПУ переважно виникають при фінішній обробці, що формує основні параметри точності оброблюваного валу.

Точність обробки валів на токарних верстатах з ЧПУ можна визначити сумарним впливом складових технологічної системи верстата та її підсистем, факторів та компонентів (рис. 1.4) [2].

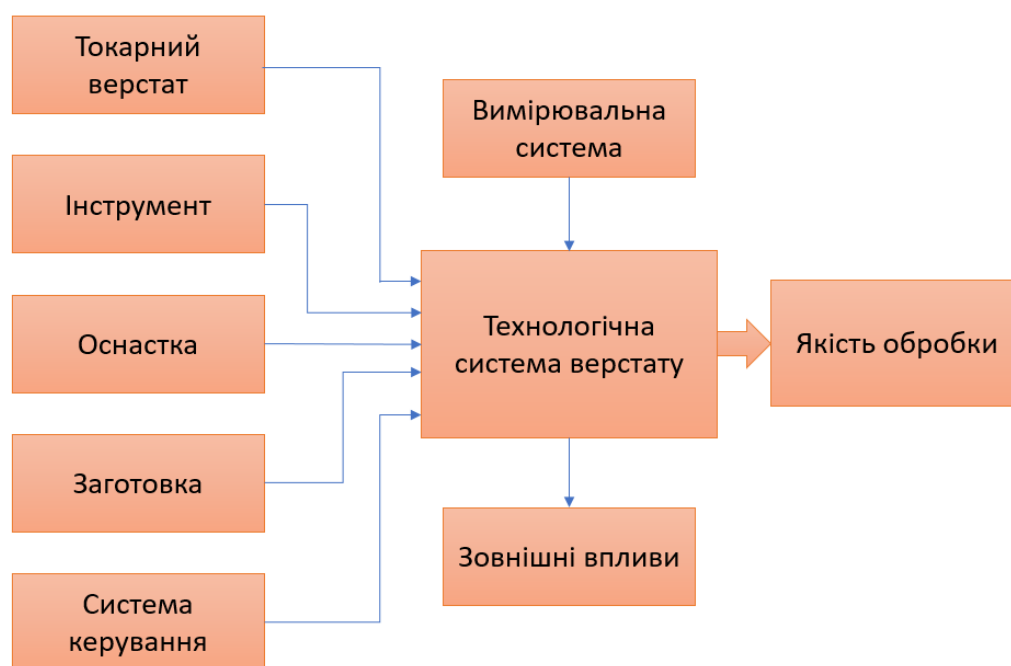


Рис. 1.4. Технологічна система верстату

Цікавою є публікація [5] в якій розглянуто питання визначення варіантів обробки ступінчастого валу. В запропонованій авторами методиці використано підхід, що базується на формуванні варіантів обробки з елементарних припусків. Розглянуто можливість застосування методики визначення варіантів обробки в САПР ТП для вирішення задачі структурної оптимізації.

В останні роки провідні фірми в області верстатобудування почали випускати верстати з паралельною кінематикою, які можуть бути використані для обробки складних ступінчастих валів. Вони дозволяють здійснювати їх комплексну обробку [8].

Заслуговують на увагу публікації в яких розглядаються питання щодо застосування при обробці валів оснащення з адаптивними кінематичними зв'язками

В останні роки з'явилося багато публікацій з питань використання багатолезового оснащення з адаптивними кінематичними зв'язками, яке може використовуватися для обробки тіл обертання [11, 10].

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Розрахунок режимів різання для технологічної операції

Розрахунок режимів різання будемо проводити для операції 010 Токарна з ЧПК. Дана операція передбачає виконання 27 переходів. Тому для першого переходу розрахунки проведемо аналітичним способом, а для всіх інших – табличним.

Даний перехід передбачає попереднє точіння поверхні 12 в розмір  $\Phi 42,4_{-1}$ .

Для цієї операції буде застосовуватись різець ISO SCLCL 2525 M12 – це різець для чорнової обробки, правий, який має наступні геометричні параметри:  $\varphi = 93^\circ$ ;  $\gamma = 0^\circ$ ;  $\alpha = 10^\circ$ ;  $\lambda = 5^\circ$ ;  $r = 1$  мм; ріжуча пластина ISO CNMG120408-MP.

Для визначення довжини робочого ходу скористаємось формулою:

$$L_{p.x.} = l_{різ} + y + l_{дод} \quad (2.1)$$

де  $L_{різ} = 20$  мм – довжина різання поверхні деталі згідно креслення деталі;

$y = 4$  – табличне значення коефіцієнту, що характеризує довжину підводу, врізання та перебіг інструменту [15];

$l_{дод} = 0$  – розмір додаткової величини, який пов'язаний з налагодженням верстату, мм.

Після підстановки отримаємо:

$$L_{p.x.} = 20 + 4 + 0 = 24 \text{ мм}$$

Для розрахунку величини глибини різання застосуємо вираз:

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (2.2)$$

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Кцзь Ю.В.				Лит.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Ярема І.Т.					15	9		
Реценз.					<i>Технологічний розділ</i>					
Н. Контр.		Кодельник В.Р.						<i>ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВС-41, м. Тернопіль</i>		
Затверд.		Кодельник В.Р.								

де  $D$  – значення діаметру заготовки (визначається по кресленню заготовки), мм;  
 $d$  – діаметр деталі для якого проводиться обробка, мм;

$$t = \frac{46,2 - 42,4}{2} = 1,9 \text{ мм}$$

Значення подачі на оберт шпинделя  $S_o = 0,6$  мм/об (вибираємо із довідника [14, С.24, табл. 2.3]).

Для розрахунку швидкості різання  $V$  скористаємось виразом:

$$V = V_{\text{табл.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \text{ м/хв} \quad (2.3)$$

де  $V_{\text{табл.}} = 110$  м/хв – значення швидкості різання (обирається на основі таблиць значень) [14, С.46, табл. 2.12];

$K_1 = 0,75$  - табличне значення поправочного коефіцієнту [14, С.49, табл. 2.14];

$K_2 = 1,0$  - табличне значення поправочного коефіцієнту [14, С.50, табл. 2.15];

$K_3 = 0,81$  - табличне значення поправочного коефіцієнту [14, С.51, табл. 2.17].

Після підстановки отримаємо:

$$V = 110 \cdot 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,55 = 127,87 \text{ м/хв}$$

Для розрахунку частоти обертання шпинделя використаємо залежність:

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

Підставивши раніше обраховані значення отримаємо:

$$n = \frac{1000 \cdot 127,87}{3,14 \cdot 46,2} = 841 \text{ об/хв}$$

На основі нормативного ряду приймаємо:

$$n = 850 \text{ об/хв.}$$

Тоді значення дійсної швидкості головного руху буде становити:

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



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

В результаті розрахунку отримаємо:

$$V_{\partial} = \frac{3,14 \cdot 46,2 \cdot 850}{1000} 123,3 \text{ м/хв}$$

Для визначення швидкість подачі застосуємо вираз:

$$V_s = S_o \cdot n_d, \text{ мм/хв} \quad (2.6)$$

В результаті обчислення отримуємо:

$$V_s = 0,6 \cdot 850 = 510 \text{ мм/хв}$$

Значення сили різання  $P_z$  приймаємо на основі [14, С.46, табл. 2.12]:

$$P_z = 3150 \text{ Н.}$$

Потужність різання приймаємо табличним методом [14, С.46, табл. 2.12]:

$$N = 4,45 \text{ кВт}$$

Також слід провести розрахунок основного (машинного) часу на обробку:

$$T_o = \frac{L_{\text{р.х.}}}{V_s}, \text{ хв} \quad (2.7)$$

Після підстановки та обчислення отримаємо:

$$T_o = \frac{24}{510} = 0,06 \text{ хв}$$

В табл. 2.1 зведено результати розрахунків на інші переходи операції 010 Токарна з ЧПК.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1. Результати розрахунків на інші переходи операції 010

Номер, назва операції, зміст переходу	$t$ , мм	$L$ , мм	$i$	$T_m$ , хв	$S_0$ , мм/об	$V$ , м/хв	$n$ , об/хв	$S_{xв}$ , мм/хв	$T_0$ , хв	$N$ , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
010. Токарна з ЧПК										
Перехід 2. Попередньо точити поверхню 12 в розмір $\varnothing 42,4_{-1}$	1,9	24	1	60	0,6	120	850	496	0,06	4,45
Перехід 3. Попередньо точити поверхню 13 в розмір $\varnothing 51,45_{-0,62}$	1,8	26	1	60	120	0,6	740	445	0,06	4,23
Перехід 4. Напівчисто точити поверхню 13 в розмір $\varnothing 51_{-0,160}$	0,22	26	1	60	120	0,6	740	445	0,06	0,53
Перехід 5. Попередньо точити поверхню 14 в $\varnothing 55,65_{-0,74}$	1,75	59	1	60	120	0,6	690	420	0,13	4,39
Перехід 6. Напівчисто точити поверхню 14 в розмір $\varnothing 55,2_{-0,3}$	0,23	59	1	60	120	0,6	700	420	0,13	0,59
Перехід 7 Попередньо точити поверхню 15 в розмір $\varnothing 61,45_{-0,620}$	1,75	105	1	60	120	0,6	680	373	0,25	4,22
Перехід 8. Напівчисто точити поверхню 15 в розмір $\varnothing 61_{-0,190}$	0,23	105	1	60	120	0,6	700	373	0,25	0,57
Перехід 9. Попередньо точити 16 в розмір $\varnothing 81,45_{-0,74}$	1,75	185	1	60	120	0,6	480	283	0,65	4,18
Перехід 10. Напівчисто точити поверхню 16 в розмір $\varnothing 81_{-0,190}$	0,23	185	1	60	120	0,6	490	294	0,63	0,58
Перехід 11. Попередньо точити поверхню 19 в розмір $\varnothing 56,45_{-0,74}$	1,75	62	1	60	120	0,6	680	408	0,12	4,16
Перехід 12. Напівчисто точити поверхню 19 в розмір $\varnothing 56,45_{-0,74}$	0,23	62	1	60	120	0,6	680	406	0,11	0,56
Перехід 13. Попередньо точити поверхню 18 в розмір $\varnothing 58,65_{-0,740}$	1,35	90	1	60	120	0,6	650	391	0,23	3,22
Перехід 14. Напівчисто точити поверхню 18 в розмір $\varnothing 58,2_{-0,3}$	0,23	90	1	60	120	0,6	660	396	0,22	0,56
Перехід 15. Попередньо точити поверхню 17 в розмір $\varnothing 71,45_{-0,74}$	1,35	45	1	60	120	0,6	535	321	0,14	3,23
Перехід 16. Напівчисто точити поверхню 17 в розмір $\varnothing 71_{-0,190}$	0,23	45	1	60	120	0,6	535	321	0,13	0,55

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ

Арк.

18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Перехід 17. Остаточню точити поверхню 19 в $\varnothing 55,8_{-0,12}$ , торець 9. Нарізати фаску 10 в розмір $1,6 \times 45^\circ$	0,1	62	1	60	100	0,3	570	171	0,35	0,12
Перехід 18. Остаточню точити поверхню 18 в розмір $\varnothing 58_{-0,190}$ , торець 8	0,1	90	1	60	100	0,3	550	165	0,54	0,12
Перехід 19. Остаточню точити поверхню 17 в розмір $\varnothing 70,8_{-0,12}$ , торець 7	<u>0,1</u>	<u>45</u>	<u>1</u>	<u>60</u>	<u>100</u>	<u>0,3</u>	<u>450</u>	<u>135</u>	<u>0,3</u>	<u>0,12</u>
Перехід 20. Остаточню точити поверхню 16 в розмір $\varnothing 80,8_{-0,12}$ . Нарізати фаску 11 в розмір $1,6 \times 45^\circ$	0,1	185	1	60	100	0,3	390	118	1,5	0,12
Перехід 21. Остаточню точити поверхню 12 в розмір $\varnothing 42_{-0,62}$ , торець 3	0,1	24	1	60	100	0,3	760	227	0,1	0,11
Перехід 22. Остаточню точити поверхню 13 в розмір $\varnothing 50,8_{-0,10}$ торець 4	0,1	26	1	60	100	0,3	630	189	0,13	0,11
Перехід 23. Остаточню точити поверхню 14 в розмір $\varnothing 55_{-0,190}$ , торець 5	0,1	59	1	60	100	0,3	580	174	0,3	0,12
Перехід 24. Остаточню точити поверхню 15 в розмір $\varnothing 60,8_{-0,12}$ , торець 6	0,1	105	1	60	100	0,3	525	157	0,66	0,11
Перехід 25. Нарізати канавку 20 в розмір $3_{-0,25}$	0,25	3	1	60	100	0,3	700	212	0,01	3,6
Перехід 26. Нарізати канавку 21 в розмір $3_{-0,25}$	0,25	3	1	60	100	0,3	640	212	0,01	3,5
Перехід 27 Нарізати різь М42 на циліндричній поверхні 25	-	26	1	60	1	60	320	318	0,31	0,38
Всього									7,38	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ

Арк.

19

## 2.2 Верстатне забезпечення технологічної операції

При проектуванні технологічного процесу надзвичайно важливо правильно підібрати обладнання. Його обирають за видом обробки у відповідності до його службового призначення. Також слід врахувати чи відповідають габаритні розміри заготовки робочій зоні верстату та досяжна точність верстату (за паспортом).

Якщо верстат відповідає цим критеріям, то після цього його перевіряють на відповідність по критерію продуктивності, чи є потреба здійснювати його механізацію та автоматизацію.

Виходячи з приведених вище міркувань для здійснення обробки деталі «вал черв'ячного редуктора» застосуємо наступне обладнання:

- операція 005 Фрезерно-центрувальна - напівавтомат моделі EM535M;
- операція 010 Токарна з ЧПК - верстат моделі 16K20Ф3 з системою ЧПК WL4T;
- операції 015 та 040 Круглошліфувальні – верстат моделі 3M151Ф2.
- операції 020 та 025 Шпонково-фрезерні - напівавтомат моделі 692M;
- операція 030 Вертикально-фрезерна - верстат моделі 6P13.

Технічні характеристики даного обладнання приведені в Додатку Б.

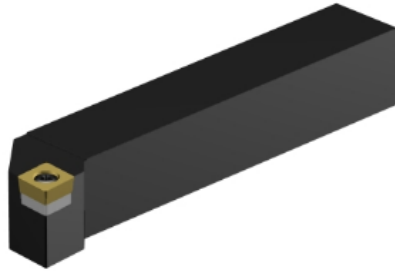
## 2.3 Інструментальне забезпечення технологічної операції

Розглянемо інструментальне забезпечення яке слід забезпечити для виконання операції 010 Токарна з ЧПК.

Для забезпечення ТП обробки деталі потрібні ріжучі інструменти:

- різець токарний ISO SCLCR 2525 M12 (чорновий правий), ріжуча пластина ISO CNMG120408-MP [18]. Його зовнішній вигляд та основні технічні характеристики приведені на рис. 2.1;

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20



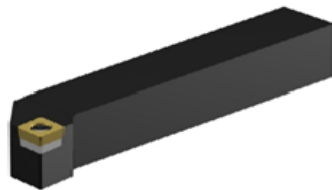
## SCLCR 2525M 12

Державка CoroTurn® 107 для точіння

Головний кут у плані (KAPR1)	95 град
Головний кут у плані (дюйм.) (PSIR)	-5 град
Типу закріплення (MTP)	C
Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм

Рис. 2.1. Різець токарний ISO SCLCR 2525 M12 пластина CNMG120408-MP

- різець токарний ISO SCLCL 2525 M12, ріжуча пластина ISO CNMG120408-MP [18]. Його зовнішній вигляд та основні технічні характеристики приведені на рис. 2.2;



## SCLCL 2525M 12

Державка CoroTurn® 107 для точіння

Головний кут у плані (KAPR1)	95 град
Головний кут у плані (дюйм.) (PSIR)	-5 град
Типу закріплення (MTP)	C
Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм

Рис. 2.2. Різець токарний ISO SCLCL 2525 M12 пластина CNMG120408-MP

- різець токарний ISO CKJNR 2525 M16 (чистовий правий), ріжуча пластина KNUX1604 [18]. Його зовнішній вигляд та основні технічні характеристики приведені на рис. 2.3;

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21



## CKJNR 2525M 16

Хвостовик T-Max® для токарної обробки

Кут ріжучої кромки інструменту (KAPR1)	93 град
Кут нахилу інструменту (PSIR)	-3 град
Код типу затиску (MTP)	C
Ширина хвостовика (B)	25 мм
Висота хвостовика (H)	25 мм
Функціональна довжина (LF)	150 мм
Функціональна ширина (WF)	32 мм
Функціональна висота (HF)	25 мм
Ортогональний передній кут (GAMO)	-6 град
Кут нахилу (LAMS)	0 град

Рис. 2.3. Різець токарний ISO CKJNR 2525 M16, пластинка KNUX1604

- різець канавковий TGFR 2525-4. [18]. Його зовнішній вигляд та основні технічні характеристики приведені на рис. 2.4;

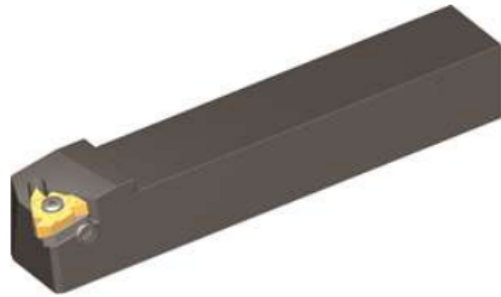


Ширина хвостовика	25 мм
Висота хвостовика	25 мм
Функціональна довжина	150 мм
Вага предмета	0,675 кг

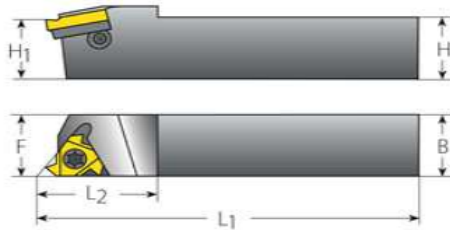
Рис. 2.4. Різець токарний TGFR 2525-4

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- різець різьбовий AL25-4F, пластина 1/2F [20]. Його зовнішній вигляд та основні технічні характеристики приведені на рис. 2.5;



hol-E-std



### Тримачі VARDEX TT-TT Тримачі Standard

AL25-4

EX/IN	ВПР
RH/LH	RH
Охолоджуюча рідина	Ні
Розмір хвостовика (мм)	25,0 мм
Компанія	Варгус
Опис	AL25-4
Опис ринку	AL25-22
L1	155.7 mm
B-мм	25 mm
H1	25 mm
L2	36 mm
F	25 mm

Рис. 2.5. Різець різьбовий AL25-4F

В якості вимірювального інструменту використовуємо штангель типу CR 2032 250-0,05 DIN862 та калібри-скоби на відповідальні розміри валу, а саме: калібр-скоба  $\varnothing 50,8_{-0,10}$ ; калібр-скоба  $\varnothing 55,8_{-0,12}$ ; калібр-скоба  $\varnothing 55_{-0,19}$ ; калібр-скоба  $\varnothing 60,8_{-0,12}$ ; калібр-скоба  $\varnothing 80,8_{-0,12}$ .

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Розробка кінематичної схеми верстату

##### 3.1.1. Особливості вибору двигуна для верстатів з ЧПК

Електродвигун вважають одним із найважливіших елементів приводу головного руху верстату. Його тип обумовлює структуру приводу верстату, вибір системи керування, а також основні механічні та технологічні характеристики. Як правило, в приводах верстатів знаходять використання двигуни постійного та змінного струму.

Згідно існуючих рекомендацій в приводах головного руху верстатів з ЧПК слід застосовувати двигуни постійного струму (ДПС), вони дозволяють змінювати частоту обертання в визначеному діапазоні з постійною граничною потужністю [9].

Застосування в приводі головного руху двигуна постійного струму дає ряд переваг над приводом в якому застосований двигун змінного струму, вони приведені на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Переваги використання двигунів постійного струму

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кцзь Ю.В.			Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ярема І.Т.				24	21
Реценз.					ТНТУ ім. І. Пулюя зр. МВС-41, м. Тернопіль		
Н. Контр.		Кодельник В.Р.					
Затверд.		Кодельник В.Р.					
<i>Конструкторська частина</i>							



Приведені вище переваги показують, що для верстатів з ЧПК ДПС будуть найкращим джерелом головного руху.

### 3.1.2 Розрахунок граничних частот обертання шпинделя верстата

В верстатах з ЧПК для регулювання швидкості ДПС [9], як правило, застосовують схему безступінчастого регулювання, яка має ряд позитивних якостей (див. рис. 3.2).



Рис. 3.2. Переваги безступінчастого регулювання

Для забезпечення роботи приводу з постійною потужністю при частотах обертання від 20 до 500 об/хв в структуру безступінчастого регулювання вводять перебір зубчастих коліс.

Вибір двигуна будемо здійснювати по частотних характеристиках.

Як відомо [7], для верстатів з ЧПК можуть використовуватися ДПС, які здатні працювати із постійною потужністю в діапазоні частот  $1000 \div 6500$  об/хв. Використання механічного перебору забезпечує роботу приводу з в середній частині діапазону регулювання ( $20 \div 500$  об/хв).

Тому для визначення діапазону регулювання визначають верхню та нижню межі для чисел обертів шпинделя. Дані параметри можна розрахувати на основі аналізу максимальної та мінімальної швидкостей різання, а вони залежать від виду оброблюваного матеріалу, умов різання, оброблюваних діаметрів тощо.

Так для розрахунку швидкості різання при зовнішньому поздовжньому точінні скористаємось виразом [17]:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \quad (3.1)$$

де  $C_v, T, m, x, y$  – табличні показники, їх значення приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Параметри для розрахунку швидкості різання

Оброблюваний матеріал	Вид обробки							
	Чистова				Чорнова			
	$C_v$	$x$	$y$	$m$	$C_v$	$x$	$y$	$m$
Сталь	420	0.15	0.2	0.2	340	0.15	0.45	0.2
Ковкий чавун	292	0.15	0.2	0.2	243	0.15	0.4	0.2
Силумін	485	0.12	0.25	0.28	328	0.12	0.5	0.28

Для проведення даного розрахунку слід сформуванати масив вихідних даних, такими даними є: режими різання, стійкість інструменту та діаметр оброблюваної деталі.

Для чорнової обробки приймаємо наступні значення показників:

- найбільший оброблюваний діаметр  $D_{max} = 400$  мм;
- глибина різання  $t = 3,00$  мм;
- величина подачі  $S = 1,00$  мм/об;
- рекомендована стійкість інструменту  $T = 80$  хв.

Результати розрахунку значення швидкості різання при чорновій обробці різних матеріалів приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Граничні глибини різання при обробці

Оброблюваний матеріал	$V_{min}$ мінімальне значення швидкості, м/хв
сталь	91,82
чавун	75,47
мідь	29,02

Для подальших розрахунків обираємо найменше значення розрахункової швидкості різання, воно буде становити  $V_{min} = 29,02$  м/хв.

Також нам слід розрахувати значення верхньої та нижньої меж чисел обертів шпинделя, для цього використаємо формули:

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

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot V_{min}}{\pi \cdot D_{max}}$$

Тоді  $n_{min}$  буде становити:

$$n_{min} = \frac{1000 \cdot 29,02}{3,14 \cdot 400} = 23,09 \text{ об/хв}$$

При розрахунках приводів верстатів застосовують знаменник ряду геометричної прогресії, за ним призначають нормалізоване найменше значення кількості обертів шпинделя. Для токарних верстатів  $\varphi = 1,26$ .

Відкоригуємо розрахункове  $n_{min}$  у відповідності до вимог Нормалі Н II-I. Найближче стандартне значення буде становити:  $n_{min} = 25$  об/хв.

Аналогічні розрахунки здійснюємо для чистової обробки різних матеріалів.

Для чистової обробки приймаємо наступні значення показників:

- найбільший оброблюваний діаметр  $D_{min} = 25$  мм;
- глибина різання  $t = 0,65$  мм;

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

- величина подачі  $S = 0,15$  мм/об;
- рекомендована стійкість інструменту  $T = 80$  хв.

Результати розрахунку значення швидкості різання при чистовій обробці різних матеріалів приведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Граничні глибини різання при обробці

Оброблюваний матеріал	$V_{max}$ максимальне значення швидкості, м/хв
сталь	208,52
чавун	166,71
мідь	82,83

Для подальших розрахунків обираємо найбільше значення розрахункової швидкості різання, воно буде становити  $V_{max} = 208,52$  м/хв.

Тоді  $n_{max}$  буде становити:

$$n_{max} = \frac{1000 \cdot 208,52}{\pi \cdot 25} = 2654,6 \text{ об/хв}$$

Відкоригуємо розрахункове  $n_{max}$  у відповідності до вимог Нормалі Н II-I. Найближче стандартне значення буде становити:  $n_{max} = 2500$  об/хв.

### 3.1.3 Вибір електродвигуна приводу головного руху

По ефективній потужності різання і коефіцієнту корисної дії верстату підбирають потужність електродвигуна [12]:

$$N_{дв} = \frac{N_{еф}}{\eta \cdot 0.8} + N_{х.х.} \text{ кВт} \quad (3.3)$$

де  $N_{еф}$  - ефективна потужність різання, приймаємо  $N_{еф} = 6,4$  кВт;

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

$\eta$  - ККД приводу головного руху;

$N_{x.x.}$  – втрати потужності на холостому ході, кВт.

ККД приводу головного руху обчислюємо за формулою:

$$\eta = \eta_{пп} \cdot \eta_{зп}^2 \cdot \eta_{підш}^3 \quad (3.4)$$

де  $\eta_{зп} = 0,99$  – ККД зубчастої передачі;

$\eta_{пп} = 0,96$  – ККД пасової передачі;

$\eta_{підш} = 0,985$  – ККД підшипників кочення.

$$\eta = 0,96 \cdot 0,99^2 \cdot 0,985^3 = 0,90$$

Для визначення втрат потужності на холостому ході скористаємось формулою:

$$N_{x.x.} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot d_{cp} (n_I + n_{II} + \dots + c \frac{d_{ун}}{d_{cp}} n_{ун}) \quad (3.5)$$

де  $d_{cp}$  - середнє арифметичне  $\emptyset$  опорних шийок валів за виключенням шпинделя, (згідно попередніх розрахунків  $d_{cp} \approx 60$  мм);

$d_{ун}$  - середнє арифметичне значення діаметрів опорних шийок шпинделя, (для нашого верстату  $d_{ун} = 110$  мм);

$c$  – коефіцієнт, що враховує тип монтажу опор шпинделя ( $c = 4$  для опор кочення);

$n_I, n_{II}, \dots, n_{ун}$  - частоти обертання валів (об/хв.) і шпинделя.

$$n_I = n_{\partial\partial} = 6700 \text{ об/хв}$$

$$n_{ун} = 2500 \text{ об/хв}$$

$$N_{x.x.} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot (500 + 100 + 4 \cdot \frac{110}{60} \cdot 160) = 0,43 \text{ кВт.}$$

$$N_{\partial\partial} = \frac{6,4}{0,900 \cdot 0,8} + 0,43 = 9,32 \text{ кВт}$$

Приймаємо:  $N_{\partial\partial} = 11 \text{ кВт}$

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Для приводу вибираємо двигун 1PH7 131 NF фірми SIEMENS, який має наступні технічні характеристики:

- номінальна потужність -  $P_{\text{НОМ}} = 11$  кВт;
- номінальний крутний момент -  $M_{\text{кр.НОМ}} = 70$  Нм;
- номінальна кількість обертів двигуна -  $n_{\text{дв.НОМ.}} = 500$  об/хв;
- максимальна кількість обертів двигуна -  $n_{\text{дв.мах}} = 6700$  об/хв.

### 3.1.4 Визначення діапазону регулювання приводу

В приводах верстатів з ЧПК здійснення безступеневого регулювання можливе при використанні ДПС з тиристорною системою керування [7] та двозонним регулюванням.

Згідно існуючої методики слід окремо розрахувати величини:

- $R_{\text{дМ}}$ , яка визначає діапазон регулювання (ДР) при постійному моменті;
- $R_{\text{дР}}$  – ДР при постійній потужності;
- $R_{\text{М}}$  - ДР механічної коробки швидкостей.

При цьому ці величини ДР приводу:

$$R_{\text{д}} = R_{\text{дМ}} \cdot R_{\text{дР}} \quad (3.6)$$

Величина загального діапазону регулювання обчислюється:

$$R = R_{\text{д}} \cdot R_{\text{М}} = R_{\text{дМ}} \cdot R_{\text{дР}} \cdot R_{\text{М}} \quad (3.7)$$

Звідси ДР механічної коробки швидкостей:

$$R_{\text{М}} = R / R_{\text{д}} \quad (3.8)$$

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

В загальному регулювання частоти обертання шпинделя може відбуватися при постійному моменті чи постійній потужності:

$$R_{\Pi} = R_{дР} \cdot R_M \quad (3.9)$$

Визначимо діапазон регулювання приводу:

$$R_{\Pi} = \frac{n_{max}}{n_{min}} \quad (3.10)$$

Підставивши вихідні дані отримаємо:

$$R_{\Pi} = \frac{2500}{25} = 100$$

Також необхідно визначити діапазон регулювання двигуна за умови, що  $N = const$ :

$$R_{\delta\epsilon}^N = \frac{n_{\delta\epsilon}^{max}}{n_{\delta\epsilon}^{ном}} \quad (3.11)$$

Тоді отримаємо:

$$R_{\delta\epsilon}^N = \frac{6700}{500} = 13,4$$

Оскільки  $R_{\delta\epsilon}^N < R_{\delta\epsilon}^N$ , то з метою забезпечення ДР слід використати ступеневу структуру у вигляді коробки швидкостей.

Тоді структура приводу верстату буде містити електричну та механічну ступеневі частини:

$$R_{\Pi} = R_{\delta\epsilon}^N \cdot R_{ст} \quad (3.12)$$

На основі попередньої залежності визначаємо ДР механічної частини:

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$R_{cm} = \frac{R_{II}}{R_{\delta\epsilon}^N} \quad (3.13)$$

Після підстановки отримаємо:

$$R_{cm} = \frac{100}{13,4} = 7,463 \approx 8$$

Як показали розрахунки значення найбільшого діапазону однієї ступеневої групи знаходиться в межах:

$$R_{ct}^{max} \leq \frac{i_{max}}{i_{min}} = \frac{1}{1/4} = 8$$

де  $i_{max}$  та  $i_{min}$  – відповідно найбільше та найменше значення передаточного відношення у групі передач.

Згідно попередніх розрахунків  $R_{cm} = 7,463$  і воно  $\approx R_{ct}^{max} = 8$ , то в ступеневій структурі приводу використаємо дві групи:

$$R_{cm} = R_{cm}^I \cdot R_{cm}^{II}$$

Тоді загальна структура приводу буде виражатися такою структурною формулою:

$$R_{II} = R_{\delta\epsilon}^N \cdot R_{ep}^I \cdot R_{ep}^{II} \quad (3.14)$$

Розрахуємо загальну кількість швидкостей ступеневої структури:

$$z_{cm} = \frac{\lg R_{II}}{\lg R_{\delta\epsilon}^N} \quad (3.15)$$

Підставимо і вираз значення і отримаємо:

$$z_{cm} = \frac{\lg 100}{\lg 13,4} = 1,774$$

Заокруглюємо отримане значення до найбільшого цілого числа, тоді отримаємо:  $z_{ct} = 2$ .

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



На наступному кроці визначаємо число інтервалів які дозволяють відобразити групу безступеневого  $c$  та ступеневого  $K_m$  регулювання, для цього використовуються відповідно вирази:

$$c = \frac{\lg R_D}{\lg \varphi} \quad (3.16)$$

$$K_m = \frac{\lg R_{cm}}{\lg \varphi} \quad (3.17)$$

Розраховані за даними виразами числові значення заокруглюємо до цілого числа.

$$c = \frac{\lg 13,4}{\lg 1,26} = 11,23$$

$$K_m = \frac{\lg 8}{\lg \phi 1,26} = 8,697$$

Тоді приймаємо:  $c = 11$ , а  $K_m = 9$ .

Визначимо фактичний діапазон регулювання коробки швидкостей та приводу в цілому:

$$R_{\phi.k.} = \varphi^{k_m} \quad (3.18)$$

Обчислимо значення фактичного діапазону регулювання коробки:

$$R_{\phi.k.} = 1,26^9 = 8,005$$

Тоді значення фактичного діапазону регулювання приводу:

$$R_{\phi.n.} = R_D \cdot R_{\phi.k.} \quad (3.19)$$

Після обчислень отримаємо:

$$R_{\phi.n.} = 13,4 \cdot 8 = 107,3$$

Для подальших розрахунків приймаємо  $R_{\phi.n.} = 107$

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Наступні розрахунки передбачають визначення числа інтервалів  $K_1$  між максимальними частотами обертання та електродвигуна, а також число інтервалів  $K_2$  між максимальною та мінімальною частотами обертання шпинделя:

$$K_1 = \frac{\lg(n_{дв.маx}/n_{шп.маx})}{\lg\varphi}; \quad K_2 = \frac{\lg R_{\phi.n}}{\lg \varphi} \quad (3.20)$$

Підставивши числові значення у відповідні вирази отримаємо:

$$K_1 = \frac{\lg(6700/2500)}{\lg 1,26} = 4,266;$$

$$K_2 = \frac{\lg 107}{1,26} = 19,926$$

Для подальших розрахунків приймаємо наступні значення:

$$K_1 = 5; K_2 = 20.$$

Тоді загальне значення числа інтервалів:

$$K_{заг} = K_1 + K_2 = 20 + 5 = 25$$

На основі нормалі Н11-1 «Нормальні ряди чисел у верстатобудуванні» вибираємо стандартний ряд частот обертання та будуємо графік частот обертання, він приведений на рис. 3.3.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

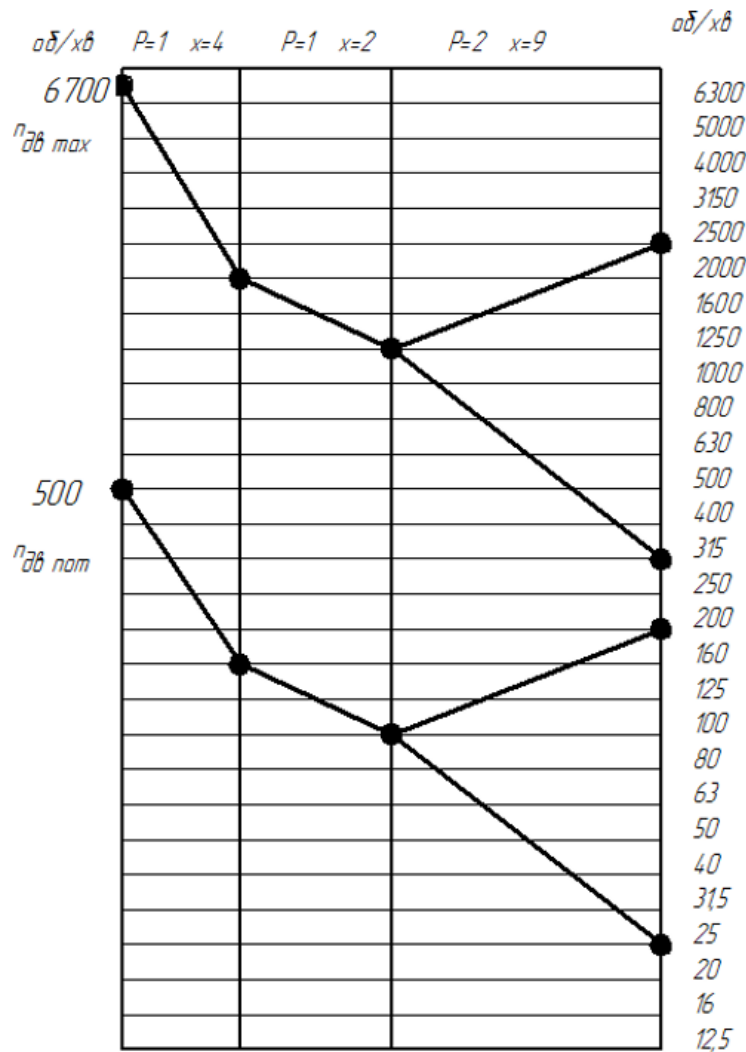


Рис. 3.3. Графік чисел обертів

### 3.1.5 Визначення передаточних відношень та чисел зубів коробки швидкостей, побудова кінематичної схеми

На основі отриманого графіку чисел обертів визначаємо передаточні відношення окремих пар зубчастих коліс.

При цьому будемо використовувати передачі які понижують та підвищують передаточні відношення, для них відповідно будемо використовувати вирази:

- понижуючі  $U = \frac{1}{\varphi^x}$ ;
- підвищуючі  $U = \varphi^x$ .

Для розробленого графіка чисел обертів отримаємо:

$$\begin{aligned}
 U_0 &= \frac{D_1}{D_2} = \frac{1}{\varphi^5} \\
 U_1 &= \frac{z_1}{z_2} \\
 U_2 &= \frac{z_3}{z_4} \\
 U_3 &= \frac{z_5}{z_6}
 \end{aligned}
 \tag{3.21}$$

Передаточні числа по окремих ланках становлять:

- пасова передача:  $i_0 = 3,18$ ;
- перша понижуюча передача:  $i_1 = 1,59$ ;
- друга підвищуюча передача:  $i_2 = 2,0$ ;
- друга понижаюча передача:  $i_3 = 4,0$ .

При умові, що відомі конкретні значення передаточних відношень для всіх груп, можна визначити числа зубів окремих пар. При цьому модуль всіх зубчастих коліс групи однаковий, а міжосьова відстань незмінна.

На основі вище приведеної умови запишемо систему рівнянь:

$$\begin{cases}
 z_3 + z_4 = z_5 + z_6 = \sum z \\
 \frac{z_3}{z_4} = U_2; \quad \frac{z_5}{z_6} = U_3;
 \end{cases}
 \tag{3.22}$$

Результати розрахунку чисел зубчастих коліс зведемо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4. Результати розрахунків числа зубчастих коліс

Передаточне відношення згідно графіку	Розрахункові значення	Прийняті значення
Пасова передача		
$i_0 = \frac{1}{\varphi^5} = 0,32$	$i_0 = \frac{D_1}{D_2} = 0,32$	$D_1 = 112 \text{ мм}$ $D_2 = 375 \text{ мм}$
Перша група		
$i_1 = \frac{1}{\varphi^2} = \frac{1}{1,26^2} = \frac{7}{11}$	$i_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{a}{b} = \frac{7}{11}$	$z_1 = \frac{\sum z \cdot a}{a + b} = \frac{80 \cdot 7}{11 + 7} = 31$ $z_2 = \frac{\sum z \cdot b}{a + b} = \frac{72 \cdot 11}{11 + 7} = 49$
Друга група		
$i_2 = \varphi^3 = 2,0$	$i_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{a}{b} = \frac{2}{1}$	$z_3 = \frac{\sum z \cdot a}{a + b} = \frac{90 \cdot 2}{1 + 2} = 60$ $z_4 = \frac{\sum z \cdot b}{a + b} = \frac{90 \cdot 1}{2 + 1} = 30$
$i_3 = \frac{1}{\varphi^6} = \frac{1}{1,26^6} = \frac{1}{4}$	$i_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{c}{d} = \frac{1}{4}$	$z_5 = \frac{\sum z \cdot a}{a + b} = \frac{90 \cdot 1}{1 + 4} = 18$ $z_6 = \frac{\sum z \cdot b}{a + b} = \frac{90 \cdot 4}{1 + 4} = 72$

Здійснимо побудову ескізу кінематичної схеми коробки швидкостей, використовуючи раніше проведені розрахунки, схема приведена на рис. 3.4.

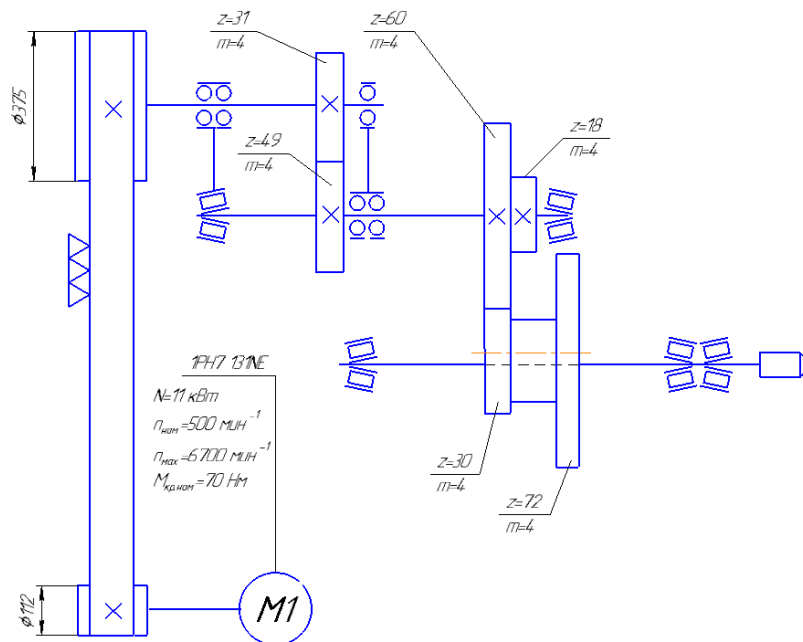


Рис. 3.4. Ескіз кінематичної схеми приводу головного руху

## 3.2 Конструювання коробки приводу головного руху

### 3.2.1 Розрахунок найбільш навантаженої передачі коробки швидкостей

Для здійснення силового розрахунку коробки швидкостей проєктованого верстата необхідно визначити потужність електродвигуна та мати значення величин крутних моментів, які здійснюють навантаження на зубчаті колеса та вали коробки.

Процес точіння передбачає виникнення зусилля різання в місці контакту системи інструмент-деталь. При здійсненні обробки прохідними різцями зусилля різання буде розкладатися на три складові частини за трьома взаємно перпендикулярними напрямками (див. рис. 3.5).

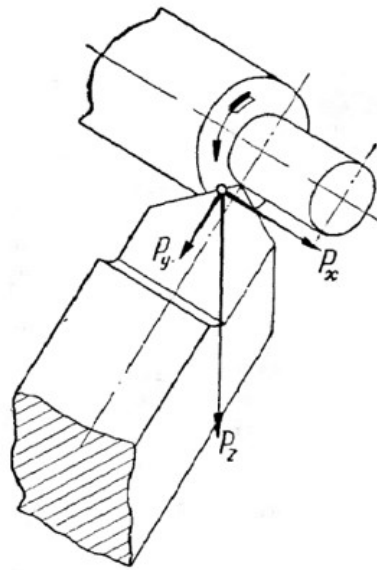


Рис. 3.5. Складові сили різання при повздовжньому точінні

Сила  $P_z$  створює навантаження в елементах кінематичного ланцюга коробки швидкостей. На її подолання затрачається найбільша потужність різання.

Для аналітичного розрахунку складових сили різання застосовують залежність [7]:

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

$$P_{z,x,y} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (3.23)$$

Визначення максимальних значень складових сили різання будемо проводити для найбільш жорстких умов роботи приводу (в процесі чорнового точіння). Для обрахунків використовуємо табличні коефіцієнти, їх зведено в табл. 3.5.

Таблиця 3.5. Значення коефіцієнтів та показників степені при визначенні  $P_{z,x,y}$

Оброблюваний матеріал	Складова сили різання $P_z$			
	$C_p$	x	y	n
Сталь	200	1	0,75	0
Чавун	81	1	0,75	0
Оброблюваний матеріал	Складова сили різання $P_y$			
	$C_p$	x	y	n
Сталь	200	1	0,75	0
Чавун	81	1	0,75	0
Оброблюваний матеріал	Складова сили різання $P_x$			
	$C_p$	x	y	n
Сталь	67	1,2	0,65	0
Чавун	38	1	0,4	0

На основі вибраних коефіцієнтів проводимо розрахунок складових сил різання при чорновій обробці сталі та чавуну, результати обрахунку зводимо в табл. 3.6.

Таблиця 3.6. Значення коефіцієнтів та показників степені при визначенні  $P_{z,x,y}$

Оброблюваний матеріал	Сталь	Чавун
Складова сили різання $P_z$ , Н	6000	2430
Складова сили різання $P_y$ , Н	3360	1156
Складова сили різання $P_x$ , Н	2504	1140

Для подальших розрахунків обираємо максимальне значення складової сили різання:  $P_z = 6000 \text{ Н}$ .

Проведемо розрахунок крутних моментів на валах проекрованої коробки. Крутний момент найбільш навантаженого валу визначаємо за формулою [3]:

$$M_{кр.3} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 10^3} \quad (3.24)$$

Підставимо в формулу розраховані раніше дані, отримаємо:

$$M_{кр.3} = \frac{6000 \cdot 400}{2 \cdot 10^3} = 1200 \text{ Нм}$$

Крутні моменти I та II валах визначаємо з врахуванням передаточних чисел передач:

$$\begin{aligned} M_{кр.2} &= M_{кр.3} \cdot i_3 \\ M_{кр.1} &= M_{кр.2} \cdot i_1 \end{aligned} \quad (3.25)$$

Підставивши значення передаточного відношення отримаємо:

$$M_{кр.2} = 120 \cdot 0,25 = 300 \text{ Нм}$$

$$M_{кр.1} = 300 \cdot 0,63 = 189 \text{ Нм}$$

На основі отриманих результатів проводимо розрахунок модуля зубчатих коліс.

### 3.2.2 Автоматизований розрахунок тихохідної ступені коробки швидкостей

Для автоматизованих розрахунків зубчастої передачі використаємо програму «КПДМ», вона дозволяє здійснити комплексне проектування деталей машин. Стартове вікно даної програми приведена на рис. 3.6.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



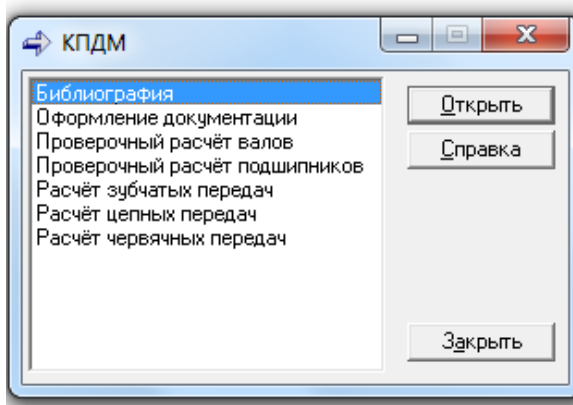


Рис. 3.6. Стартовое вікно програми

Проведемо розрахунок зубчастої передачі (тихохідна ступінь). Вихідними даними на проект є: крутний момент,  $T$ , Нм; передаточне число ( $u$ ); кутова швидкість колеса,  $\omega_2$ , рад/с; час роботи передачі ( $L$ , год).

Після цього необхідно вибрати тип передачі, марку матеріалу для шестерні та колеса, вид передачі, схему положення коліс відносно опор, вибирається конструктивні елементи колеса (з виточкою чи без), а також тип опор (кулькові чи роликові).

Вихідні дані на автоматизоване проектування беремо з попередніх розрахунків.

На рис. 3.7 – 3.11. приведені зображення вікон програми в процесі роботи.

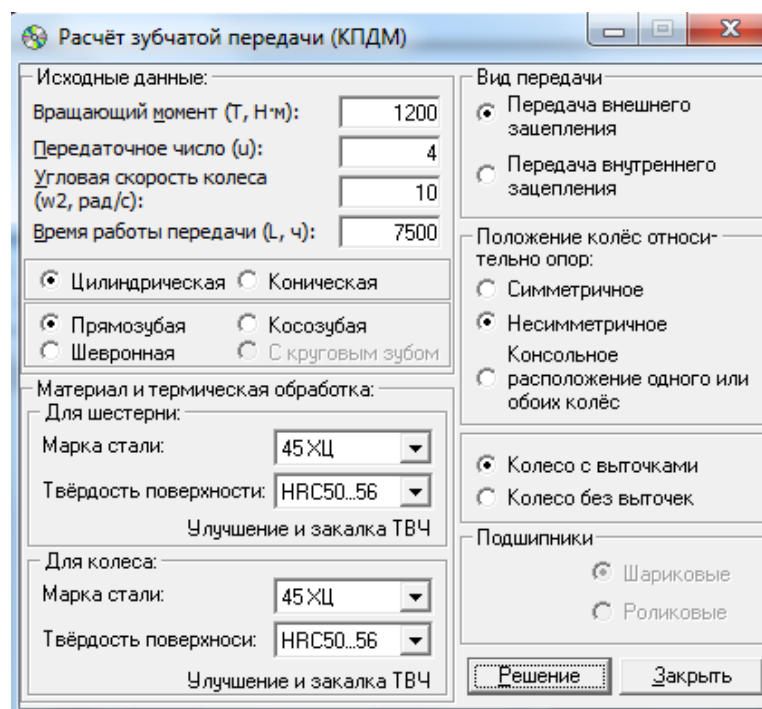


Рис. 3.7. Ввід вихідних даних та матеріалу зубчастих коліс, параметрів передачі

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

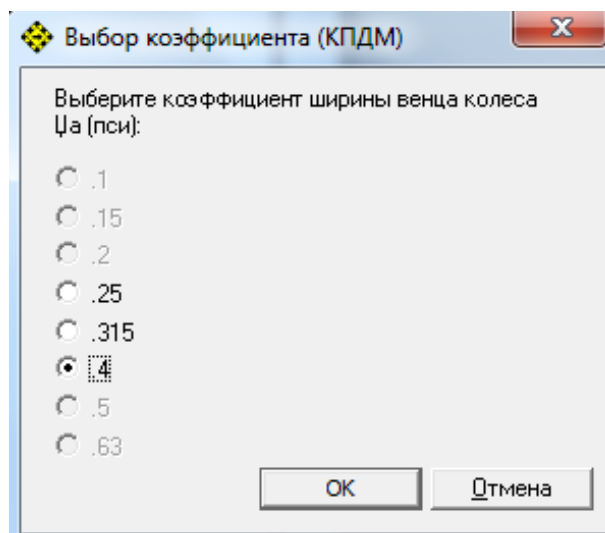


Рис. 3.8. Вибір коефіцієнта ширини вінця зубчастого колеса

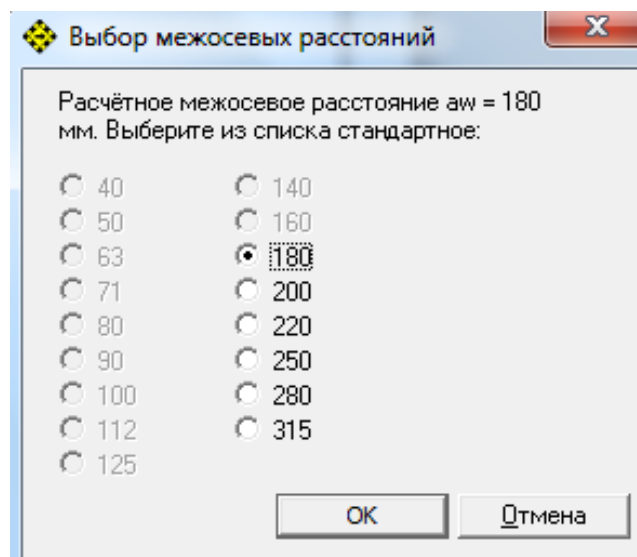


Рис. 3.9. Вибір стандартної міжосьової віддалі

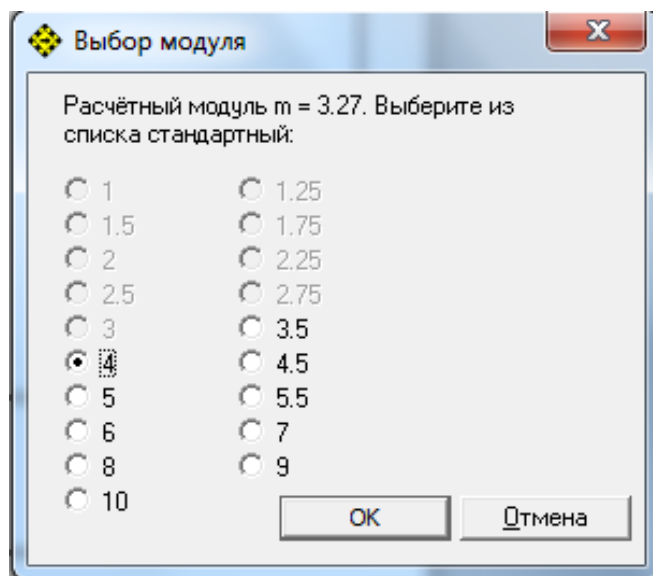


Рис. 3.10. Вибір значення стандартного модуля

Таблица результатов расчёта (КПДМ)

Параметр	Значение			
Межосевое расстояние $a_w$ , мм	180			
Модуль зацепления $m$ , мм	4			
Ширина зуба шестерни $b_1$ , мм	75			
Ширина зуба колеса $b_2$ , мм	71			
Угол наклона зубьев, градус	0			
Диаметр делительной окружности шестерни $D_1$ , мм	72			
Диаметр делительной окружности колеса $D_2$ , мм	288			
Число зубьев шестерни $z_1$	18			
Число зубьев колеса $z_2$	72			
Диаметр окружности вершины шестерни $D_{a1}$ , мм	80			
Диаметр окружности вершины колеса $D_{a2}$ , мм	296			
Диаметр окружности впадин шестерни $D_{f1}$ , мм	62			
Диаметр окружности впадин колеса $D_{f2}$ , мм	278			
Окружная сила $F_t$ , Н	8333			
Радиальная сила $F_r$ , Н	3033			
Осевая сила $F_a$ , Н	0			
<b>Напряжения</b>				
	<b>Допускаемые</b>	<b>Расчётные</b>	<b>Отклонение</b>	
Контактное $G_n$ , МПа	821	661	19.49 %	
Изгиба шестерни $G_{f1}$ , МПа	244	232	4.92 %	
Изгиба колеса $G_{f2}$ , МПа	285	200	29.82 %	

Закреть

Рис. 3.11. Таблица результатов розрахунку зубчастого колеса

Аналогічні розрахунки можемо провести для інших пар зубчастих коліс та на їх основі здійснити конструктивну розробку коробки приводу головного руху.



## 4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1. Розрахунок та розробка схеми захисного заземлення для верстату

Виробниче приміщення (механічний цех), в якому експлуатується верстат моделі 16К20Ф3 характеризується наявністю струмоведучих підлог і можливістю одночасного торкання металевих конструкцій, з'єднаних із землею, та елементів електрообладнання, що знаходяться під напругою.

Тому механічний цех відноситься до приміщень, які вважаються особливо небезпечними по ураженню електричним струмом. Тому елементи обладнання, повинні заземлюватися або піддаються зануленню при номінальній напрузі від 220 В змінного струму і 110 В постійного струму згідно з ГОСТ 12.1.030 - 81 «ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення» [16].

Також на ділянці крім металообробних верстатів під напругою знаходяться вантажопідйомні пристрої, система загального освітлення верстату, різноманітні вентиляційні установки.

Привід головного руху верстату здійснюється від електродвигуна з 1РН7 131. На приводах поздовжніх і поперечних подач використовуються високомоментного двигуни. Також на верстаті розміщені світильники місцевого освітлення (апаратура управління та сигналізації, система ЧПУ). До електрообладнання верстата також відноситься електрошафа.

Світильники загального освітлення, якими оснащена ділянка, живляться змінним струмом напругою 220 В.

Захист верстатника від ураження електрострумом відповідає ГОСТ 12.1.019-84 «Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту».

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кцзь Ю.В.			<b>БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b>		
Перевір.		Ярема І.Т.					
Реценз.							
Н. Контр.		Кодельник В.Р.					
Затверд.		Кодельник В.Р.					
					Лит.	Арк.	Аркушів
						45	6
					ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль		

Верстат 16К20Ф3 має добре захищену систему струмоведучих частин, всі кабелі мають надійну ізоляцію та розміщені у недоступних місцях. Електроустановки огорожені. Забезпечується ізоляція робочого місця. Електрошафи верстату відповідають вимогам захисту за ГОСТ 14254-80.

Для розрахунку заземлення скористаємося програмою автоматичного розрахунку. Розрахунок заземлення зводиться до визначення довжини горизонтального заземлювача (обв'язування) і числа вертикальних заземлювачів (стержнів) при заданих умовах.

Згідно рекомендацій довжина вертикального заземлювача (L) повинна бути не менше 1,5 метри. Якщо ґрунт неоднорідний, то заземлювач повинен «прошивати» верхній шар повністю. Діаметр вертикального заземлювача (d) повинен бути не менше 12 мм. Заглиблення вертикального заземлювача (t) має бути не більше 0,8 метра. Перетин сполучної смуги повинен бути не менше 48 мм<sup>2</sup>, товщина - не менше 4 мм; мінімальний діаметр прутка - 10 мм, мінімальна товщина стінки куточка - 4 мм, мінімальна товщина стінки труби - 3,5 мм.

Після введення вихідних даних у вікно програми (рис. 4.1) вибираємо тип заземлення та запускаємо програму на виконання.

Рис. 4.1. Вихідні параметри для розрахунку заземлення

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк. 46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема розрахованого програмою пристрою заземлення приведена на рис. 4.2, а числові значення розрахунків на рис. 4.3.

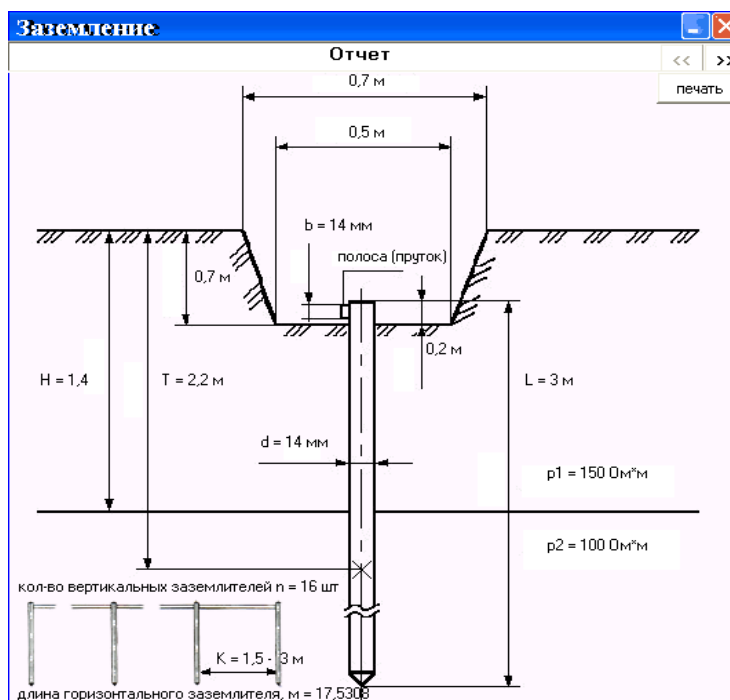


Рис. 4.2. Схема розрахованого програмою пристрою заземлення

Отчет	
<u>Исходные данные</u>	
длина вертикального заземлителя L, м = 3	
диаметр вертикального заземлителя d, мм = 14	
заглубление вертикального заземлителя t, м = 0,7	
толщина верхнего слоя грунта H, м = 1,4	
ширина(диаметр) горизонтального заземлителя b, мм = 14	
сезонный климатический коэффициент-вертикальный заземлитель, C <sub>v</sub> = 1,64	
сезонный климатический коэффициент-горизонтальный заземлитель, C <sub>g</sub> = 1,64	
удельное сопротивление верхнего слоя грунта p <sub>1</sub> , Ом*м = 150	
удельное сопротивление нижнего слоя грунта p <sub>2</sub> , Ом*м = 100	
нормируемое значение заземления, R <sub>н</sub> , Ом = 4,37055837	
коэффициент использования заземлителей = 0,67	
<u>Расчет</u>	
эквивалентное удельное сопротивление, Ом*м = 116,0742	
сопротивление вертикального заземлителя, Ом = 39,5267	
сопротивление контура, Ом = 3,3821	
предварительное количество вертикальных заземлителей, шт = 11,6872	
длина горизонтального заземлителя, м = 17,5308	
сопротивление горизонтального заземлителя, Ом = 24,6829	
суммарное сопротивление верт. и гор. заземлителей, Ом = 3,9191	
расстояние между вертикальными заземлителями K, м = 1,5 - 3	
расстояние от центра вертикального заземлителя до поверхности земли T, м = 2,2	
количество вертикальных заземлителей, шт = 16	

Рис. 4.3. Результаты розрахунку

Розрахований пристрій заземлювача дозволяє забезпечити електробезпеку при тривалій експлуатації проектного верстату з ЧПУ.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк. 47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4.2 Захист населення в надзвичайних ситуаціях

Актуальність проблеми природно-техногенної безпеки населення і територій обумовлена тенденціями зростання втрат людей і шкоди територіям у результаті небезпечних природних явищ і катастроф. Ризик надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру постійно зростає.

Основними способами захисту населення в надзвичайних ситуаціях техногенного і природного характеру є [4]:

- інформування та оповіщення;
- спостереження;
- укриття в захисних спорудах;
- евакуаційні заходи;
- інженерний захист;
- медичний захист;
- біологічний захист;
- радіаційний і хімічний захист.

**Інформування та оповіщення** є основним і головним невід'ємним елементом усієї системи заходів такого захисту. Інформацію становлять відомості про прогнозовані або виниклі надзвичайні ситуації з визначенням їх класифікації, меж поширення і наслідків, а також способи і методи реагування на них. Центральні і місцеві органи виконавчої влади, виконавчі органи рад зобов'язані надавати населенню через засоби масової інформації оперативну і достовірну інформацію про стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій, про виникнення надзвичайних ситуацій, методи і способи їх захисту, уживання заходів щодо забезпечення безпеки.

**Спостереження** проводяться з метою своєчасного захисту населення і території від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, запобігання і реагування на них відповідними центральними і місцевими органами виконавчої влади.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



**Укриттю в захисних спорудах**, у разі потреби, підлягає населення відповідно до його приналежності до груп (працююча зміна, населення, яке проживає в небезпечних зонах).

При цьому створюється фонд захисних споруд. Перелік таких сховищ та інших захисних споруд, які необхідно будувати, щорічно визначається спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади, до компетенції якої віднесені питання захисту населення і територій від надзвичайної ситуації техногенного і природного характеру, і затверджуються Кабінетом Міністрів України.

**Евакуаційні заходи** проводяться в умовах неповного забезпечення захисними спорудами в містах та інших населених пунктах, які мають об'єкти підвищеної небезпеки. Евакуації підлягає населення, що проживає в населених пунктах, розташованих у зонах можливого катастрофічного затоплення, можливого небезпечного радіоактивного забруднення, хімічного ураження, у районах виникнення стихійних лих, аварій і катастроф (якщо виникає безпосередня загроза життю і здоров'ю людей).

**Інженерний захист** використовується при проектуванні й експлуатації споруд та інших об'єктів господарювання, наслідки діяльності яких можуть шкідливо вплинути на безпеку населення і навколишнього середовища. При цьому обов'язково розробляються і здійснюються заходи інженерного захисту з метою запобігання виникнення надзвичайної ситуації техногенного і природного характеру.

**Медичний захист** передбачає заходи запобігання чи зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання медичної допомоги постраждалим і їх лікування, забезпечення епідемічного благополуччя в зонах надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Для надання безкоштовної медичної допомоги потерпілим від надзвичайної ситуації техногенного і природного характеру громадянам, рятувальникам і особам, які беруть участь у ліквідації надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, діє Державна служба медицини катастроф як особливий вид державних аварійно-рятувальних служб.

**Біологічний захист** передбачає захист від біологічних засобів ураження включає своєчасне виявлення факторів біологічного ураження в залежності від їх виду і ступеня ураження, проведення комплексу адміністративно-господарських режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних і медичних заходів.

**Радіаційний і хімічний захист** включає заходи для виявлення й оцінки радіаційної, хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного і хімічного контролю, розробку типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального і колективного захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

Організація життєзабезпечення населення в екстремальних умовах це комплекс заходів, спрямованих на створення і підтримання нормальних умов життя, здоров'я і працездатності людей.

Всі ці заходи організуються державною виконавчою владою областей, районів, міст, районів у містах, територіальних громад, селищ і сіл, органами управління цивільної оборони при чіткому погодженні між ними заходів, що проводяться. Керівники підприємств, установ і організацій є безпосередніми виконавцями цих заходів. Заходи розробляються завчасно, відображаються в планах і виконуються в період загрози та після виникнення надзвичайної ситуації.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

## ВИСНОВКИ

1. Високий рівень якості обробки валів на металорізальних верстатах визначається вимогами до технологічної точності оброблюваних поверхонь, форми і розмірів, а також взаємним розташуванням складових системи обробки, шорсткості та хвилястості поверхні.

2. Проведено розрахунок режимів різання для операції 010 Токарна з ЧПК, вона передбачає виконання 27 переходів. Режими різання для даної операції розраховані як аналітичним, так і табличним методом.

3. Здійснено підбір металорізального обладнання яке необхідне для здійснення обробки деталі «вал черв'ячного редуктора». Для обробки деталі потрібно щоб на дільниці були верстати таких моделей: EM535M, 16K20Ф3, 3M151Ф2, 692M та 6P13.

4. Для операції 010 Токарна з ЧПК здійснено підбір різального та вимірювального інструментів. Для здійснення процесу точіння підібрані сучасні різальні інструменти фірми «Sandvik coromant».

4. Для приводу головного руху в якості головного двигуна прийнято електродвигун фірми SIEMENS 1PH7 131 NF, з наступними технічними характеристиками:  $P_{\text{ном}} = 11 \text{ кВт}$ ;  $M_{\text{кр.ном.}} = 70 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ;  $n_{\text{ном}} = 500 \text{ хв}^{-1}$ ;  $n_{\text{max}} = 6700 \text{ хв}^{-1}$ .

5. На основі розрахунку діапазону регулювання приводу розроблено графік чисел обертів приводу та побудована кінематична схема.

6. Проведено розрахунок коробки швидкостей приводу головного руху верстату. З використанням засобів САПР здійснено розрахунок зубчастієї передачі (її тихохідної ступені).

7. Проведено розрахунок та здійснено розробку схеми захисного заземлення для верстату.

8. Висвітлено питання захисту населення в надзвичайних ситуаціях.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кцзь Ю.В.			Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ярема І.Т.				51	1
Реценз.					<i>ВИСНОВКИ</i>  ТНТУ ім. І. Пулюя зр. МВС-41, м. Тернопіль		
Н. Контр.		Кодельник В.Р.					
Затверд.		Кодельник В.Р.					

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Vitenko T. Features of creating a solid models and assembly operations at CAD-systems / Vitenko T., Shanaida V., Drożdziel P., Madlenak R. // 9th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona (Spain), 3rd-5th of July, 2017: IATED Academy, 2017. – P. 7464-7469. - Режимдоступу: <https://library.iated.org/view/VITENKO2017FEA>
2. Склярів Р., Шанайда В. Використання багатофункціонального пакету MathCad при прогнозуванні параметрів металорізальних верстатів. Збірник тез доповідей XVI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, 2012, С. 69.
3. Кузнецов Ю. М., Склярів Р. А., Прогнозування розвитку технічних систем: навч. посібник / Ю. М. Кузнецов, Р. А. Склярів; під ред. Ю. М. Кузнецова. – К.: ТОВ «ЗМОК» – ПП «ГНОЗІС», 2004. – 323 с.
4. Крижанівський В. А., Кузнецов Ю. М., Валявський І. А., Склярів Р. А. Технологічне обладнання з паралельною кінематикою. – Кіровоград, 2004. – 449с.
5. Краткий справочник металлиста / Под ред. П. Н. Орлов и Е. А. Скороходов. – М.: Машиностроение, 1987. – 960 с.
6. Зубовецька Н. Т., Редько Р. Г., Марчук. І. В. Аналіз використання багатоцільових верстатів з ЧПУ на прикладі IP-500. "Наукові нотатки". Міжвузівський збірник. Випуск 51 Луцьк, 2015, - С.81-85.
7. Луців І. Структурний синтез багатолезового оснащення з кінематичними міжінструментальними зв'язками / І. В. Луців // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 1997, т.2, №1, с.78-84.
8. Луців І. Кінематичні особливості багатолезової адаптивної обробки/ І. В. Луців // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 1998, т.3, №4, с.107-111.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кцзь Ю.В.			Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Ярема І.Т.				52	3
Реценз.					ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ  ТНТУ ім. І. Пулюя гр. МВс-41, м. Тернопіль		
Н. Контр.		Кодельник В.Р.					
Затверд.		Кодельник В.Р.					

9. Луців І. В. Динамічні характеристики підсистем верстатного оснащення адаптивного типу / І. В. Луців, Р. Я. Лещук // Вісник Тернопільського державного технічного університету, 2009, Том 14, №4. С.144-149.

10. Гевко І. Б Техніко-економічне обґрунтування процесу механічної обробки з використанням комбінованого свердла-мітчика / І. Б. Гевко, Р. Я. Лещук, І. І. Стойко, Н. М. Марчук, М. Д. Сіправська // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст.– Вип. 40.–Луцьк, 2018. С.21-31.

11. Кузнєцов Ю. М., Крижанівський В. А., Скляр Р. А. Сучасний стан, прогнозування і перспективи розвитку верстатів з паралельною кінематикою // Зб. наукових праць «Процеси механічної обробки в машинобудуванні». - ЖДТУ, 2005. - Вип. 1. – С. 320 – 333.

12. Скляр Р. А. Розробка критеріальних оцінок для аналізу компоновок верстатів з паралельною кінематикою / Р. А. Скляр, В. В. Шанайда // Матеріали 8-ї наукової конференції ТНТУ ім. Ів. Пулюя, 18-19 травня 2016 року — Т. : ТНТУ, 2016 — С. 74.

13. Скляр Р. А. Динамічна модель приводу автоматичної заміни інструментів багатоцільових верстатів / Р. А. Скляр, В. В. Шанайда // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Обладнання і технології сучасного машинобудування», 11-12 травня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 155–156.

14. Волошин В. Н. Формоутворюючі можливості п'ятикоординатного фрезерного верстату з ЧПК / В. Н. Волошин, В. В. Луців // Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 28-29 листопада 2018 року. — Т. : ТНТУ, 2018. — Том 1. — С. 56–57. — (Сучасні технології в будівництві, машина- та приладобудуванні).

15. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки: навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

16. Горбачевич А. Ф. и др. Курсовое проектирование по технологии машиностроения.- Минск.: Высшая школа, 1970.
17. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах. Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мерещякова – 4-е издание. М.: Машиностроение, 1985.- 515 с.
18. Сачко Н. С., Бабук Н. М. Организация и планирование машиностроительного производства. (Курсовой проект, работа) – Минск, Высшая школа, 1975,- 286 с.
19. Барановський Ю. В. Режимы резания металов. Машиностроение,- М.: 1982,-342 с.
20. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И. А. Ординарцева.- Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987.- 846 с.
21. Обоснование технических характеристик станков: /Сост. Зубенко В. Л., Денисенко А. Ф., Рабкин А. Л. - Куйбышев: КпТИ, 1984г., 40с.
22. Кочергин А. И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование. Учеб. пособие для вузов — Мн.: Выш, шк., 1991,- 382 с.
23. Коновалов А. Б., Гребенникова В. М. Ременные передачи: учебное пособие / СПбГТУРП. СПб., 2011.: 106 с.
24. Кузнецов Ю. Н. Целевые механизмы станков-автоматов и станков с ЧПУ.- К.-Тернополь: ООО "ЗМОК" - ПП "ГНОЗИС", 2001.-354 с.
25. Справочная книга по охране труда в машиностроении / Под. ред. Русака А. А. – Л.: Машиностроение, – 1989 г. – 541 с.
26. Житецький В. Ц., Джигирей В. С, Мельников О. В. Основи охорони праці. Навчальний посібник. - Вид. 4-те, доповнене. - Львів- Афіша, 2000. — 350 с
27. Білявський Г. О., Падун М. М., Фурдуй Р. С. Основи загальної екології. — К.: Либідь. 1995 — 368 с.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

# ДОДАТКИ

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

**Технологічний процес обробки деталі «Вал черв'ячного редуктора»****Операція 005. Фрезерно-центрувальна**

Підрізання та центрування торцевих поверхонь 1 і 2 в розмір 592 – 1,75, сверління центрових отворів.

**Операція 010. Токарна з ЧПК**

Попередньо точити поверхню 12 в розмір  $\varnothing 42,4 - 1$ .

Попередньо точити поверхню 13 в розмір  $\varnothing 51,45 - 0,62$ .

Напівчисто точити поверхню 13 в розмір  $\varnothing 51 - 0,160$ .

Попередньо точити поверхню 14 в розмір  $\varnothing 55,65 - 0,74$ .

Напівчисто точити поверхню 14 в розмір  $\varnothing 55,2 - 0,3$ .

Попередньо точити поверхню 15 в розмір  $\varnothing 61,45 - 0,620$ .

Напівчисто точити поверхню 15 в розмір  $\varnothing 61 - 0,190$ .

Попередньо точити поверхню 16 в розмір  $\varnothing 81,45 - 0,74$ .

Напівчисто точити поверхню 16 в розмір  $\varnothing 81 - 0,190$ .

Попередньо точити поверхню 19 в розмір  $\varnothing 56,45 - 0,74$ .

Напівчисто точити поверхню 19 в розмір  $\varnothing 56,45 - 0,74$ .

Попередньо точити поверхню 18 в розмір  $\varnothing 58,65 - 0,740$ .

Напівчисто точити поверхню 18 в розмір  $\varnothing 58,2 - 0,3$ .

Попередньо точити поверхню 17 в розмір  $\varnothing 71,45 - 0,74$ .

Напівчисто точити поверхню 17 в розмір  $\varnothing 71 - 0,190$ .

Нарізати фаску 10 в розмір  $1,6 \times 45^\circ$ .

Остаточньо точити поверхню 19 в  $\varnothing 55,8 - 0,12$ , торець 9.

Остаточньо точити поверхню 18 в розмір  $\varnothing 58 - 0,190$ , торець 8.

Остаточньо точити поверхню 17 в розмір  $\varnothing 70,8 - 0,12$ , торець 7.

Остаточньо точити поверхню 16 в розмір  $\varnothing 80,8 - 0,12$ .

Нарізати фаску 11 в розмір  $1,6 \times 45^\circ$ .

Остаточньо точити поверхню 12 в розмір  $\varnothing 42 - 0,62$ , торець 3.

Остаточньо точити поверхню 13 в розмір  $\varnothing 50,8 - 0,10$  торець 4.

Остаточньо точити поверхню 14 в розмір  $\varnothing 55 - 0,190$ , торець 5.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56



Остаточно точити поверхню 15 в розмір  $\varnothing 60,8 - 0,12$ , торець 6.

Нарізати канавку 20 в розмір 3 – 0,25.

Нарізати канавку 21 в розмір 3 – 0,25

Нарізати різь М42 на поверхні 25.

**Операція 015. Круглошліфувальна**

Шліфувати поверхні 13,15,16,17,19 попередньо.

**Операція 020. Шпонково-фрезерна**

Нарізати шпонковий паз в розмір 16Р9.

**Операція 025. Шпонково-фрезерна**

Нарізати шпонковий паз в розмір 18Р9.

**Операція 030. Вертикально-фрезерна**

Нарізати паз в розмір 6,3.

**Операція 035. Термообробка**

Цементувати поверхні 4, 5, 8 до твердості 55 – 60 *HRC* на глибину 0,8 мм.

**Операція 040. Круглошліфувальна**

Шліфувати поверхні 13,15,16,17,19 остаточно.

**Операція 045. Контрольна**

Контролювати розміри відповідно до креслення.

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

**Технічні характеристики задіяного обладнання**  
**Фрезерно-центрувальний напівавтомат мод. ЕМ535М.**

Його технічні характеристики:

Діаметр оброблюваної заготовки, мм	25-150
Довжина оброблюваної заготовки, мм	200-1000
Число швидкостей шпинделя фрези	12
Межі чисел обертів шпинделя фрези , об/хв	100-2000
Найбільший хід фрезерної головки, мм	220
Межі подач, мм/хв	20-40
Число швидкостей свердлильного шпинделя	6
Межі чисел обертів свердлильного шпинделя, об/хв	238-1125
Хід свердлильної головки, мм	75
Межі робочих подач свердлильної головки, мм/хв	20-300
Тривалість холостих ходів, хв	0,3
Число інструментів у магазині	4
Потужність електродвигунів, кВт:	
- фрезерної головки	10
- свердлильної головки	3
Габарити верстата, мм	
- довжина - ширина	3200-2160
Категорія ремонтної складності	7
Клас точності верстату за ГОСТ 8-82 (Н, П, В, А, С)	Н

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

**Токарний верстат моделі 16К20Ф3 з системою ЧПК WL4T**

Найменування параметру	16К20Ф3
<b>Основні параметри верстата</b>	
Позначення системи ЧПУ	WL4T
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
<b>Шпиндель</b>	
Потужність двигуна головного руху, кВт	11
Кількість робочих швидкостей шпинделя	22
Межі чисел оборотів шпинделя, об/хв	12,5...2000
Діапазон швидкостей шпинделя, що встановлюється вручну, об/хв	Ряд І - 12.5..200 Ряд ІІ - 50..800 Ряд ІІІ - 125..2000
Кількість швидкостей, що автоматично перемикаються	9
Діапазон автоматичного перемикання	16
Центр шпинделя передньої бабки за ГОСТ 13214-67	Морзе №6
Центр пінолі задньої бабки за ГОСТ 13214-67	Морзе №5
Кінець шпинделя за ГОСТ 12593-72	6К
<b>Подачі</b>	
Найбільше переміщення супорта: поздовжнє (Z)/поперечне (X), мм	900/ 250
Межі кроків різьблення, що нарізаються, мм	0,1..39,999
Діапазон швидкостей поздовжніх подач, мм/хв (мм/об)	3..2000
Діапазон швидкостей поперечних подач, мм/хв (мм/об)	3..2000
Швидкість швидких поздовжніх/поперечних ходів, м/хв.	7,0/ 4,0
Висота різця, мм	25
Кількість позицій на поворотній резцетримці (число інструментів у РГ)	6
<b>Електроустаткування верстата</b>	
Електродвигун головного приводу, кВт/об/хв	11/1460
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	20
Сумарна потужність верстата, кВт	22
<b>Габарити та маса верстата</b>	
Габаритні розміри верстата з ЧПУ (довжина, ширина, висота), мм	3700
	1700
	2145
Маса верстата з ЧПУ, кг	4050

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

*КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ*

Арк.

59

## Технічні характеристики верстата 3М151Ф2

Найменування параметру	3М152Ф2
<b>Основні параметри</b>	
Клас точності згідно з ГОСТ 8-82	П
Найбільший діаметр виробу, що обробляється, мм	200
Найбільша довжина виробу, що обробляється, мм	700
Діаметр шліфування, мм	
Діаметр шліфування з приладом активного контролю, мм	20..85
Діаметр шліфування по датчику, мм	20..180
Найбільша довжина шліфування (поздовжнє переміщення столу), мм	700
Відстань від осі шпинделя передньої бабки до дзеркала столу (висота центрів), мм	125
Найбільша кількість сходів, що шліфуються за програмою, на заготівлі за одну установку	8
<b>Робочий стіл верстата</b>	
Найбільша довжина переміщення столу, мм	700
Ручне уповільнене переміщення столу за один оберт маховика, мм	5,3
Швидкість переміщення столу від гідросистеми, м/хв.	0,05..5,0
<b>Шліфувальна бабка</b>	
Шліфувальне коло за ГОСТ 2424-67	600×80×305
Частота обертання шпинделя шліфувальної бабки, об/хв	1590
Швидкість різання шліфувального кола, м/с	50
Найбільше переміщення шліфувальної бабки по гвинту, мм	235
Швидкість швидкого підведення шліфувальної бабки, мм/хв.	930..1700
Робочі подачі шліфувальної бабки для попередньої обробки, мм/хв.	0,2..0,12
Робочі подачі шліфувальної бабки для остаточної обробки, мм/хв.	0,1..0,6
Робочі подачі шліфувальної бабки доводочні, мм/хв.	0,02..0,12
<b>Передня бабка</b>	
Частота обертання виробу (безступінчасте регулювання), об/хв	50..500
<b>Задня бабка</b>	
Величина відведення пінолі задньої бабки від руки, мм	35
Величина відведення пінолі задньої бабки від гідросистеми, мм	35
Найбільше переміщення центру задньої бабки в горизонтальній площині від механізму повороту пінолі, мм	0,1
<b>Система ЧПУ</b>	
	Ф2
<b>Габаритні розміри та маса верстата</b>	
Габаритні розміри верстата (довжина x ширина x висота), мм	5400×2400×2170
Маса верстата з електрообладнанням та охолодженням, кг	6500

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк. 60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Технічні характеристики верстата 692М

Найменування параметру	692М
<b>Основні параметри верстата</b>	
Клас точності за ГОСТ 8-71 та ГОСТ 8-82	Н
Найбільший діаметр заготовки, що встановлюється, мм	
Ширина оброблюваного паза, мм	4..24
Найбільша глибина оброблюваного паза за дотримання вимог ГОСТ 23360-78 (ГОСТ 7257-58, ГОСТ 8788-68), мм	
Найбільша повна глибина паза, що обробляється, мм	40
Поздовжнє переміщення фрезерної головки, мм	5..300
Найбільше переміщення гільзи шпинделя від руки, мм	100
Найбільше переміщення гільзи шпинделя від гідроприводу, мм	40
Розміри робочої поверхні столу (довжина х ширина), мм	800×200
Число Т-подібних пазів	3
Розміри Т-подібних пазів	
Установче поздовжнє/ вертикальне/ поперечне переміщення столу вручну, мм	440/300/160
Внутрішній конус шпинделя 7:24, за ГОСТ 24644-81 (ГОСТ 15945-70)	КМ3
Число ступенів частот обертання шпинделя	12
Частота обертання шпинделя, об/хв	375..3750
Робочі подачі фрезерної головки - поздовжня, мм/хв.	450..1200
Робочі подачі гільзи шпинделя на врізання - при маятниковому циклі, мм/хв.	0,05..0,5
<b>Привід</b>	
Кількість електродвигунів на верстаті	2
Електродвигун приводу головного руху, кВт (об/хв)	1,1/1,6 (950/1440)
Електродвигун насоса охолоджуючої рідини, кВт (об/хв)	0,125 (2800)
<b>Габарит та маса верстата</b>	
Габарити верстата (довжина ширина висота), мм	1520× 400×1750
Маса верстата, кг	1250

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк. 61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Технічні характеристики консольного фрезерного верстата 6P13

Найменування параметру	6P13
<b>Основні параметри верстата</b>	
Розміри поверхні столу, мм	1600×400
Відстань від торця шпинделя до поверхні столу, мм	30..500
Відстань від осі шпинделя до вертикальних напрямних (виліт), мм	420
Найбільше ручне переміщення столу в поздовжньому/поперечному/вертикальному напрямку, мм	1000/320/420
Найбільше механічне переміщення столу в поздовжньому/поперечному/вертикальному напрямку, мм	1000/300/410
Найбільша маса оброблюваної деталі, кг	300
<b>Шпиндель</b>	
Частота обертання шпинделя, об/хв	31,5..1600
Кількість швидкостей шпинделя	18
Найбільше осьове переміщення пінолі шпинделя, мм	80
Переміщення пінолі на один поділ лімба, мм	0,05
Переміщення пінолі на один оберт лімба, мм	4
Кінець шпинделя за ГОСТ 836-62	3
Найбільший кут повороту шпиндельної голівки, град	±45
<b>Робочий стіл</b>	
Переміщення столу однією розподіл лімба. Поздовжнє, поперечне, вертикальне, мм	0,05
Переміщення столу однією оборот лімба. Поздовжнє, поперечне/вертикальне, мм	6/ 2
Межі поздовжніх та поперечних подач столу (X. Y), мм/хв.	12.5-1250
Межі вертикальних подач столу (Z), мм/хв.	8,3..416,6
Кількість подач поздовжніх/поперечних/вертикальних	18
Швидкість швидких переміщень X, Y/Z поперечних, м/хв	3/ 1
<b>Електроустаткування та привід верстата</b>	
Електродвигун приводу головного руху, кВт	10,0
Електродвигун приводу подач, кВт	3,0
Електродвигун насоса охолодження, кВт	0,125
<b>Габаритні розміри та маса верстата</b>	
Габаритні розміри (довжина x ширина x висота), мм	2560×2260×2120
Маса верстата, кг	4200

					<i>КРБ 20-208.00.00.000.ПЗ</i>	Арк. 62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		