

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Дослідження кінематики процесу відрізання деталей
фрезоточінням

Виконав: студент (ка) 6 курсу, групи МВм-61

напряму підготовки (спеціальності) 133 – Галузеве
машинобудування

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

	<u>Губич І.В.</u> (підпис)	<u>Губич І.В.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Скляров Р.А.</u> (підпис)	<u>Скляров Р.А.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Ярема І.Т.</u> (підпис)	<u>Ярема І.Т.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Паливода Ю.Є.</u> (підпис)	<u>Паливода Ю.Є.</u> (прізвище та ініціали)

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра Конструювання верстатів, інструментів та машин

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри ВІ *к.т.н., доц. Кобельник В.Р.*

«30»

вересня

2019 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Губичу Ігору Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема роботи: ***Дослідження кінематики процесу відрізання деталей фрезоточінням***

Керівник роботи *доц. каф.ВІ, к.т.н. Склярів Р.А.*

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету № 4/7-850 від «27» вересня 2019 р.

2.Термін здачі студентом закінченої роботи «24» грудня 2019 р.

3.Вихідні дані до роботи: *Річна програма випуску деталі 20000 шт.*

Базовий технологічний процес обробки деталі.

4.Зміст розрахунково–пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *Вступ. 1. Аналітичний розділ. 2. Оптимізація схем*

формоутворення та компоувальної схеми. 3. Вибір та обґрунтування вихідних даних на розробку верстатного обладнання. Технологічний розрахунок.

4. Проектування конструкції верстатного обладнання. 5. Науково-дослідний розділ. 6. Спеціальна частина. 7. Обґрунтування економічної ефективності.

8. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

9. Екологія. Висновки.

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

Мета та завдання дослідження - 1 арк. ф. А1;

Аналіз формоутворюючих рухів - 1 арк. ф. А1;

Кінематична та структурно-кінематична схема верстату – 1 арк. ф. А1;

Креслення окремих вузлів верстата – 3 арк. ф. А1;

Науково-дослідна частина – 4 арк. ф. А1.

6. Консультанти роботи, із зазначенням розділів, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
<i>Спеціальна частина</i>			
<i>Обґрунтування економічної ефективності</i>			
<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>			
<i>Екологія</i>			

7. Дата видачі завдання 30 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Аналіз завдання на проект</i>	<i>до 08.10.2019 р.</i>	
2	<i>Аналітичний розділ</i>	<i>до 14.10.2019 р..</i>	
3	<i>Аналіз формоутворення</i>	<i>до 17.10.2019 р.</i>	
4	<i>Аналіз компоновок верстата</i>	<i>до 20.10.2019 р.</i>	
5	<i>Технологічний розділ</i>	<i>до 01.11.2019 р.</i>	
6	<i>Конструкторський розділ</i>	<i>до 11.11.2019 р.</i>	
7	<i>Спеціальна частина</i>	<i>до 13.11.2019 р.</i>	
8	<i>Науково-дослідний розділ</i>	<i>до 22.11.2019 р.</i>	
9	<i>Організаційно-економічний розділ</i>	<i>до 28.11.2019 р.</i>	
10	<i>Охорона праці</i>	<i>до 01.12.2019 р.</i>	
11	<i>Екологія</i>	<i>до 05.12.2019 р.</i>	
12	<i>Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>до 07.12.2019 р.</i>	
13	<i>Формулювання висновків</i>	<i>до 10.12.2019 р.</i>	
14	<i>Виконання графічної частини</i>	<i>до 20.12.2019 р.</i>	
15	<i>Захист дипломної роботи</i>	<i>Згідно графіку ДЕКУ</i>	

Студент

Губич Ігор Васильович

(підпис)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник роботи

доц. каф. ВІ, к.т.н. Склярів Р.А.

(підпис)

(вчений ступінь, посада, прізвище, ім'я, по батькові)

Зміст

Реферат	8
Прийняті скорочення	9
Вступ	10
1. Аналітичний розділ	12
1.1. Аналіз завдання на дипломну роботу	12
1.2. Інформаційно-патентне дослідження	13
1.2.1. Аналіз методів та способів поділу прутків на штучні заготовки	13
1.2.2. Аналіз раніше проведених досліджень	17
1.2.3. Відомі конструкції відрізних пристроїв та супортів	19
1.2.4. Висновки	25
1.3. Мета і задачі досліджень	25
2. Оптимізація схем формоутворення на проєктованому верстаті і оптимізація його компоувальної схеми	27
2.1. Аналіз конструктивно-технологічних властивостей деталі-представника	27
2.2. Вибір комплексу рухів по забезпеченню робочого циклу на верстаті	28
2.3. Вибір та обґрунтування структурно-кінематичної схеми верстата	30
2.4. Оптимізація компоувальних схем верстатів	33
3. Вибір та обґрунтування вихідних даних на розробку верстатного обладнання. Технологічний розрахунок	36
3.1. Обґрунтування, визначення типу організаційної форми виробництва із застосуванням проєктованого верстату	36
3.2. Вибір та обґрунтування заготовки деталі-представника	37
3.3. Вибір технологічних баз	38
3.4. Структурний аналіз і синтез варіантів технологічного маршруту обробки деталі-представника та вибір оптимального інструменту	39
3.5. Характеристика різального та контрольно-вимірного інструменту	40

3.6. Розрахунок режимів різання	41
4. Проектування конструкції верстатного обладнання	45
4.1. Вибір діапазону регулювання виконавчих механізмів верстату	45
4.2. Кінематичний розрахунок верстату та обґрунтування його кінематичної схеми	45
4.2.1. Розрахунок граничних режимів різання	45
4.2.2. Вибір електродвигуна приводу головного руху	46
4.3. Кінематичний розрахунок	47
4.3.1. Розрахунок діапазону регулювання	47
4.3.2. Розробка структурної формули, її оптимізація	47
4.3.3. Побудова структурної сітки і графіка чисел обертів для оптимального варіанту	49
4.3.4. Побудова кінематичної схеми приводу, визначення передаточних відношень чисел зубів передач	52
4.4. Силовий розрахунок вузлів верстату	55
4.4.1. Визначення оптимальних крутних моментів та швидкостей на валах кінематичного ланцюга приводу	55
4.4.2. Автоматизований розрахунок I ступені коробки швидкостей	56
4.5. Розробка конструкції та розрахунок фрезерного відрізного пристрою	60
4.5.1. Конструктивні особливості відрізного супорта з дисковою фрезою	60
4.5.2. Вибір і розрахунок режимів різання при розрізанні прутка фрезою	61
4.5.3. Вибір електродвигуна для приводу відрізного пристрою	62

4.5.4. Розрахунок передаточного числа, кутових швидкостей та крутного моменту приводу відрізного пристрою	63
4.5.5. Розрахунок черв'ячної передачі	64
5. Спеціальний розділ	68
6. Науково-дослідний розділ	71
6.1. Дослідження кінематики процесу відрізання деталей фрезоточінням	71
6.1.1. Визначення траєкторія відносного руху ріжучої кромки фрези	71
6.1.2. Визначення довжини шляху різання	73
6.2. Визначення максимальної товщини зрізаного шару попутному фрезоточінні	74
6.3. Визначення поточного значення товщини шару, що зрізується	75
6.4. Сумарна товщина шару, що зрізається при одночасному різанні декількома зубцями	79
7. Обґрунтування економічної ефективності прийнятих рішень	83
7.1. Характеристика технічного рівня проектного верстата	83
7.2. Обґрунтування економічної ефективності розробленої конструкції	83
7.2.1. Загальні положення	83
7.2.2. Зміст та етапи конструкторської підготовки виробництва	84
7.2.3. Зміст та етапи технологічної підготовки виробництва	84
7.2.4. Визначення трудомісткості та об'єму робіт конструкторської підготовки виробництва	84
7.2.5. Визначення трудомісткості та обсягу робіт технологічної підготовки виробництва	89
7.2.6. Кошторис витрат на технічну підготовку виробництва	89
7.3. Система показників економічної ефективності нової машини	91
7.3.1. Визначення собівартості і ціни проектного верстата	91
7.3.2. Капітальні витрати	93

7.3.3. Біжучі витрати	94
7.3.4. Узагальнюючі техніко-економічні показники проектованого верстата	100
8. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	102
8.1. Охорона праці	102
8.1.1. Використання гумових демфуючих пристроїв та їх розрахунок	102
8.1.2. Розрахунок робочого місця на проєктований верстат	105
8.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях	106
8.2.1. Законодавча база цивільної оборони України	106
8.2.2. Структура цивільного захисту промислового об'єкту верстатобудівного профілю виробництва	106
9. Екологія	112
9.1. Актуальність екологічних проблем	112
9.2. Забруднення які виникають в цеху механічної обробки при роботі обладнання	112
9.3. Заходи по очистці повітря на ділянці	115
Висновки	117
Бібліографія	119
Додатки	123

РЕФЕРАТ

Дослідження кінематики процесу відрізання деталей фрезоточінням // Дипломна робота магістра. Губич Ігор Васильович. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет інженерії машин, споруд та технологій, кафедра конструювання верстатів інструментів та машин, група МВм-61.: ТНТУ, 2019.

Ключові слова: токарно-револьверний автомат, фрезоточіння, фрезерний відрізний пристрій.

Метою роботи є розробка конструкції пристрою для відрізки прутка фрезою на токарно-револьверному автоматі та дослідження процесу фрезоточіння.

В дипломній роботі розглянуто конструктивні та технологічні особливості токарно-револьверних верстатів, проведено патентно-інформаційні дослідження відрізних пристроїв. Розроблено технологічний процес виготовлення деталі «втулка різєва». Здійснено конструювання виконавчих вузлів верстату. Розглянуті питання визначення траєкторії фрези при фрезоточінні, визначена максимальна товщина зрізаного шару для одного та кількох зубів. Вирішені питання техніко-економічного обґрунтування прийнятих технічних рішень. Також розкриті питання охорони праці та екології, безпеки життєдіяльності людини.

ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ

БТА – багатошпindelний токарний автомат;

ВП – відрізний пристрій;

ВС – відрізний супорт;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

КСП – клиновий свердлильний патрон;

НС – надзвичайна ситуація;

ОТА – одношпindelний токарний автомат;

РВ – розподільчий вал;

РГ – револьверна головка;

ТМ – токарний модуль;

ЦО – цивільна оборона.

Вступ

Актуальність роботи. Верстатобудування – базова галузь машинобудування. Парк металообробного обладнання вимагає виробничо-технічного та економічного потенціалу. Верстати, машини і оснащення, які виготовляються верстатобудуванням, складає приблизно 60% активної частини промислово-виробничих фондів машинобудування.

Недооцінка необхідності випереджувального розвитку верстатобудування веде до низького рівня продуктивності праці, незадовільної якості продукції, дефіциту кваліфікованої робочої сили, повільних темпів оновлення продукції та її високої вартості.

На даний час значна частина продукції металообробки виготовляється з прокату. Обробка при цьому проводиться на токарних автоматах, токарно-револьверних верстатах. На верстатах токарної групи кінцевою і обов'язковою операцією є відрізання готової деталі від пруткових або трубних заготовок. Цей процес переважно є лімітуючим по швидкості різання і тому призводить до зниження продуктивності обробки на верстатах. При відрізанні прокату на токарних верстатах завжди присутній його кутовий поворот навколо центру затискного патрону шпинделя під впливом моментів сил різання, що є причиною затирання по боковій поверхні різального інструменту і, як наслідок, його поломки.

Комплексне вирішення проблем зменшення відходів металу та енергозатрат при різанні дозволить підвищити ефективність та продуктивність обробки на токарно-револьверних верстатах та автоматах. Тому пошук та дослідження нових ефективних схем і пристроїв відрізання деталей із пруткових заготовок є актуальною науковою та технічною задачею.

Саме тому тема «Дослідження кінематики процесу відрізання деталей фрезоточінням» є актуальною.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробка конструкції пристрою для відрізки прутка фрезою на токарно-револьверному автоматі та дослідження процесу фрезоточіння.

Для досягнення мети потрібно вирішити такі основні задачі:

- для деталі «втулка різева» здійснити аналіз її конструктивно-технологічних властивостей;
- з врахуванням особливостей деталі «втулка різева» провести вибір необхідних для її обробки формоутворюючих рухів;
- на основі аналізу формоутворюючих рухів, які необхідно забезпечити для обробки деталі «втулка різева» здійснити обґрунтування умов відбору компоновальних схем верстату;
- здійснити технологічні розрахунки стосовно оброблюваної деталі «втулка різева», на основі отриманих результатів сформулювати вихідні дані на розробку конструкції верстатного обладнання та фрезерно відрізного пристрою;
- розробити структурно–кінематичну та кінематичну схему верстату для обробки деталі представника;
- провести проектування конструкції верстатного обладнання;
- здійснити автоматизовані розрахунки стосовно розроблюваних вузлів;
- здійснити дослідження процесу відрізання деталей фрезоточінням;
- визначити економічну ефективність прийнятих проектно-конструкторських рішень;
- здійснити комплекс заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, вирішити питання екологічного характеру.

Об’єкт дослідження – токарно-револьверний верстат.

Предмет дослідження – процес відрізання деталей фрезоточінням на токарно-револьверному автоматі.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається із вступу, дев’яти розділів і основних висновків, розміщених на 118 сторінках, 48 рисунків та 13 таблиць на 29 сторінках, списку літературних джерел з 47 найменувань на 4 сторінках і 3 додатків на 16 сторінках, всього 138 сторінок.

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз завдання на дипломну роботу

Вихідними даними на магістерську роботу є креслення клинового свердлильного патрону (КСП) та річна програма його випуску, яка становить 20000 штук. Така програма випуску деталей характерна для крупносерійного та масового виробництва. Тому попередньо вибране обладнання на якому буде проводитись обробка даного патрону – це одношпindelний токарно-револьверний автомат.

Згідно виданого завдання на роботу на обраному технологічному обладнанні буде проводитись обробка деталей для клинових свердлильних патронів типорозміру КСП 4...КСП 16, а саме втулка різьба.

Даний патрон (рис. 1.1) складається з корпусу 1, втулки різьбової 2, циліндричної втулки 3, сепаратора 4, різьбової втулки 5, конічної втулки 6, затискних клинів 7, кульок 10.

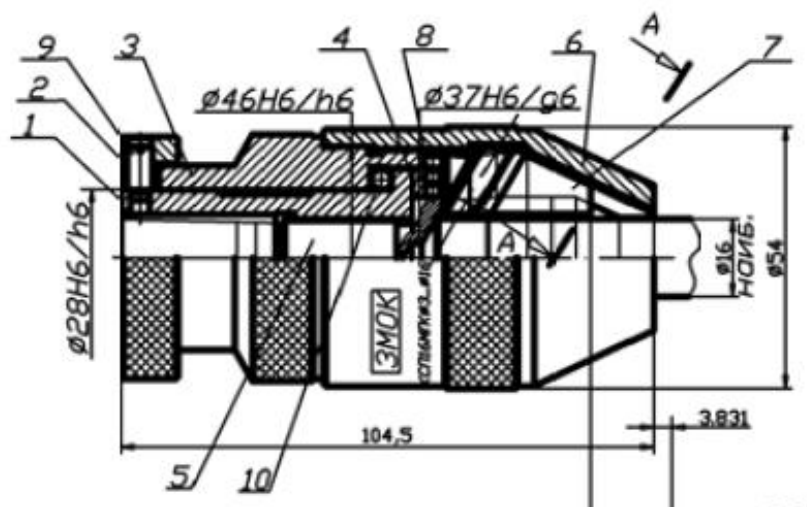


Рисунок 1.1 - Клиновий свердлильний патрон

Патрони такого типу забезпечують надійний затиск осьового інструменту (свердла, зенкери, розвертки) і виключають його прокручування в патроні під час роботи при недостатньому зусиллі затиску. Конструкція даного патрону підвищує точність обробки отвору, за рахунок підвищення жорсткості патрона і точності установки осьового інструменту (радіальне биття не більше 6 мкм).

Патрон встановлюється на шпindelь верстата за допомогою конуса Морзе або різьбового отвору з спеціальним центруючим колесом. Точність закріплення осьового інструменту залежить від точності виконання конуса Морзе, зовнішньої циліндричної поверхні різьбової втулки, внутрішньої циліндричної поверхні сепаратора і направляючих на ньому, внутрішнього конуса втулки і кулачків.

В якості заготовки для основних деталей патрону використовується калібрований пруток з сталі 40X [1]. Більшість деталей КСП обробляється на одношпindelьному токарно-револьверному автоматі.

1.2. ІНФОРМАЦІЙНО-ПАТЕНТНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.2.1. Аналіз методів та способів поділу прутків на штучні заготовки

У вітчизняній літературі є низка робіт які присвячені опису та аналізу відомих способів поділу прокату на штучні заготовки [2-6]. Всі відомі способи розбито за показниками виду деформації в області взаємодії інструмента із прокатом, виду енергосилової взаємодії (рис. 1.2), у результаті якої утворюються технологічні відходи тощо [5].

Проведемо аналіз переваг та недоліків способів розрізки прутків і труб на штучні заготовки та можливості їх використання на токарних автоматах [7].

1) *Розрізання на ножівкових верстатах.* До переваг даного методу відносяться простота обслуговування верстатів, невеликі затрати на здійснення процесу і малі відходи матеріалу. До недоліків - низька стійкість внаслідок наявності зворотного руху і додаткового тертя по задній поверхні зуба, збільшений розхід полотен, а також неперпендикулярність площини розрізаної поверхні до осі заготовки.

2) *Розрізання на стрічково-відрізних верстатах.* Стрічкова пила, що застосовується для розрізки, тонша від ножівкового полотна і має більше число працюючих зубів. Переваги – мала товщина пропилу, відсутність непродуктивного зворотного ходу. Недоліком є та ж похибка неперпендикулярності площини розрізаної поверхні заготовки до осі самої заготовки.

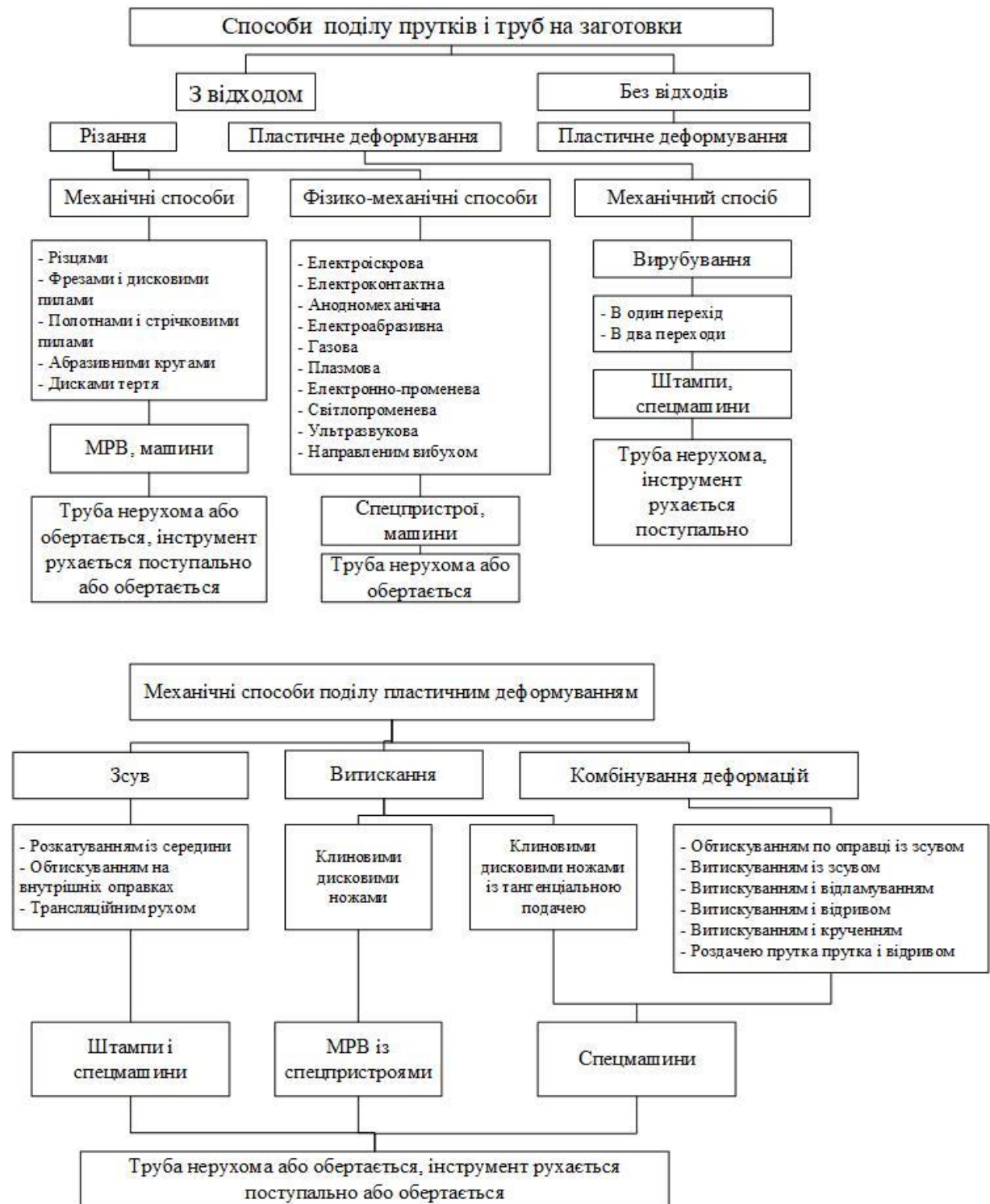


Рисунок 1.2 - Класифікація поділу прокату на штучні заготовки

3) *Розрізання на токарно-відрізних верстатах.* В процесі відрізання різцем суцільного матеріалу відбувається зменшення швидкості різання до нуля по мірі зменшення радіусу обробки проходить зміна кінематичних кутів різання. В кінці процесу розрізки, замість процесу різання проходить процес пластичного деформування металу, який може призвести до поломки різального інструменту.

4) *Розрізання на фрезерно-відрізних верстатах.* Розрізку відрізними фрезами і дисковими пилами здійснюють на фрезерних верстатах та спеціальних пристроях, а також на відрізних верстатах, напівавтоматах і автоматах. Перевагами цього способу є: можливість розрізки некруглих матеріалів; висока продуктивність і економія металу в порівнянні із відрізанням різцем; утворення дрібної стружки; збільшення величини подачі (для твердосплавних фрез); зменшення витрат на ріжучий інструмент. До недоліків слід віднести необхідність у додатковому приводі обертання фрези.

5) *Розрізання на ручних і привідних ножицях.* Розрізка матеріалів ножицями є масовим, продуктивним і економічним процесом. Недолік цього методу - це можливість його застосування лише для листових матеріалів обмеженої товщини, в основному до 50 мм.

6) *Розрізання на абразивно-відрізних верстатах.* Даний метод є найбільш економічним. При цьому методі розрізки забезпечується поверхня, яка не потребує наступної обробки [8]. Ширина пропилу не перевищує 2-3 мм. Суттєвим і основним недоліком цього методу є наявність під час різання абразивного пилу, що обмежує його широке застосування на токарних автоматах і напівавтоматах. Даний метод особливо ефективно застосовувати для розрізки важкооброблюваних матеріалів. На токарних верстатах можна використовувати пристрої, які дозволяють здійснювати відрізання деталей з допомогою абразивних кругів [9].

7) *Розрізання клиновими дисковими ножами.* Даний метод передбачає розрізку клиновими дисковими ножами, які під дією зусилля подачі врізаються в стінку труби, утворюють кільцеву канавку з подальшим заглибленням [10]. Безпосередні втрати металу при даній операції відсутні, зате обов'язковою є наступна операція підрізки торця, з метою вирівнювання дефектів на поверхні розрізки, які утворюються під час пластичного деформування матеріалу заготовки.

8) *Розрізання на фрикційних верстатах.* Фрикційними пилами розрізають заготовки із сталі та чавуну різного профілю і будь-якої твердості з високою продуктивністю. Недолік: під час розрізки фрикційною пилою змінюється структура матеріалу, що розрізається, на глибину до 0,2-0,3 мм.

9) *Розрізання електроерозійним способом.* Процес різання може відбуватися в рідині або на повітрі. Швидкість подачі, наприклад, диска, майже не залежить від міцності матеріалу, що розрізається, електрод-інструмент практично не ламається. При розрізці прутків із жароміцних сплавів продуктивність, у порівнянні із механічним різанням, підвищується в 3-10 разів [12].

10) *Розрізання матеріалів плазмовим потоком.* Даний метод відноситься до групи процесів термічного різання. Швидкість плазмової розрізки перевищує швидкість кисневої або киснево-флюсової. Розрізати цим способом можна метал, діелектрики і неметалічні матеріали, листи алюмінієвих сплавів товщиною до 125 мм і сталі товщиною до 100 мм. Суттєвим недолік - наявність зони термічного і хімічного впливу товщиною до 0,5-0,8 мм.

11) *Електрохімічна обробка.* При розрізанні профільним обертовим катодом у формі ротора з набором дисків заготовок-анодів електроліт через сопла подається на катод. Зміна міжелектродного зазору викликає зміну гідродинамічних умов і перерозподіл щільності струму і, як наслідок - копіювання профілю катода.

12) *Розрізання матеріалів лазером.* Лазерні установки застосовують, як правило, для обробки деталей невеликих розмірів [13]. За допомогою кисневого потоку і сфокусованого променя газу CO₂ лазером можна різати метал швидкістю до 0,1 м/с. Після розрізки лазером наступна обробка кромки не потрібна. Недолік – висока вартість операції.

13) *Гідроструменеве розрізання.* Переваги цього методу: поверхня розрізки не піддається механічній і тепловій деформації, завдяки чому в заготовці відсутні залишкові напруження і мікротріщини; практично можна розрізати заготовки з будь-якого матеріалу і профілю; при розрізці втрати металу мінімальні, так як ширина пропилю складає 0,8-1,8 мм. Гідрорізання сталі вимагає затрат потужності до 50-80 кВт, що для верстатів є недоцільним [14].

14) *Розрізання газокисневим струменем.* При даному способі розрізки на поверхні заготовки присутня ванна розплавленого металу, що в кінцевому результаті призводить до структурних змін в поверхневому шарі площини розрізки. Враховуючи це, застосування методу на токарних верстатах є недоцільним.

15) Розрізання ламанням. Розрізання ламанням відбувається при обертанні прокату в шпинделі верстата. До прутка (труби) подається інструмент у вигляді диску, який наносить концентратор напруження. Після цього в контакт вступає відгинаючий ролик, який створює стрілу прогину і приводить до руйнування матеріалу деталі в місці нанесення концентратора напруження. Недоліком цього способу є те, що площа розламування вимагає наступної технологічної операції підрізання торця.

Проведений аналіз дає можливість стверджувати про недоцільність (неефективність) застосування на токарних верстатах фізико-хімічних методів та методів розрізання пластичним деформуванням, ефективними будуть методи традиційного різання, а саме відрізними різцями та дисковими фрезами.

1.2.2. Аналіз раніше проведених досліджень

Питанню поділу прокату на штучні заготовки присвячено багато робіт, вони в певній мірі вирішують проблеми і труднощі, які при цьому виникають. Найбільш поширеною проблемою, яка виникає при відрізанні деталей є центровий залишок, який утворюється на торці деталі. Для його усунення необхідна додаткова механічна операція (підрізання торця або зачистка на шліфувальному крузі).

Дана проблема була частково вирішена за рахунок встановлення на токарному автоматі спеціального пристрою [15] або спеціального заточування відрізного різця [16]. Запропоновані конструкції пристосувань були досить громіздкими та незручними в користуванні.

Ці недоліки були усунені за допомогою пристрою [17], який дозволяв в процесі відрізки, на початковому етапі, здійснювати підтримку деталі цангою, а по мірі наближення різця до осі деталі, їй надавалось синхронне із шпинделем обертання.

Також заслуговує уваги робота, яка присвячена процесу відрізання деталей за допомогою фрез [18]. В роботі розглядається процес зустрічного та попутного фрезерування при відрізці труб. Виведені математичні залежності для визначення товщини металу, що зрізується та кута контакту заготовки та інструменту.

В роботі Грановського Г.І. [19] приведено аналіз компоновань відрізних та токарних верстатів, на яких може відбуватися відрізання деталей із прутків та труб. При цьому переважним рухом подачі є прямолінійний рух. Ним запропонована кінематична схема процесу зовнішнього відрізання обертових деталей фрезами (рис. 1.3).

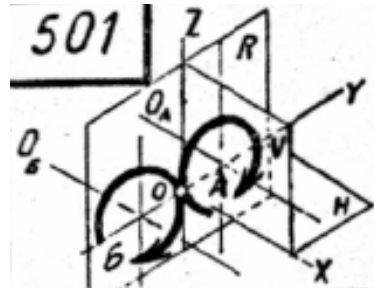


Рисунок 1.3 - Елементарні складові рухи при відрізанні заготовки фрезою

Схема побудована на трьох елементарних рухах, які здійснюються в деякій площині R . Результуючим рухом є складний рух (осі O_A та O_B обертальних рухів A та B паралельні, а рух B направлений вздовж координатної осі Y).

Приведена вище схема дозволяє отримати різні методи обробки [20]:

- метод з домінуючими особливостями процесу фрезерування;
- метод з домінуючими особливостями процесу фрезоточіння.

Якщо деталі надають обертовий рух A , як рух подачі, а інструменту – обертовий рух B , як швидкість різання, і прямолінійний рух B , як радіальну подачу, то при співвідношенні колових швидкостей $i = V_A/V_B \approx 0,005$, то маємо метод з домінуючими властивостями фрезерування.

Якщо деталі надають обертовий рух B , як швидкість різання, а інструменту – обертовий рух A , як рух подачі, і прямолінійний рух B , як радіальну подачу, то кожен зуб фрези, позмінно здійснюючи різання, буде грати роль відрізних різців. Тоді при співвідношенні колових швидкостей $i = V_A/V_B \approx 1,005$, отримаємо метод з домінуючими властивостями процесу точіння (фрезоточіння).

1.2.3. Відомі конструкції відрізних пристроїв та супортів

Зараз є перспективним процес відрізання на токарних автоматах деталей за допомогою фрези, що обертається. Відрізка деталі на токарному модулі (ТМ) передбачає наявності трьох приводів, а саме обертання деталі (привід головного руху верстату), приводу подачі (забезпечує рух подачі фрези) та приводу обертання фрези (може бути спеціальний відрізний пристрій (ВП) або відрізний супорт (ВС)).

В а.с. СРСР №655485 [21] запропоновано конструкцію верстату із вдосконаленим приводом обертання і повороту інструментальних шпинделів (інструмент – фреза), які розташовані навколо заготовки (рис. 1.4). Робочий цикл верстата наступний: заготовку 5 закріплюють в шпинделі 2 і затискають упорами 3, обертові інструменти 8 силовим циліндром 18 підводяться до заготовки 5, після чого відбувається врізання в заготовку і здійснюється кругова подача заготовки на інструменти.

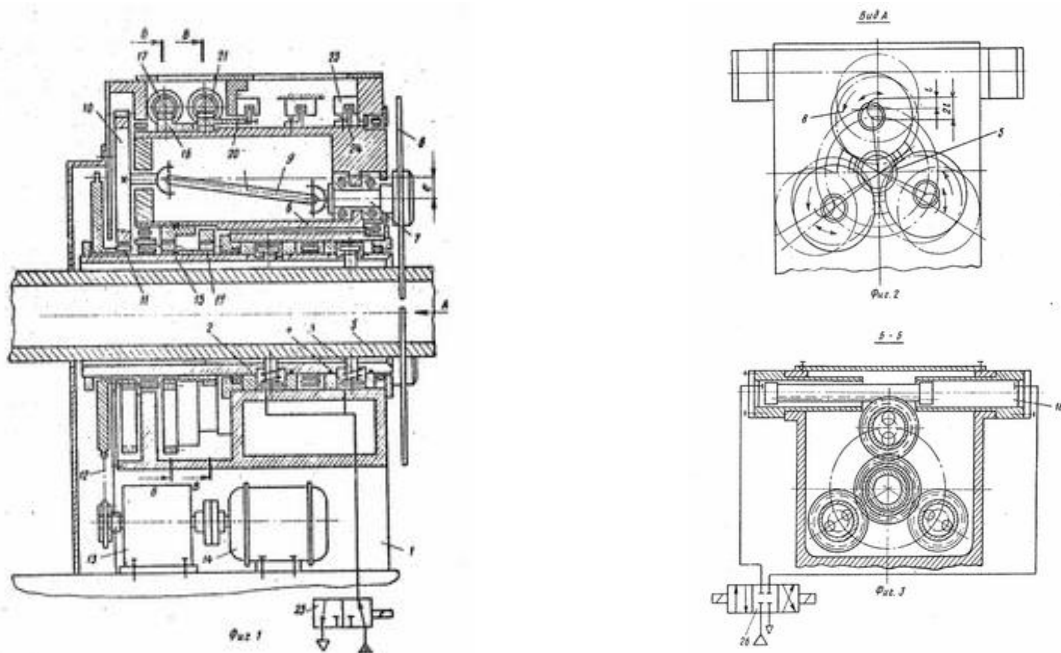


Рисунок 1.4 - Ілюстрації до опису винаходу за а.с. СРСР №655484

Для відрізання деталей, що обертаються, на токарних верстатах-автоматах використовуються різні конструкції ВП [6]. Вони відрізняються тим, що для передачі обертового руху від двигуна до шпиндельного вузла використовується: редуктор (автомат 1А240-6), пасова передача (автомат фірми Traub) та шарнірний вал (розробка компанії Acme-Gridley).

Також досить поширеним варіантом є ВП з можливістю передачі обертів на шпindelний вузол з фрезою від коробки швидкостей верстату [6]. Такі конструкції мають порівняно невеликі габарити та маси, а тому не заважають робочий простір верстата і не викликають додаткових навантажень на напрямні супорта, що сприяє підвищенню плавності його переміщення. Важливою перевагою таких ВП є відсутність додаткового двигуна. Конструкції з таким компонованням були реалізовані фірмою Watkins/New Britain (використовувався карданний вал) та фірмою Index (спеціальний передаточний пристрій).

Але разом з перевагами такі ВП мають певні недоліки, серед яких слід відзначити: зниження жорсткості приводу та нерівномірності обертання фрези (за рахунок більшої, у порівнянні з ВП з індивідуальним двигуном, довжини кінематичного ланцюга); появи зазорів в приводі верстата (за рахунок рухомих шліцьових з'єднань).

Розглянемо пристрої [6], які використовуються на Горьківському автомобільному заводі (рис. 1.5, а)), сконструйовані фірмами Watkins (рис. 1.5, б)) та Parker-Hannifin (рис. 1.5, в)) та ін.

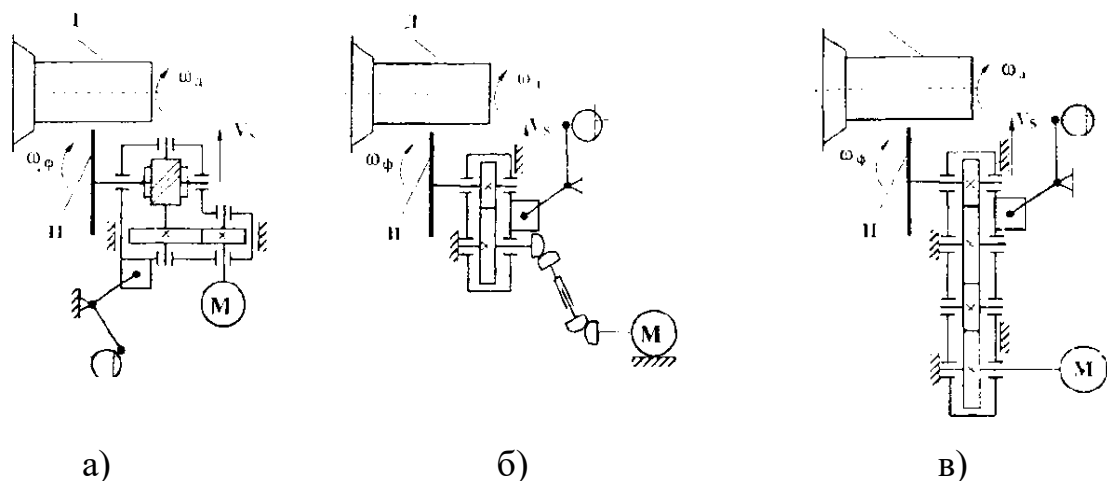


Рисунок 1.5 - Кінематичні схеми відрізних пристроїв

За допомогою цих пристроїв можна проводити відрізання як трубних виробів, так і виробів суцільного січення; чорних, кольорових металів і сплавів та інших матеріалів. Зокрема, пристрій, який представлений на рис. 1.5, а) використовується для відрізання деталей лише з кольорових металів і сплавів. До недоліків цього пристрою можна віднести наявність передачі із косозубим зачепленням, у якої

точковий контакт і ковзання зубів приводить до швидкого їх зносу, що сприяє появленню зазорів. Використання в приводі обертання фрези карданної передачі (рис. 1.5, б) також є недоцільним, оскільки відбуваються динамічні удари через нерівномірність обертання карданного валу. Розташування двигуна з віссю ротора, паралельною осі обертання деталі (рис. 1.5, в)) збільшує нерівномірність навантаження на направляючі поперечного супорта, що приводить до несплавності його ходу.

Досить поширеними є конструкції токарних модулів які містять ВП з індивідуальним приводом обертання фрези. Для ТМ, у приводах поперечних супортів яких використовуються передачі гвинт-гайка, може бути запропонована схема відрізного супорта з гідравлічною системою запобігання інструмента від поломок (рис. 1.6) [22].

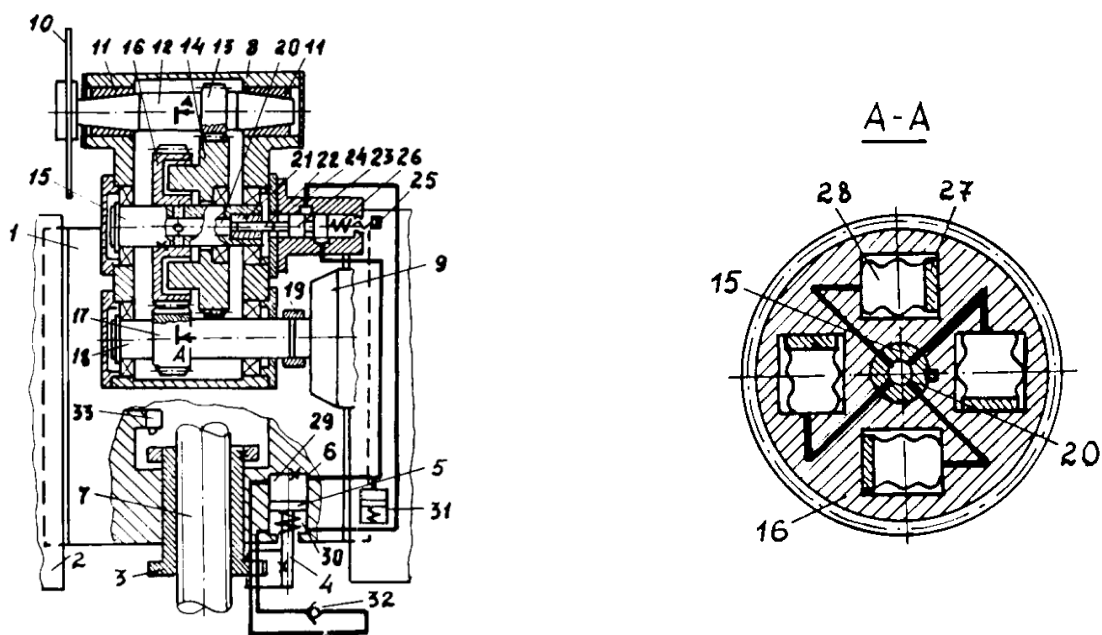


Рисунок 1.6 - Відрізний супорт по а.с. СРСР №1303269

При відрізці деталей за допомогою фрези можуть виникнути ситуації (наприклад, попадання стружки), при яких починає зростати навантаження на інструмент, що може спричинити поломку ВП. Запропонована конструкція дозволяє за допомогою сильфонного датчика крутного моменту здійснювати керування роботою супорта (його підвід-відвід). Після усунення несправності інструменту робота супорта може бути відновлена.

Для токарних модулів, у яких робочі органи, і зокрема поперечні супорти, одержують переміщення від розподільного валу, може бути запропонована інша схема ВП із пристроєм запобігання інструменту від поломок (рис. 1.7) [23].

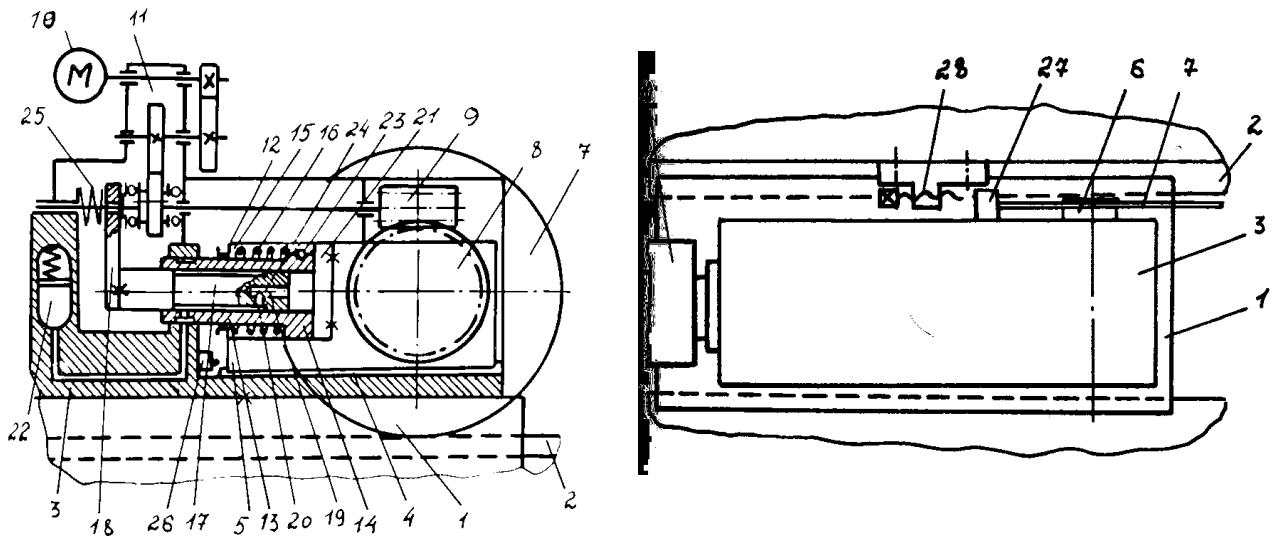


Рисунок 1.7 - Відрізний супорт по а.с. СРСР №1399018

Особливістю приведеної конструкції є привід фрези від черв'ячної передачі. В конструкції відрізного супорта використовується золотник з дроселюючою щілиною, якою керує рухомий черв'як. Подача рідини через дроселюючу щілину переміщує гідроциліндр і пов'язаний з ним повзун, який при потребі виводить фрезу із зони різання. При різкому зростанні навантажень на відрізній фрези під час відрізки повзун, переміщаючись відносно корпусу ВП, діє на кінцевий вимикач, який подає команду на відвід салазок супорта.

Такі конструкції мають значні розміри шпиндельного вузла та габарити веденої шестерні, що обмежує діаметри відрізуваних деталей. Це в свою чергу знижує можливість застосування пристроїв підтримки, контршпинделів й ін., знижуючи тим самим технологічні можливості токарного модуля.

Також розглянемо конструкцію ВП, яка має покращені технологічні можливості, за рахунок ліквідації веденої шестерні та зменшення габаритів шпиндельного вузла (рис. 1.8) [24].

Запропонована конструкція передбачає використання окремого приводу та спеціального притискного ролику, який дозволяє забезпечити самовстановлення положення фрези. При цьому нерівномірність кутових переміщень ролика,

викликана кінематичними й конструктивними похибками привода, на фрезі зменшена в 5 раз. ВП під дією привода подач (на рис. не зображений) переміщується й відбувається рух подачі при відрізці. У деяких випадках, наприклад, при відрізці із застосуванням МОР доцільно передбачити пристрої для очищення й осушення торцевих поверхонь фрези.

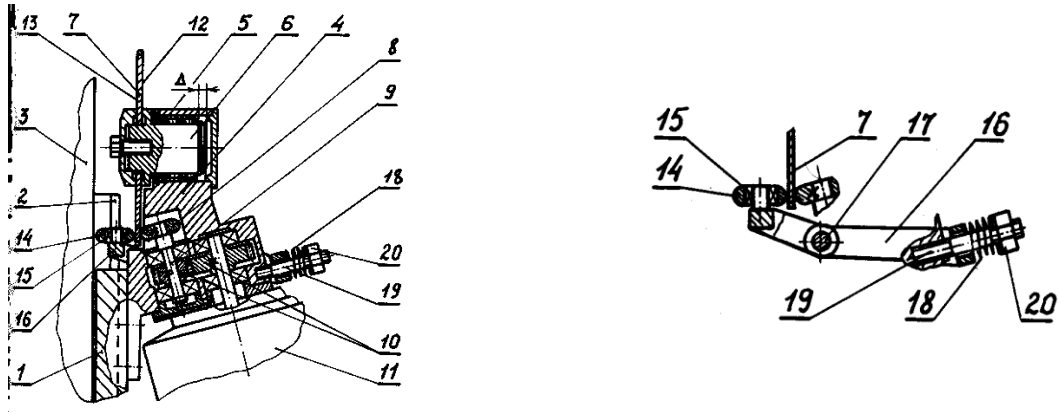


Рисунок 1.8 - Відрізний супорт по а.с. СРСР №1502235

При відрізці деталей, внаслідок неоднорідності оброблюваного матеріалу, однобічного зношування зубів фрез, ненадійного кріплення фрез і ін., можуть виникнути торцеві коливання фрези. З метою підвищення продуктивності обробки за рахунок застосування підвищених режимів різання, обумовлених гасінням коливань фрези, була запропонована конструкція спеціального ВП (рис. 1.9) [25].

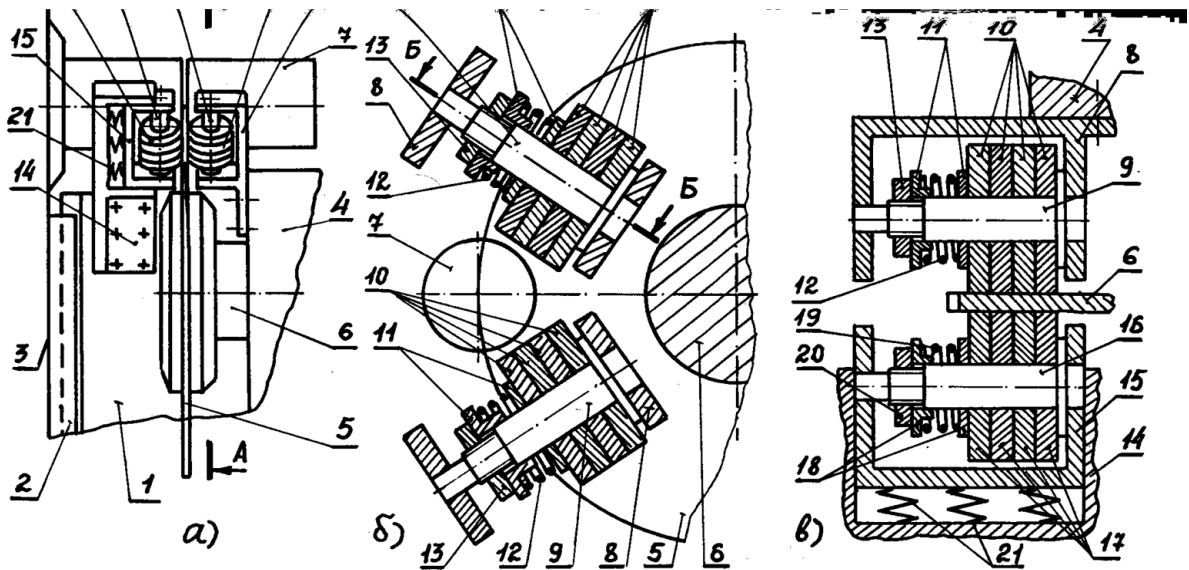


Рисунок 1.9 - Відрізний пристрій по а.с. СРСР №1585097

При відрізці деталей, внаслідок неоднорідності оброблюваного матеріалу, однобічного зношування зубів фрез, ненадійного кріплення фрез і ін., можуть виникнути торцеві коливання фрези. Для запобігання коливань фрези, та забезпечення сталості її положення при відрізці, вона з однієї сторони контактує з демпфуючими елементами які не мають переміщення в напрямку, паралельному осі обертання фрези, а з іншої сторони підпружинені за допомогою пружних демпфуючих елементів. Ці демпфуючі елементи виконують роль опорних і напрямних фланців.

Певним вирішенням протиріччя між обмеженим робочим простором токарного модуля і необхідністю використовувати окремий привід фрези, є конструкція ВП, де відбір потужності для обертання фрези здійснюється або від шпинделя, або безпосередньо від деталі (рис. 1.10) [26].

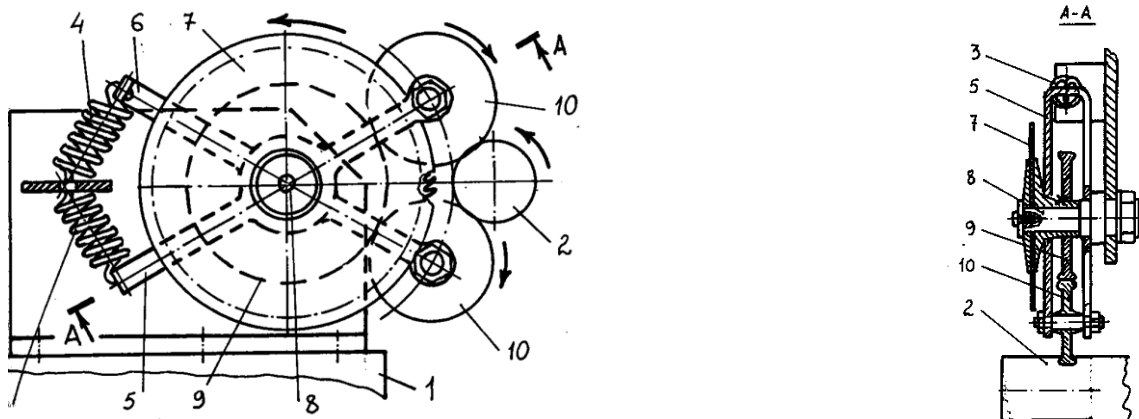


Рисунок 1.10 - Пристрій для відрізки деталей по а.с. СРСР №1604526

В запропонованій конструкції при подачі супорта відбувається переміщення ВП до заготовки, при цьому відбувається зіткнення фрикційних роликів із заготовкою. При русі заготовка розсовує й повертає важелі, долаючи опір пружних елементів. Завдяки зусиллю в пружних елементах виникає надійне зчеплення тертям заготовки із привідними фрикційними роликами.

Конструкції описаних вище ВП й ВС дозволяють підвищити продуктивність відрізки в 2...4 рази в порівнянні з відрізанням різцями.

1.2.4. Висновки

В результаті проведеного аналізу робіт в області поділу пруткового матеріалу можна зробити наступні висновки:

1. Проведений аналіз дає можливість стверджувати про недоцільність застосування на ОТА і БТА фізико-хімічних методів та методів розрізання пластичним деформуванням, найбільш придатними є методи традиційного різання, а саме відрізними різцями та дисковими фрезами.

2. Аналіз раніше проведених досліджень показав, що на даний час проведено і виконано багато робіт, які повністю або частково вирішують проблеми і труднощі, які виникають при операції поділу прокату на штучні заготовки.

3. Питання процесу відрізання деталей ззовні фрезами та його кінематики як при зустрічному, так і при попутному фрезеруванні є добре дослідженими; для них виведені залежності для визначення товщини металу, що зрізується, кута контакту заготовки та інструменту, завантаження його різальної частини.

4. Проведено патентні дослідження в області пристроїв для поділу пруткових заготовок дисковими фрезами. Виявлені перспективні конструкції та цікаві інженерні рішення стосовно даного питання.

1.3. Мета і задачі досліджень

Метою роботи є розробка конструкції пристрою для відрізки прутка фрезою на токарно-револьверному автоматі та дослідження процесу фрезоточіння.

Для досягнення мети потрібно вирішити такі основні задачі:

- для деталі «втулка різева» здійснити аналіз її конструктивно-технологічних властивостей;
- з врахуванням особливостей деталі «втулка різева» провести вибір необхідних для її обробки формоутворюючих рухів;
- на основі аналізу формоутворюючих рухів, які необхідно забезпечити для обробки деталі «втулка різева» здійснити обґрунтування умов відбору компоновальних схем верстату;

- здійснити технологічні розрахунки стосовно оброблюваної деталі «втулка різева», на основі отриманих результатів сформувані вихідні дані на розробку конструкції верстатного обладнання та фрезерно відрізного пристрою;
- розробити структурно–кінематичну та кінематичну схему верстату для обробки деталі представника;
- провести проектування конструкції верстатного обладнання;
- здійснити автоматизовані розрахунки стосовно розроблюваних вузлів;
- здійснити дослідження процесу відрізання деталей фрезоточінням;
- визначити економічну ефективність прийнятих проектно-конструкторських рішень;
- здійснити комплекс заходів з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, вирішити питання екологічного характеру.

2. ОПТИМІЗАЦІЯ СХЕМ ФОРМОУТВОРЕННЯ НА ПРОЕКТОВАНОМУ ВЕРСТАТІ І ОПТИМІЗАЦІЯ ЙОГО КОМПОНУВАЛЬНОЇ СХЕМИ

2.1. Аналіз конструкторсько-технологічних властивостей деталі-представника

На рис. 2.1 приведено ескіз деталі втулка різьба, яка буде базовою для проведення всіх розрахунків в магістерській роботі.

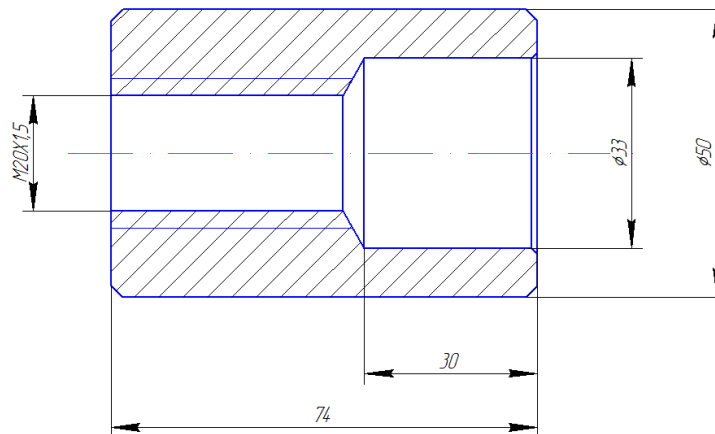


Рисунок 2.1 - Ескіз деталі представника

Деталь втулка різьбова виготовляється з сталі 40Х. Хімічний склад і механічні властивості матеріалу деталі [1] зазначені в таблицях (табл. 2.1 і 2.2).

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі 40Х

$^{\circ}C$	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	Не більше <i>S</i>	Не більше <i>P</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>
0,4	0,17-0,37	0,4-0,7	0,045	0,045	0,3	0,9

Таблиця 2.2 - Механічні властивості сталі 40Х

σ_t , МПа	σ_{br} , МПа	σ_5 , %	Ψ , %	a_n кг/см ²	Гарячекатана	Відпалена
Не менше					НВ (не більше)	
786	980	10	26	6	302	235

2.2. Вибір комплексу рухів по забезпеченню робочого циклу на верстаті

Поверхню будь-якої складної деталі можна уявити в сукупності більш простих, плоских, лінійних, круглих поверхонь. Будь-яку поверхню розглядають, як сукупність послідовних положень (слідів) однієї лінії, що називається твірною, яка рахується по другій лінії - напрямній. Циліндричні поверхні можуть бути отримані при переміщенні твірної прямої по напрямній кола або при русі утвореного кола вздовж напрямної – прямої лінії [27].

На верстаті – автоматі можна проводити такі операції: поздовжнє точіння і розточування, свердління, зенкерування отворів, поперечне фасонне точіння, накатне рифлення, нарізання різьби плашкою або мітчиком.

Щоб показати формоутворюючі рухи і послідовність обробки, візьмемо деталь, що обробляється на даному обладнанні і входить в склад виробу, а саме втулку різьбову. Ескіз даної деталі приведено на рис. 2.1. Як видно з креслення при обробці даної деталі задіяні майже всі операції, а саме: точіння, розточування, фасонне точіння, нарізання різі, свердління, відрізання.

Зобразимо послідовність переходів і покажемо всі формоутворюючі рухи.

Так при centruванні отвору та нарізанні фаски (рис. 2.2) використовуються наступні формоутворюючі рухи: centruвання отвору - ΦV (O_1) – сліду, ΦS (Π_2) – сліду; нарізання фаски - ΦV (O_1) – сліду, ΦS (Π_3) – сліду.

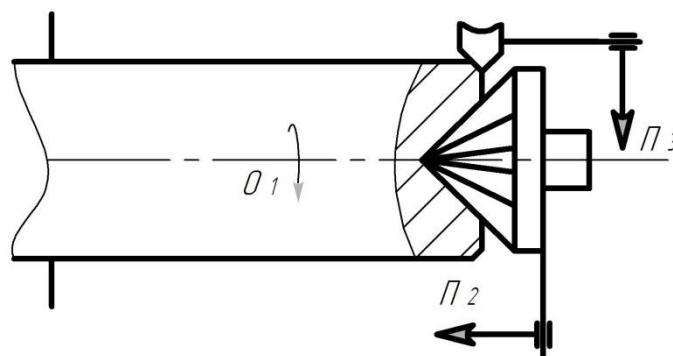


Рисунок 2.2 - Центрування отвору та нарізання фаски

На рис. 2.3. зображено основні формоутворюючі рухи, які використовуються при обточуванні деталі та свердлінні отвору. Так при обточуванні: ΦV (O_1) – сліду, ΦS (Π_2) – сліду; при свердлінні: ΦV (O_1) – сліду, ΦS (Π_2) – сліду.

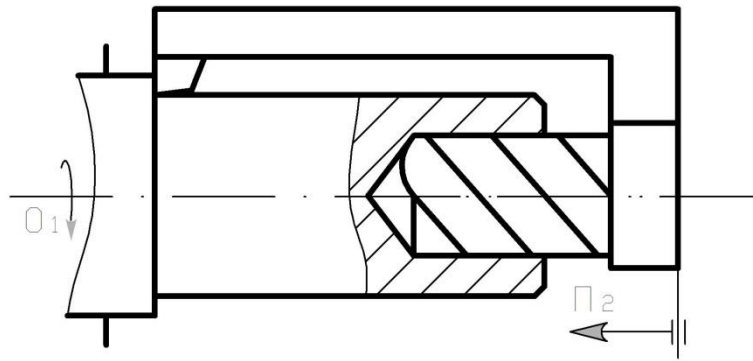


Рисунок 2.3 - Обточування деталі та свердління отвору

При виконанні наступного технологічного переходу виконуються операції свердління та проточування канавки (рис. 2.4). При цьому потрібен наступний комплекс формуючих рухів: свердління отвору - $\Phi V (O_1)$ – сліду, $\Phi S (П_2)$ – сліду; проточування канавки - $\Phi V (O_1)$ – сліду, $\Phi S (П_3)$ – копіювання.

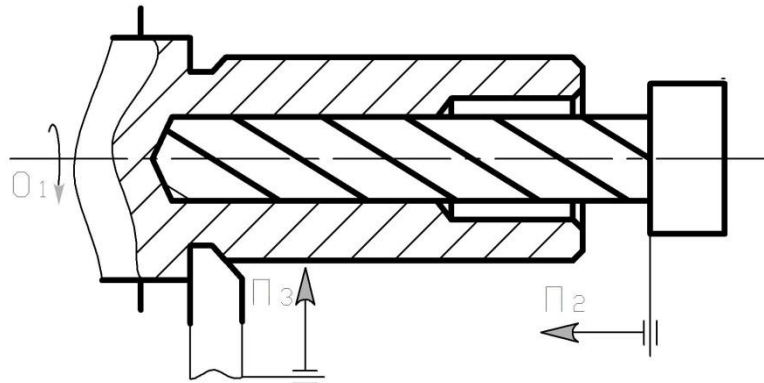


Рисунок 2.4 - Свердління отвору та проточування канавки

Наступний технологічний перехід передбачає нарізання різі мітчиком (рис. 2.5.). При цьому використовуються такі формуючі рухи: $\Phi V (O_1)$ – сліду, $\Phi S (П_2)$ – копіювання.

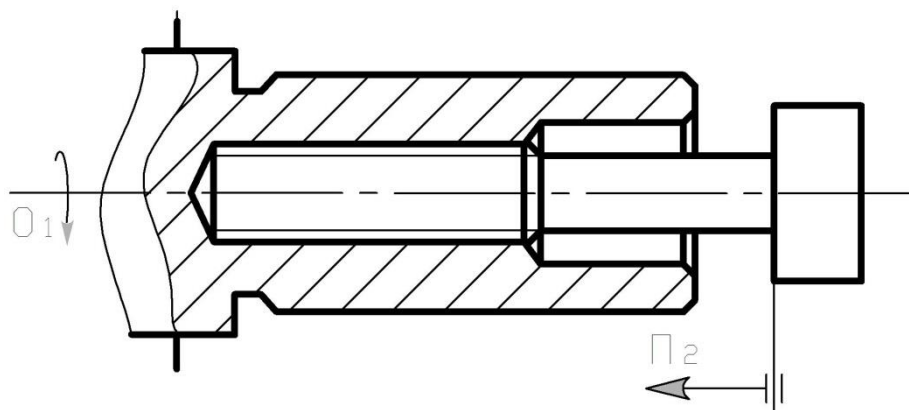


Рисунок 2.5 - Нарізання різі мітчиком

Відрізання деталі можна проводити двома способами, а саме, за допомогою різця (рис. 2.6) та фрези (рис. 2.7). При цьому слід забезпечити наступні формоутворюючі рухи: відрізання деталі різцем - $\Phi V (O_1)$ – сліду, $\Phi S (П_2)$ – копіювання; відрізання деталі фрезою - $\Phi V (O_1, O_2)$ – сліду, $\Phi S (П_2)$ – сліду.

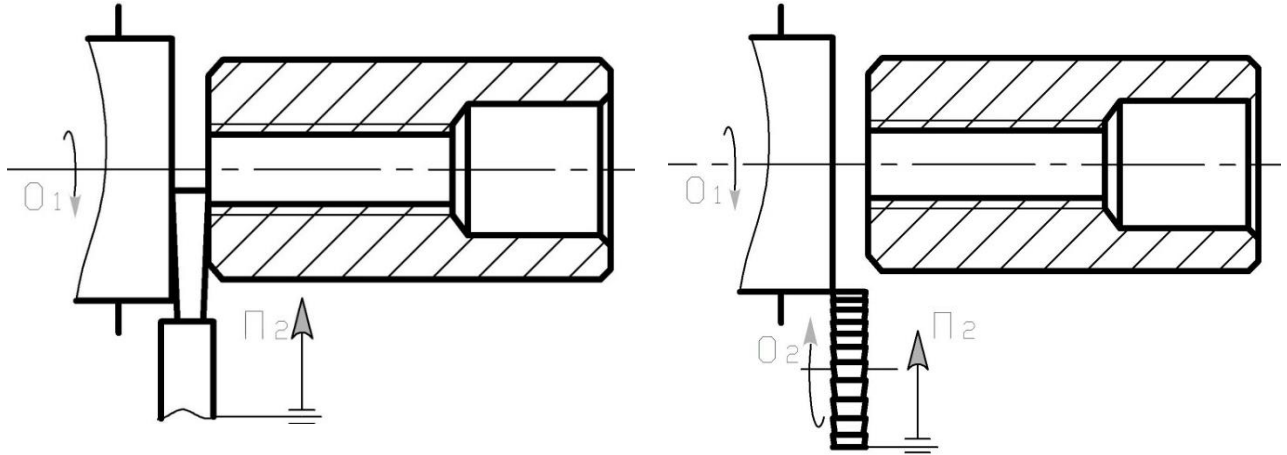


Рисунок 2.6 - Відрізання деталі різцем Рисунок 2.7 - Відрізання деталі фрезою

2.3. Вибір та обґрунтування структурно–кінематичної схеми верстата

Визначившись з формоутворюючими рухами ми можемо переходити до розробки структурно-кінематичної схеми верстату.

Ланцюг приводу головного руху - складається із двигуна, коробки швидкостей, механізму реверсу та шпиндельного вузла (рис. 2.8).

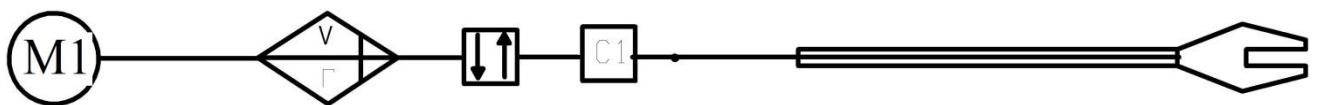


Рисунок 2.8 - Ланцюг приводу головного руху

Кінематичний ланцюг приводу допоміжного і розподільчого валу - забезпечує обертання допоміжного валу і розподільчих валів РВ1 і РВ2 (рис. 2.9). Обертання здійснюється від окремого електродвигуна. Допоміжний вал керує механізмом подачі і затиску матеріалу, а також передає рух на механізм повороту револьверної головки.

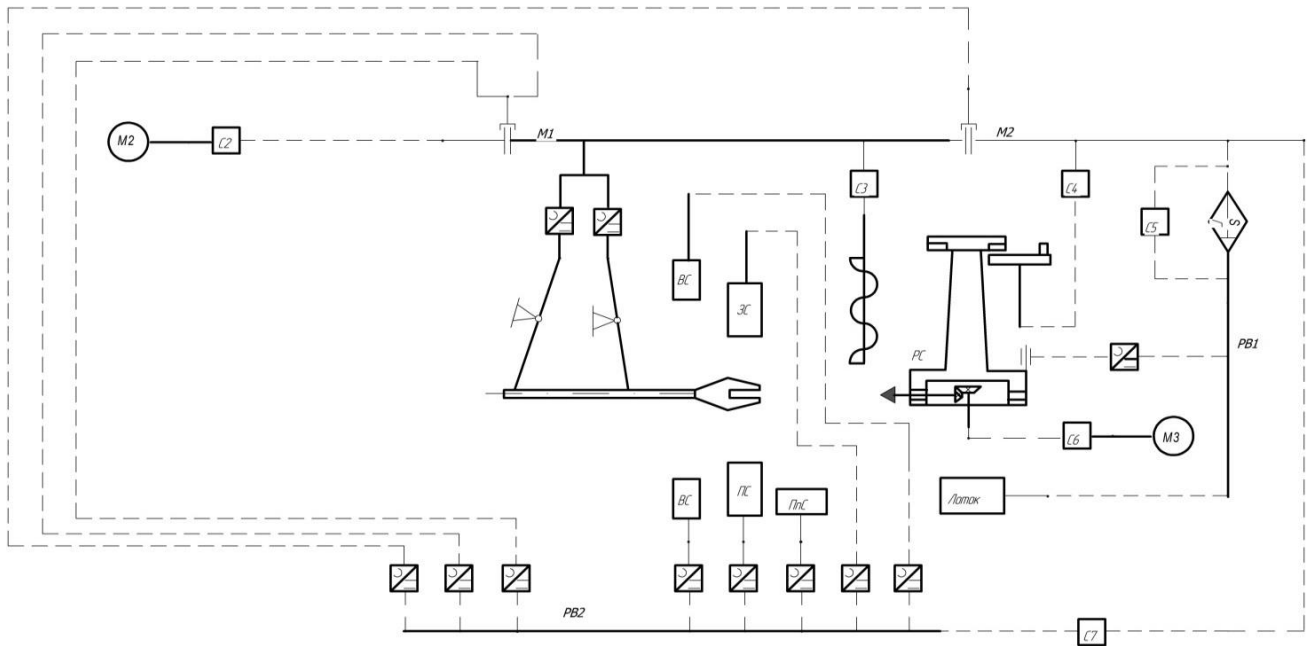


Рисунок 2.9 - Ланцюг приводу допоміжного і розподільчого валу

Кінематичний ланцюг приводу обертання спеціальних пристосувань (обертання швидкосвердлильних пристосувань) - здійснюється від окремого електродвигуна М3. Передає обертання через зубчаті колеса на шпиндель швидкосвердлильного пристосування, який встановлений в одній із позицій РГ (рис. 2.10).

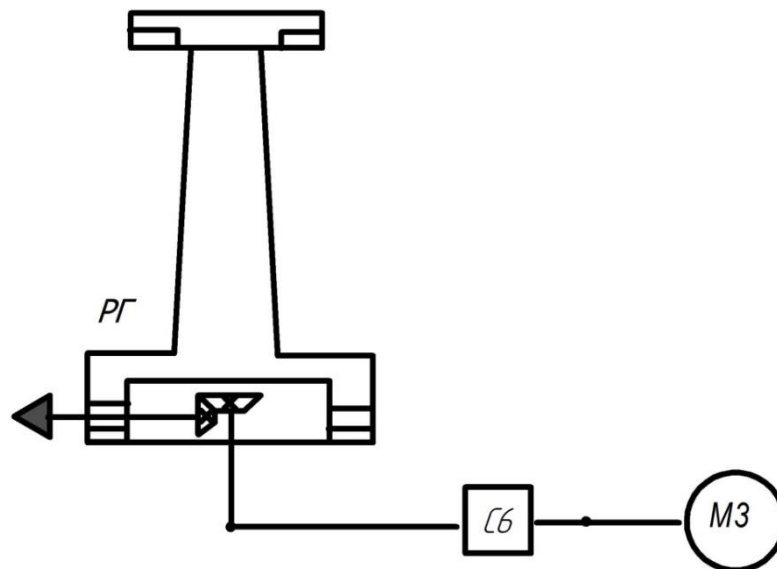


Рисунок 2.10 - Ланцюг приводу обертання спеціальних пристосувань

На рис. 2.11 представлена повна структурно–кінематична схема верстата–автомата, на базі якої буде розроблятися його кінематична схема.

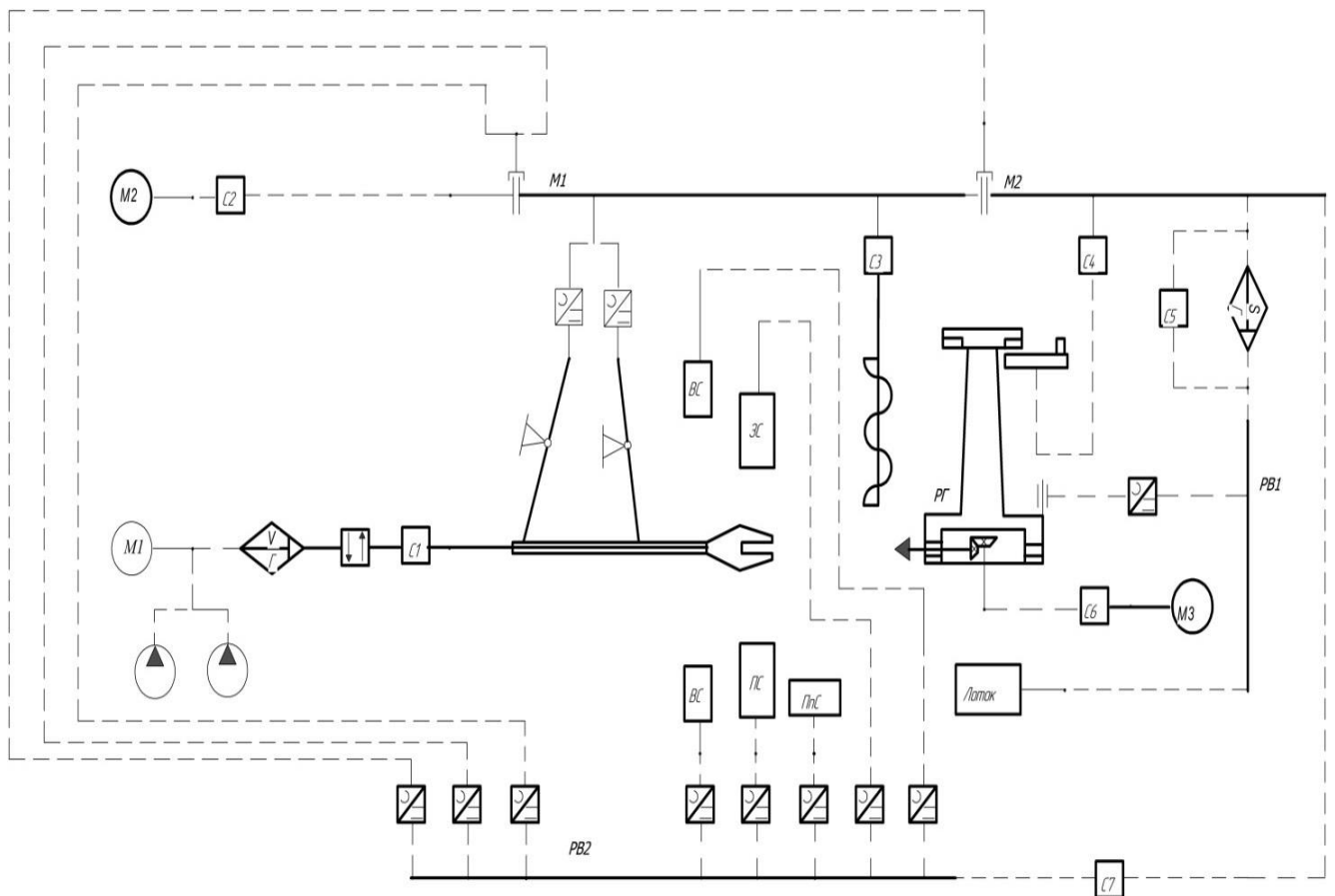


Рисунок 2.11 - Структурно – кінематична схема верстата–автомата

На основі розробленої структурно-кінематичної схеми розробляємо функціональну схему, яка відображає принцип функціонування верстата (рис. 2.12).

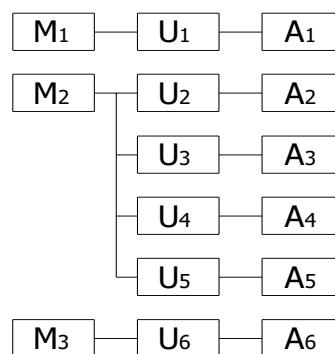


Рисунок 2.12 - Функціональна схема верстата

На зображуваній функціональній схемі M_1 , M_2 , M_3 – незалежні приводи верстату, $U_1 - U_6$ - органи налагодження основних вузлів верстата. A_1 - шпиндель, A_2 - поздовжня подача; A_3 - поперечна подача; A_4 - поворот РГ; A_5 - транспортер стружки; A_6 - швидковердильний пристрій верстата.

2.4. Оптимізація компоувальних схем верстатів

Основними факторами, які впливають на компоувальні схеми верстату є конструктивні особливості оброблюваної деталі та прийнята схема формоутворення. Згідно завдання обробці підлягають деталі типу тіл обертання і при розробці конструкції верстату бажано забезпечити максимальну концентрацію операцій на верстаті.

Компоування технологічного обладнання по механічній обробці деталей становить взаємне розміщення основних вузлів, механізмів та несучих систем в просторі. По розміщенню осі головного виконавчого механізму верстата, верстатні компоування поділяють на вертикальні та горизонтальні.

Представимо особливості вибору компоування для токарного верстату. Із таблиці 4 [29] вибираємо структурні умови відбору компоувань, які будуть відбирати необхідні умови роботи верстату–автомату і його структуру.

Умов відбору:

1. Умова відбору компоування: виникнення впливу маси заготовки при підйомі і опусканні. Формування структурної ознаки, заготовка вертикального переміщення немає:

$$M1: \Phi + \overline{1101} + \overline{1000} + \overline{0000} \quad (2.1)$$

Вона нам не підходить, оскільки деталі, які виготовляються на верстаті – автоматі мають малу масу.

2. Умова відбору компоновки: можливість збільшення холостого ходу для автоматичної заміни без збільшення вильоту направляючих:

$$M2: \Phi + \overline{ZZ0Z} + \overline{Z0ZZ} + 0\overline{ZZZ} \quad (2.2)$$

Аксіально – рухомий блок – рух по осі Z.

3. Умова відбору компоновки: підвищення жорсткості за рахунок рамних та гвинтових підтримок. Формування структурної ознаки: вертикально – рухомий блок прилягає до стаціонарного:

$$M3: \overline{1110} + \overline{1000} + 0\overline{111} \quad (2.3)$$

Цю умову потрібно враховувати оскільки жорсткість має прямий вплив на точність.

4. Умова відбору компоновки і зменшення вертикального переміщення та консольних мас. Формування структурної ознаки: вертикально – рухомий блок є кінцевим блоком компоновки, то розглянемо тільки горизонтальні:

$$M4: \overline{1110} + \overline{0100} + \overline{0010} + \overline{0110} \quad (2.4)$$

Тоді після аналізу з врахуванням умов відбору вибираємо дану компоновку.

Можливі компоновки для токарних верстатів приведені на рис 2.13-2.16.

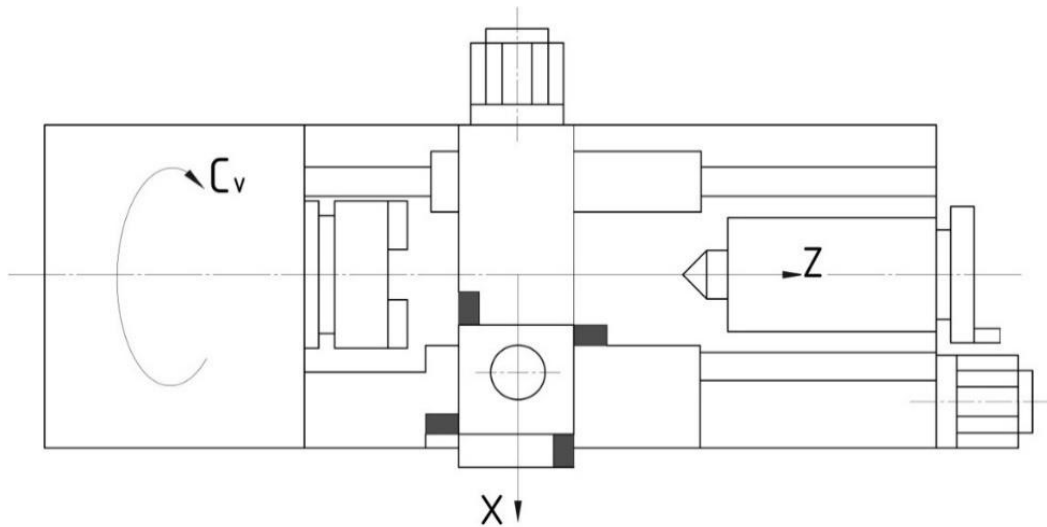


Рисунок 2.13 - Компоновка токарного верстата (Варіант 1)

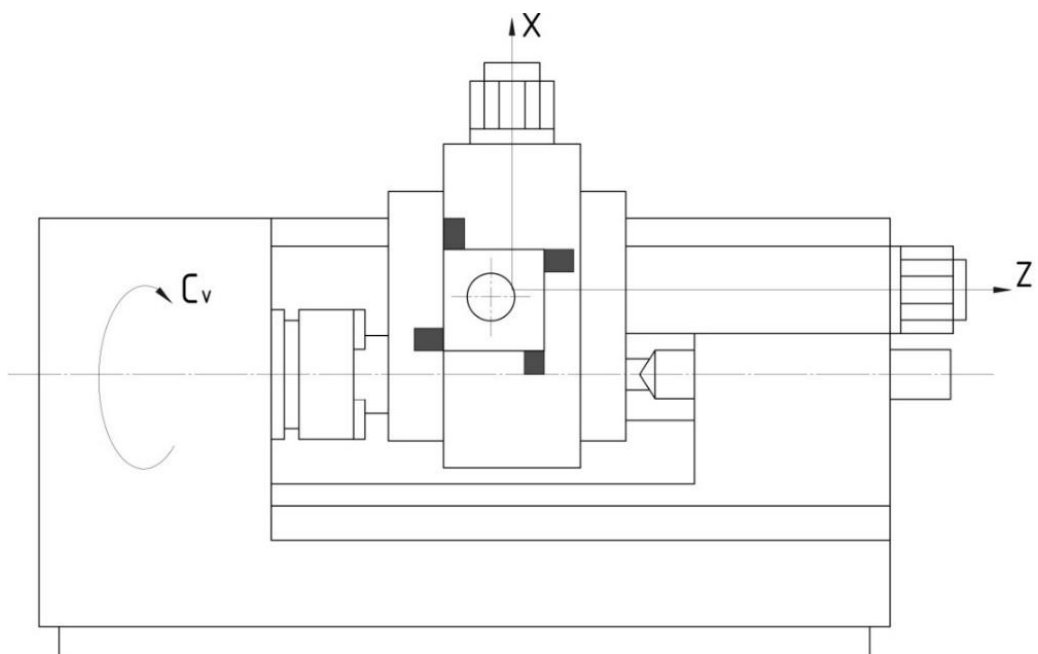


Рисунок 2.14 - Компоновка токарного верстата (Варіант 2)

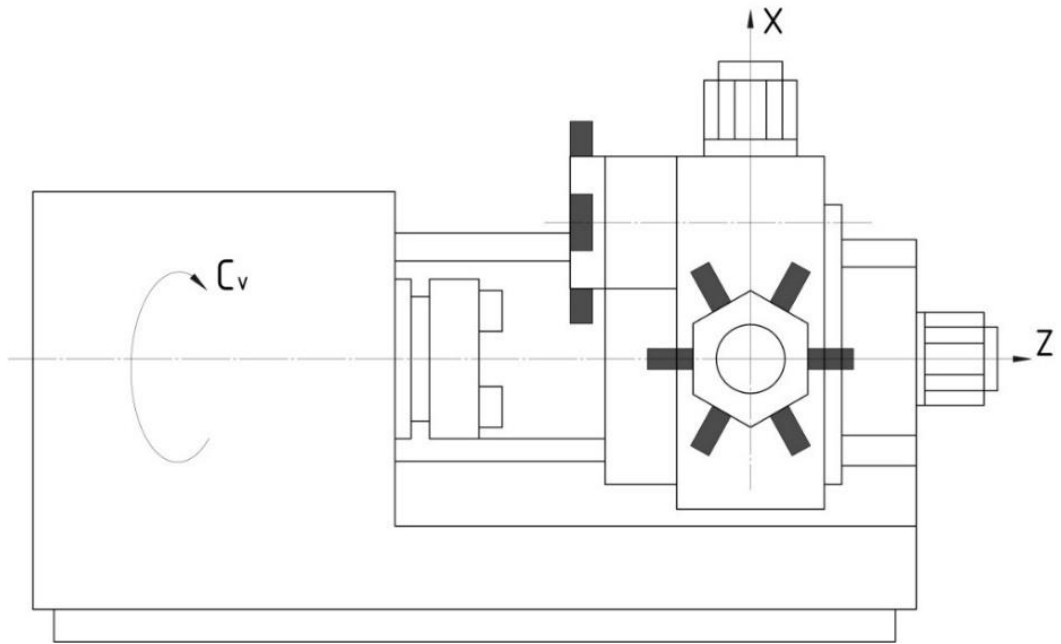


Рисунок 2.15 - Компонівка токарного верстата (Варіант 3)

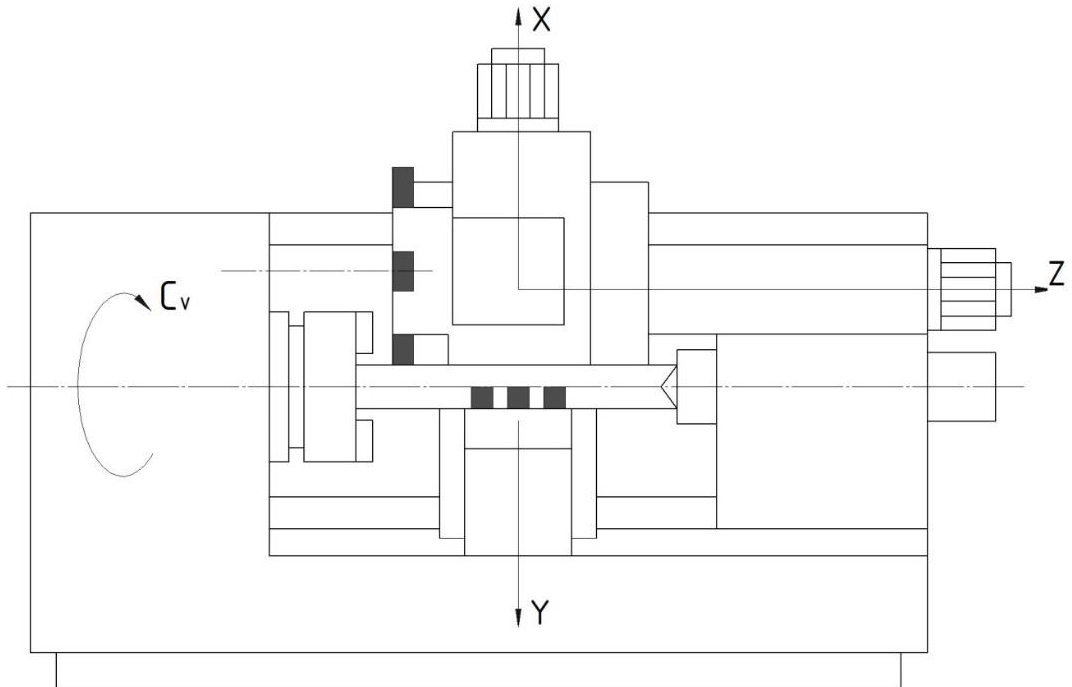


Рисунок 2.16 - Компонівка токарного верстата (Варіант 4)

З вище представлених компоновок для обробки деталі втулка різьбова підходить компоновка (варіант 4), так як вона забезпечує всі необхідні для обробки рухи.

3. ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ НА РОЗРОБКУ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ. ТЕХНОЛОГІЧГИЙ РОЗРАХУНОК

3.1. Обґрунтування, визначення типу організаційної форми виробництва із застосуванням проектного верстату

В машинобудуванні розрізняють три основних типи виробництва: масове, серійне і одиничне. Характер і зміст технологічного процесу механічної обробки залежить від типу виробництва, організаційної форми, методу роботи. Тому перед розробкою технологічного процесу на базі заданої виробничої програми, креслення деталі, технічних і економічних умов виконання заводського виробничого процесу, необхідно правильно визначити тип виробництва і вибрати організаційну форму його виконання.

Тип виробництва визначається по коефіцієнту закріплення операцій, який визначається по формулі [30]:

$$K_{zo} = O_{pm} / P, \quad (3.1)$$

де K_{zo} - коефіцієнт закріплення операцій; O_{pm} - загальне число різних операцій, що виконують на робочому місці за плановий період; P - число робітників (робочих місць) з різними операціями.

$$K_{zo} = O_{pm} / P = 1/1 = 1$$

Загальне число операцій, що виконуються на дільниці, рівне сумі чисел операцій, що виконується на робочому місці:

$$O_{pm} = O_{pm1} + O_{pm2} + \dots + O_{pmi}$$

Сума чисел операцій, що виконується на робочому місці [30]:

$$O_{pm} = (60 \cdot F_d \cdot K_B \cdot \eta) / (N \cdot T_{шт.к}), \quad (3.2)$$

де O_{pm} - сума чисел операцій, що виконується на робочому місці; F_d - дійсний річний фонд роботи обладнання при 2-х змінній роботі, $F_d = 4140$ год; K_B - середній коефіцієнт виконання норм, $K_B = 1,3$; η - нормативний коефіцієнт завантаження обладнання, $\eta = 0,8$; N - річна програма випуску, $N = 20000$ шт.; $T_{шт.к}$ - штучно-калькуляційний час на операцію по заводському процесі, $T_{шт.к} = 1,73$ хв.

$$O_{pm} = (60 \cdot 4140 \cdot 1,3 \cdot 0,8) / (20000 \cdot 1,73) = 7,47$$

Згідно ГОСТ 3.1108-74 приймаємо крупносерійне виробництво, для якого $K_{zo}=2-10$. Отже, верстат-автомат виправданий в використанні в нашому технологічному процесі згідно з типом виробництва.

3.2. Вибір та обґрунтування заготовки деталі-представника

Метод вибору заготовки для деталей машин визначається призначенням і конструкцією деталі, матеріалу, технічними вимогами, масштабом і серійністю випуску, а також економічністю виготовлення.

Вибираємо холоднотянутий прокат 2-5 класів точності. Для деталей, оброблюваних по всій поверхні, необхідно вибрати прокат 5-го класу точності, як більш дешевий. Оскільки деталь виготовляється з прокату, то затрати на заготовку визначаються по вазі прокату, потрібного на виготовлення деталі і вазі стружки (відходів). При цьому приймаємо стандартну довжину прутка $l = 6$ м.

Загальні вихідні дані: матеріал деталі – сталь; маса деталі – $g = 0,127$ кг; річна програма випуску – $N = 20000$ шт; тип виробництва – крупносерійне.

Таблиця 3.1 - Дані для розрахунку вартості заготовки по варіантам

Назва показників	Перший варіант	Другий варіант
Вид заготовки	Прокат	Литво
Клас точності	2	3
Група складності	-	2
Маса заготовки Q , кг	0,149	0,160
Вартість 1т заготовки C_i , грн	17500	24600
Вартість 1т стружки $S_{від.}$, грн	4500	4500

Затрати на заготовку виготовлену з прокату:

$$M = QS - (Q - g) \cdot S_{від.} / 1000, \text{ грн} \quad (3.3)$$

де Q - маса заготовки, кг; S - вартість 1кг матеріалу заготовки; g - маса готової деталі; $S_{від.}$ - вартість 1т відходів.

$$S = 0,149 \cdot 17,5 - (0,149 - 0,127) \cdot 4500 / 1000 = 2,51 \text{ грн}$$

Затрати на заготовку виконану литвом визначаються по формулі [30]:

$$S_{zag} = C_i / 1000 \cdot (Q k_t \cdot k_g \cdot k_c \cdot k_m \cdot k_n) - (Q - g) \cdot S_{vid} / 1000, \text{ грн} \quad (3.4)$$

де C_i - базова ціна 1т заготовок, грн.; k_t, k_v, k_c, k_m, k_n - коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу, об'єму виробництва.

$$k_t = 1; \quad k_m = 1; \quad k_c = 1; \quad k_v = 1,07; \quad k_n = 0,77.$$

$$S_{zag} = 24600/1000 \cdot (0,16 \cdot 1 \cdot 1,07 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,77) - (0,16 - 0,127) \cdot 4500/1000 = 3,24 \text{ грн.}$$

Економічний ефект:

$$E = (S_{zag} - M) \cdot N = (3,24 - 2,51) \cdot 20000 = 14600 \text{ грн} \quad (3.5)$$

Це економія на матеріалах. А також з прокату виготовляти заготовку вигідніше тому, що не потрібно такого дорогого і енергозатратного обладнання, як печі, форми, опори і формуючі суміші.

Таблиця 3.2 - Зведена таблиця розрахунків

Назва показників	Перший варіант	Другий варіант
Вид заготовки	Прокат	Литво
Клас точності	2	3
Вартість заготовки, грн.	2,51	3,24
Економічний ефект, грн.	14600	-

3.3. Вибір технологічних баз

При виборі технологічних баз слід дотримуватись рекомендацій їх вибору, а саме [30]: бази повинні мати достатню довжину; заготовка має займати, в пристосуванні, місце під дією своєї ваги, а не в результаті прикладених затискних зусиль; базові поверхні мають бути чистими, для забезпечення однозначності базування; базові поверхні мають бути найбільш відповідальними; для першої операції при базуванні вибирають ті поверхні, які в готовій деталі мають залишатися необробленими; бази мають забезпечити можливість обробки, з однієї установки максимальної кількості поверхонь.

Одночасно реалізувати перелічені рекомендації практично неможливо, але необхідно намагатися до їх найбільш повного дотримання.

Креслення деталі представника та базові поверхні, приведені на рис. 3.1.

При обробці деталі на верстаті-автоматі деталь кріпиться в цанговому патроні. Результати вибору баз при обробці поверхні деталі зводимо в таблицю 3.3.

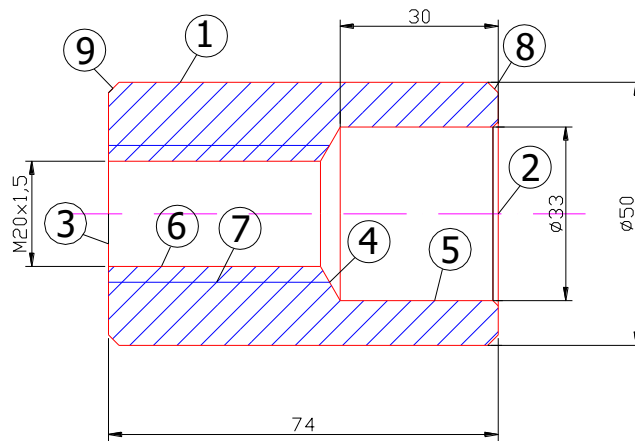


Рисунок 3.1 - Ескіз деталі представника та оброблювані поверхні

Таблиця 3.3 - Базові поверхні

Оброблювані поверхні	Бази
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	1

3.4. Структурний аналіз і синтез варіантів технологічного маршруту обробки деталі-представника та вибір оптимального

При розробці технологічного процесу механічної обробки завжди виникає задача: вибрати із декількох варіантів обробки один, що забезпечує найбільш економічне рішення.

Проведемо вибір оптимального технологічного процесу, опис яких даний в таблиці 3.4. Розглянемо два варіанти технологічного процесу (базовий та запропонований). В базовому варіанті обробка деталі проводиться з використанням 3 верстатів (16К20, 2Н150, 5991). Розроблений технологічний процес передбачає використання модернізованого токарно-револьверного автомату 1Б140, на якому додатково встановлено фрезерний відрізний пристрій.

У відповідності з положенням оцінці економічної ефективності нової техніки, призначається той варіант котрий вигідніший, і в якому сума планових і приведених капітальних затрат на одиницю продукту буде мінімальною. Тому приймаємо ТП на базі верстата – автомата. Даний верстат обслуговується одним робітником, потрібно лише кошти на його обслуговування та експлуатацію.

Таблиця 3.4 - Варіанти технологічної обробки

<i>Базовий варіант ТП</i>					
№ п/п опер.	№ переходу	Зміст операцій та переходу	Базуючі поверхні	Оброблювані поверхні	Обладнання
005	1.	Токарна: точити поверхню 1 в розмір $d = 25, l = 75$ мм. Базова поверхня 1. Оброблювана поверхня 1.	1	1	16К20
	2.	Токарна: нарізати фаску $2*45^0$, поверхня 8.	1	8	
	3.	Фасонувати поверхню 9.	1	9	
	4.	Токарно-відрізна: відрізати заготовку 3	1	3	
010	1.	Свердлильна: центрувати поверхню 2.	1	2	2Н150
	2.	Свердлити отвір 5.	1	5	
	3.	Свердлити отвір 6.	1	6	
015	1.	Різенарізна: нарізати різьбу, поверхня 7.	1	7	5991
<i>Запропонований варіант ТП</i>					
005	1.	Токарна: точити поверхню 1 в розмір $d = 25, l = 75$ мм.	1	1	1Б140
	2.	Токарна: нарізати фаску $2*45^0$, поверхня 8.	1	8	
	3.	Фасонувати поверхню 9.	1	9	
010	1.	Свердлильна: центрувати поверхню 2.	1	2	
	2.	Свердлити отвір 5.	1	5	
	3.	Свердлити отвір 6.	1	6	
015	1.	Різенарізна: нарізати різьбу, поверхня 7.	1	7	
020	1	Фрезерно-відрізна: відрізати заготовку 3	1	3	

3.5. Характеристика різального та контрольно-вимірного інструменту

При виборі типу і конструкції різального інструменту слід враховувати характер виробництва, метод обробки, тип верстату, розмір, конфігурацію і матеріал оброблюваної заготовки, необхідну якість обробленої поверхні, точність обробки [31]. Враховуючи те, що ми розглядаємо крупносерійне виробництво, контроль поверхонь після механічної обробки відпадає, оскільки обладнання працює в напівавтоматичному і автоматичному режимі, тому контроль проводимо лише на контрольній операції.

В таблицю 3.5 зводимо відомості про вибраний нами різальний і контрольно-вимірний інструменти по переходах і операціях.

Таблиця 3.5 - Вибір різального і контрольно-вимірного інструменту

№ опер.	№ переходу	Операція та переходи	Різальний інструмент	Вимірювальний інструмент
1	2	3	4	5
005	1.	Центрувальна: центрувати отвір d = 16 в розмір 5±0,2	Свердло центровочне з циліндричним хвостовиком ОСТ 2420-5-80 d=16	-
	2.	Токарна: нарізати фаску 2·450	Різець фасонний ГОСТ 18873-73 16·10·100 φ = 450	-
010	1.	Токарна: точити поверхню d = 25 l = 37мм.	Різець прохідний упорний з пластинкою з твердого сплаву, кут в плані 900 ГОСТ 18879-73 20·12·100	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89
	2.	Свердлильна: свердлити отвір d = 16,5 на l = 15мм.	Свердло спіральне d = 16,5 з швидкоріжучої сталі з циліндричним хвостовиком середньої серії ГОСТ 10902-77	Пробка 8133-0940 Is7 ГОСТ 14810-69 d = 16,5
015	1.	Свердлильна: свердлити отвір d = 8,5 на l = 28мм.	Свердло спіральне d = 8,5 з швидкоріжучої сталі з циліндричним хвостовиком середньої серії ГОСТ 10902-77	-
020	1.	Різенарізна: нарізати різь М 10·1,5	Мітчик короткий з шийкою для метричної різьби ГОСТ 3266-81	-
025	1.	Токарно-відрізна	Різець відрізний із швидко ріжучої сталі ГОСТ 18874-73 16·10·100	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89
025	1.	Фрезерно-відрізна	Фреза відрізна ГОСТ 26794-73 d = 80·1·22	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89

3.6. Розрахунок режимів різання

Для деталей, що обробляються на даному верстаті розрахуємо режими різання по операціях і технологічних переходах [32, 33]. Порахуємо режими різання для втулки різьбової, послідовність переходів обробки якої приведено на карті наладки. Заготовка: калібрований пруток Ø26мм.

Перехід 1. Центрування отвору зенківкою з утворенням фаски під $\angle 45^{\circ}$. З заднього супорта зняти зовнішню фаску $1 \times 45^{\circ}$. Вибираємо значення подачі і швидкостей різання при обробці деталі, з матеріалу сталь 40ХН і діаметром обробки 40мм.

При зенкуванні: $S = 0,1 \text{ мм/об.}$

Швидкість різання: $V_0 = 25 \text{ м/хв}$

Знаходимо частоту обертання шпинделя за формулою [33]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}, \quad (3.6)$$

де V - швидкість різання; D - діаметр тіла обертання при якому проходить обробка.

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 16,5} = 483 \text{ об/хв}$$

Корегуючи за паспортом верстата, призначаємо фактичну частоту обертання, вона буде рівною:

$$n_{\phi} = 500 \text{ об/хв.}$$

Тоді фактична швидкість різання буде рівною:

$$V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi D}{1000} = 25,9 \text{ м/хв}$$

Режим різання при нарізанні фаски, подача буде рівною [33]:

$$S = 0,08 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання ([35], ст. 32 табл.8):

$$V = 43 \text{ м/хв}$$

тоді частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 43}{3,14 \cdot 30} = 456,5 \text{ об/хв.}$$

Корегуючи частоту обертання по паспорту верстата і з огляду на попередній робочий хід, приймаємо:

$$n_{\phi} = 500 \text{ об/хв}$$

тоді, фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi D}{1000} = \frac{500 \cdot 3,14 \cdot 30}{1000} = 47,1 \text{ м/хв}$$

Перехід 2. Свердління отвору $\text{Ø}16,5\text{мм}$, обточування поверхні до $\text{Ø}25\text{мм}$.

З вищевказаної літератури вибираємо режими різання:

$$S = 0,15 \text{ мм/об.} \quad V = 25 \text{ м/хв}$$

тоді, частота обертання буде рівною:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 16,5} = 483 \text{ об/хв.}$$

Після корекції будемо мати:

$$n_{\phi} = 500 \text{ об/хв}$$

$$V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi D}{1000} = \frac{500 \cdot 3,14 \cdot 16,5}{1000} = 25,9 \text{ м/хв.}$$

Повздовжнє обточування:

$$S = 0,15 \text{ мм/об} \quad V = 45 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 45}{3,14 \cdot 25} = 573 \text{ об/хв.}$$

Узгодивши з попереднім робочим ходом, одержимо:

$$n_{\phi} = 500 \text{ об/хв}$$

$$V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi D}{1000} = \frac{500 \cdot 3,14 \cdot 25}{1000} = 39,5 \text{ м/хв.}$$

Перехід 3. Свердління отвору $\varnothing 8,5$ мм, проточування канавки переднім поперечним супортом. Згідно ([33] ст.31 табл.7) режим різання при свердлінні:

$$S = 0,15 \text{ мм/об} \quad V = 15 \text{ м/хв.}$$

Число обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 15}{3,14 \cdot 8,5} = 517 \text{ об/хв.}$$

тоді:

$$n_{\phi} = 500 \text{ об/хв}$$

$$V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi D}{1000} = \frac{500 \cdot 3,14 \cdot 8,5}{1000} = 13,3 \text{ м/хв.}$$

Режими різання при проточці канавки, згідно ([33] ст.31 табл.7), будуть такими:

$$S = 0,15 \text{ мм/об} \quad V = 40 \text{ м/хв}$$

Число обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 40}{3,14 \cdot 25} = 509 \text{ об/хв.}$$

тоді фактична частота обертання, згідно паспорту верстата, буде становити:

$$n_{\phi} = 500 \text{ об/хв}$$

а фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi D}{1000} = \frac{500 \cdot 3,14 \cdot 25}{1000} = 39,25 \text{ М/ХВ.}$$

Перехід 4. Нарізання мітчиком М 10×1,5

Режим різання приймаємо:

$$S = 0,15 \text{ мм/об} \quad V = 6 \text{ М/ХВ}$$

Знайдемо частоту обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 6}{3,14 \cdot 10} = 151 \text{ об/ХВ.}$$

Після корекції приймаємо:

$$n_{\phi} = 125 \text{ об/ХВ}$$

а фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi D}{1000} = \frac{125 \cdot 3,14 \cdot 10}{1000} = 4 \text{ М/ХВ.}$$

Перехід 5. Відрізання готової деталі. Подачі і швидкість різання ([33] ст.33 табл.8):

$$S = 0,08 \text{ мм/об} \quad V = 34 \text{ М/ХВ}$$

Число обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 34}{3,14 \cdot 25} = 433 \text{ об/ХВ.}$$

Приймаємо:

$$n_{\phi} = 500 \text{ об/ХВ}$$

звідси фактична швидкість різання:

$$V_{\phi} = \frac{n \cdot \pi D}{1000} = \frac{500 \cdot 3,14 \cdot 25}{1000} = 39,25 \text{ М/ХВ.}$$

4. ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВЕРСТАТНОГО ОБЛАДНАННЯ

4.1. Вибір діапазону регулювання виконавчих механізмів верстату

В процесі роботи над магістерською роботою ми розробляємо та модернізуємо конструкцію токарно-револьверного автомата. Даний вид токарних автоматів має систему керування від розподільчого валу. Характерна особливість даних верстатів – робота в заданих режимах з постійними обертами шпинделя і подачею. Тобто ці верстати спеціалізовані і їх привід немає регулювання, а отже в них використовується пряма передача: двигун – механізм перетворення – шпиндель, або двигун – пристрій перетворення руху – заготовка.

Отже, діапазону регулювання в даному випадку не буде.

4.2. Кінематичний розрахунок верстату та обґрунтування його кінематичної схеми

4.2.1. Розрахунок граничних режимів різання

Знаючи режими різання при виготовленні деталі представника, або виробу, ми ще не зможемо сконструювати привід головного руху і відповідно провести силовий розрахунок. Для цього нам потрібні граничні режими різання, при яких верстат працює на межі можливостей, коли на нього діють максимальні сили різання P_z, P_y, P_x . За операцію з граничними режимами різання прийемо поздовжнє обточування сталюого прутка $\varnothing 40$ мм, з глибиною різання $t = 2$ мм.

Згідно ([33] ст.266 табл.11), вибираємо максимальну подачу:

$$S = 0,45 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання по формулі:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^Y} \cdot K_v \quad (4.1)$$

де T - стійкість інструменту; m, x, Y - показники степені; t - глибина різання;

S – подача; C_v, S^Y - коефіцієнти.

Згідно ([33] ст.268 табл.16), знаходимо значення коефіцієнтів:

$$T = 40 \text{ хв}; x = 0,15; K_v = 1; Y = 0,35; C_v = 350; m = 0,20.$$

Підставляючи значення у формулу, одержимо:

$$V = \frac{350}{40^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,45^{0,35}} \cdot 1 = 201 \text{ М/хв.}$$

Частота обертання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D} \quad (4.2)$$

де V - швидкість різання; D - діаметр обробленої поверхні.

Знаходимо потужність різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^m \cdot K_p \quad (4.3)$$

де - K_p , C_p , x , y , m - коефіцієнти при формулі ([33] ст.273 табл.22); t - глибина різання; S - подача; V - швидкість різання.

$$C_p = 300; x = 1; K_p = 1; y = 0,75; m = -0,15$$

$$\text{Отже: } P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,45^1 \cdot 2^{0,75} \cdot 201^{-0,15} \cdot 1 = 1350 \text{ Н}$$

Знаходимо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1350 \cdot 201}{1020 \cdot 60} = 4,0 \text{ кВт} \quad (4.4)$$

Виходячи з цих значень можемо підібрати електродвигун.

4.2.2. Вибір електродвигуна приводу головного руху

Потужність приводу електродвигуна визначається за формулою:

$$N = \frac{N_{\text{еф}}}{\eta} + N_{\text{х.х.}} \quad (4.5)$$

де $N_{\text{еф}}$ - ефективна потужність різання, кВт; η - к.к.д приводу; $N_{\text{х.х.}}$ - потужність холостого ходу, кВт.

$$\eta = \frac{\eta_{\text{розр}}}{1 + \frac{N_{\text{ел}}}{N_{\text{еф}}} \cdot \eta_{\text{розр}}} \quad (4.6)$$

$$\eta_{\text{розр}} = \eta_{\text{п}} \cdot \eta_{\text{з}}^4 \cdot \eta_{\text{п.коч}}^5 \quad (4.7)$$

де $\eta_{\text{п}} = 0,97$ - ККД пасової передачі; $\eta_{\text{з}} = 0,99$ - ККД зубчатої пори;

$\eta_{\text{п.коч}} = 0,997$ - ККД підшипника кочення.

Отже: $\eta_{\text{розр}} = 0,97 \cdot 0,99^4 \cdot 0,997^5 = 0,93$

Таким чином: $\eta = \frac{0,93}{1 + \frac{1,01}{4,04} \cdot 0,93} = 0,77$

Витрати потужності по холостому ході:

$$N_{\text{х.х.}} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot d_{\text{ср}} \cdot (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 \cdot l \cdot \frac{d_{\text{шп}}}{d_{\text{ср}}} \cdot n_{\text{шп}}) \quad (4.8)$$

де $d_{\text{шп}}$ - середнє значення опорних шийок шпинделя; $d_{\text{ср}}$ - середнє арифметичне діаметрів всіх опорних шийок валів, вибирається згідно графіка частот обертів;

l – коефіцієнт для шпинделя на опорах кочення, $l = 2$.

$$N_{\text{х.х.}} = 4 \cdot 10^{-6} \cdot 3,6 \cdot \left(1440 + 2260 + 1600 + 1600 \cdot 2 \cdot \frac{70}{36} \cdot 1600 \right) = 1,01 \text{ кВт}$$

Тоді потужність двигуна: $N = \frac{N_{\text{еф}}}{\eta} + N_{\text{х.х.}} = \frac{4,04}{0,77} + 1,01 = 6,28 \text{ кВт}$

Приймаємо електродвигун А 02-42-4 з $N = 7 \text{ кВт}$; $n = 1440 \text{ об/хв}$.

4.3. Кінематичний розрахунок

4.3.1. Розрахунок діапазону регулювання

Діапазон регулювання визначається за формулою:

$$Д = \frac{n_{\text{max}}}{n_{\text{min}}} \quad (4.9)$$

де n_{max} - очікувана максимальна частота обертання шпинделя;

n_{min} - очікувана мінімальна частота обертання шпинделя.

$$Д = \frac{2500}{64} = 39,06$$

4.3.2. Розробка структурної формули, її оптимізація

Для визначення числа ступенів Z необхідно задати знаменник геометричної прогресії φ . Для токарних автоматів згідно [34], приймаємо $\varphi = 1,26$ тоді число ступенів:

$$Z_p = \frac{\lg P}{\lg \varphi} + 1 = \frac{\lg 39,06}{\lg 1,26} + 1 = 16,9 \quad (4.10)$$

Одержане значення округлюємо до цілого парного числа, приймаємо $Z = 18$.

Складаємо структурну формулу, яка представляється у вигляді:

$$Z = P_1(x_1) \times P_2(x_2) \times P_3(x_3) \quad (4.11)$$

де - P_1, P_2, P_3 - число, яке вказує на кількість передач в кожній незалежній групі (як правило 2 або 3); x_1, x_2, x_3 - характеристика відповідних незалежних груп.

Для забезпечення мінімальних габаритів коробок швидкостей необхідно щоб виконувались умови:

$$P_1 > P_2 > P_3; \quad x_1 > x_2 > x_3$$

Також потрібно, щоб кількість P не перевищувала 3. Звідси вибираємо найкращий варіант, тобто формулу:

$$Z = P_1 \times P_2 \times P_3 = 3 \times 3 \times 2 \quad (4.12)$$

Маса зубчатих коліс на одному валу буде найменшою при мінімальній різниці в їх розмірах. Найкращою буде структура в якій $P_1 > P_2 > P_3 > \dots > P_n$.

При структурній формулі: $Z = 3 \times 3 \times 2$

$m = 3; q = 2$ знаходимо кількість можливих варіантів кінематичних схем.

Для звичайних множинних структур:

$$K = \frac{(m!)^2}{(q!)} = \frac{(3!)^2}{(2!)} 18 \quad (4.13)$$

Формулу $Z = 3 \times 3 \times 2$ в залежності від характеристик груп, можна записати по різному (рис. 4.1 та рис. 4.2):

$$Z = 3(1) \times 3(3) \times 2(9) \text{ або } Z = 3(1) \times 3(6) \times 2(3)$$

Побудуємо структурні сітки для цих верстатів. Згідно поданих умов перший варіант кращий ($P_1 > P_2 > P_3, \quad x_1 > x_2 > x_3$). В багатьох випадках при збільшенні діапазону регулювання швидкостей, створити привід, що задовольняв би вимоги на базі звичайної структури важко, а в ряді випадків неможливо, тому в практиці верстатобудування застосовують різні методи, що задовольняють (різні методи) ці вимоги.

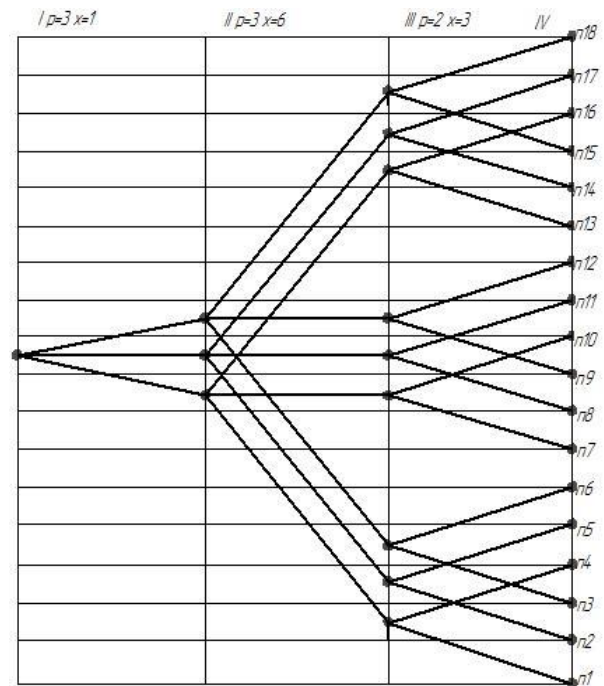
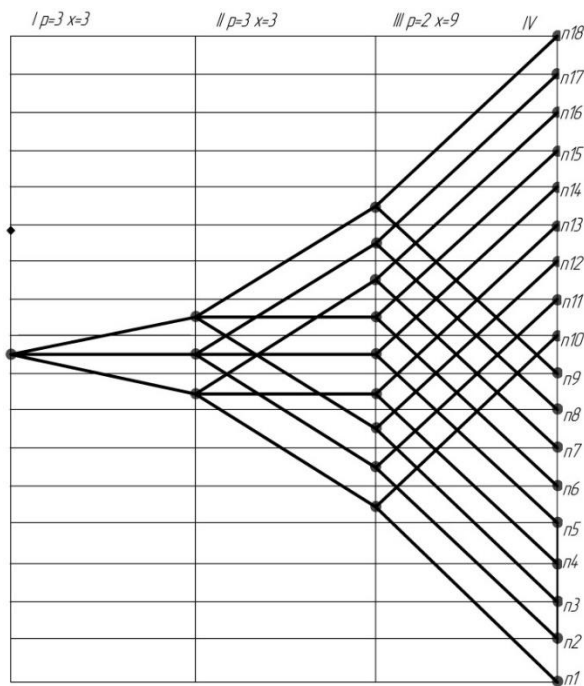


Рисунок 4.1 - Структурна сітка верстата
за структурною формулою

$$Z = 3(1) \times 3(3) \times 2(9)$$

Рисунок 4.2 - Структурна сітка верстата
за структурною формулою

$$Z = 3(1) \times 3(6) \times 2(3)$$

В структурній формулі ($Z = P_1 \times P_2 \times P_3$), число передач P повинно бути 2 або 3, а число Z кратне їм, але в деяких випадках приймаються рішення, що порушують ці правила. При роботі верстату в умовах крупносерійного і масового виробництва рекомендується використовувати пари змінних зубчатих коліс. При введенні змінних пар зубчатих коліс ми значно спростимо конструкцію валів і значно зменшимо габарити коробки швидкостей. Після вводу на другій ступені змінних зубчатих коліс ми отримаємо таку структурну формулу:

$$Z = 3(3) \times 7(1) \times 2(4) = 17$$

Як ми бачимо значення одержаного Z ближче до розрахункового $Z_p = 16,9$ ніж при нормальній структурній сітці.

4.3.3. Побудова структурної сітки і графіка чисел обертів для оптимального варіанту

Для побудови структурної сітки нам достатньо мати тільки формулу:

$$Z = 3(3) \times 7(1) \times 2(4)$$

Отже будемо графік частот обертання шпинделя.

Згідно розрахунків $n_{min} = 63$ об/хв. Знайдемо наступні частоти обертання:

$$n_1 = n_{min} \cdot \varphi^2 \quad n_k = n_{min} \cdot \varphi^{k-1}$$

Як ми бачимо з структурної сітки (рис. 5.3) в нас буде 17 частот обертів. Рахуючи кожен частоту обертання і корегуючи її згідно стандартного ряду, одержимо:

$n_1 = 63;$	$n_2 = 80;$	$n_3 = 100;$	$n_4 = 125;$
$n_5 = 160;$	$n_6 = 200;$	$n_7 = 250;$	$n_8 = 315;$
$n_9 = 400;$	$n_{10} = 500;$	$n_{11} = 630;$	$n_{12} = 800;$
$n_{13} = 1000;$	$n_{14} = 1250;$	$n_{15} = 1600;$	$n_{16} = 2000;$
$n_{17} = 2500 \text{ об/хв}$			

Загальне передаточне число:

$$U_{\text{зар}} = \frac{n_1}{n_{\text{ел.дв}}} = \frac{63}{1440} = \frac{1}{22,86}$$

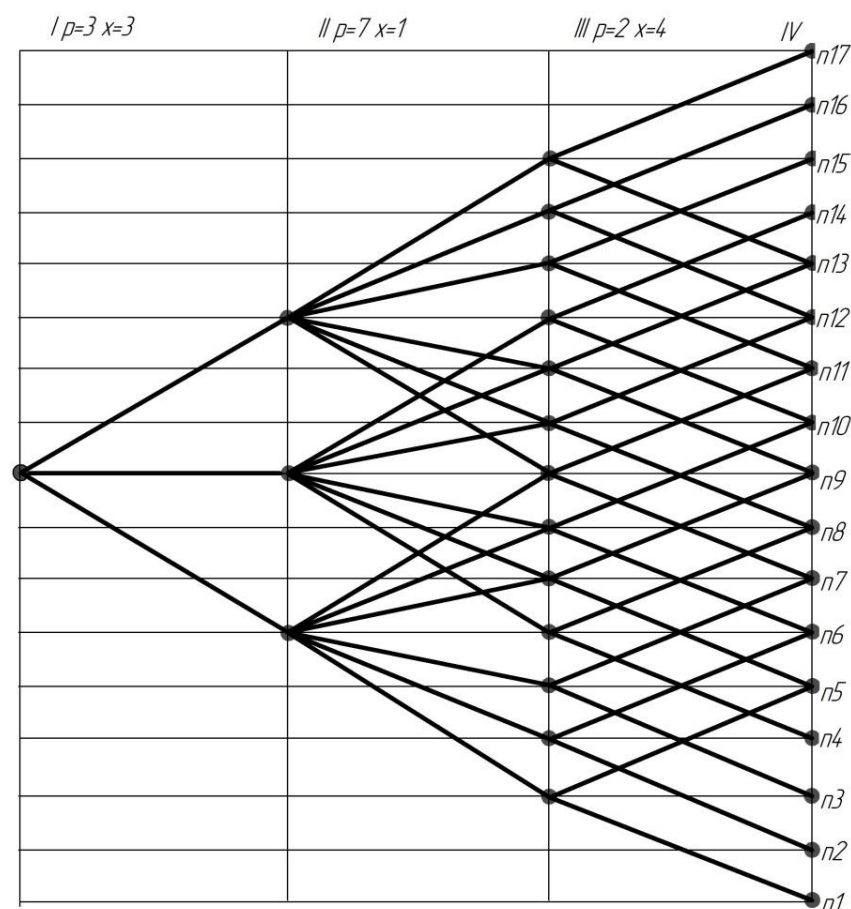


Рисунок 4.3. - Структурна сітка верстата за формулою $Z = 3(3) \times 7(1) \times 2(4)$

Розбиваємо дане передаточне число на складові:

$$\frac{1}{22,86} = \frac{1}{2,52} \times \frac{1}{3,59} \times \frac{1}{3,59} \times 1$$

Визначаємо яку кількість клітинок на графіку повинен пересікати промінь понижуючої передачі.

а) Одична передача $\frac{1}{2,52} = \frac{1}{\varphi^4} = y = 4;$

б) Основна група: $\frac{1}{3,59} = \frac{1}{\varphi^5} = y = 5,5;$

в) Перша переборна група: $\frac{1}{3,59} = \frac{1}{\varphi^5} = y = 5,5;$

г) Друга переборна група: $\frac{1}{1} = \frac{1}{\varphi^0} = y = 0$

Тепер на основі наших розрахунків і структурної формули будемо графік частот обертання шпинделя (рис. 4.4).

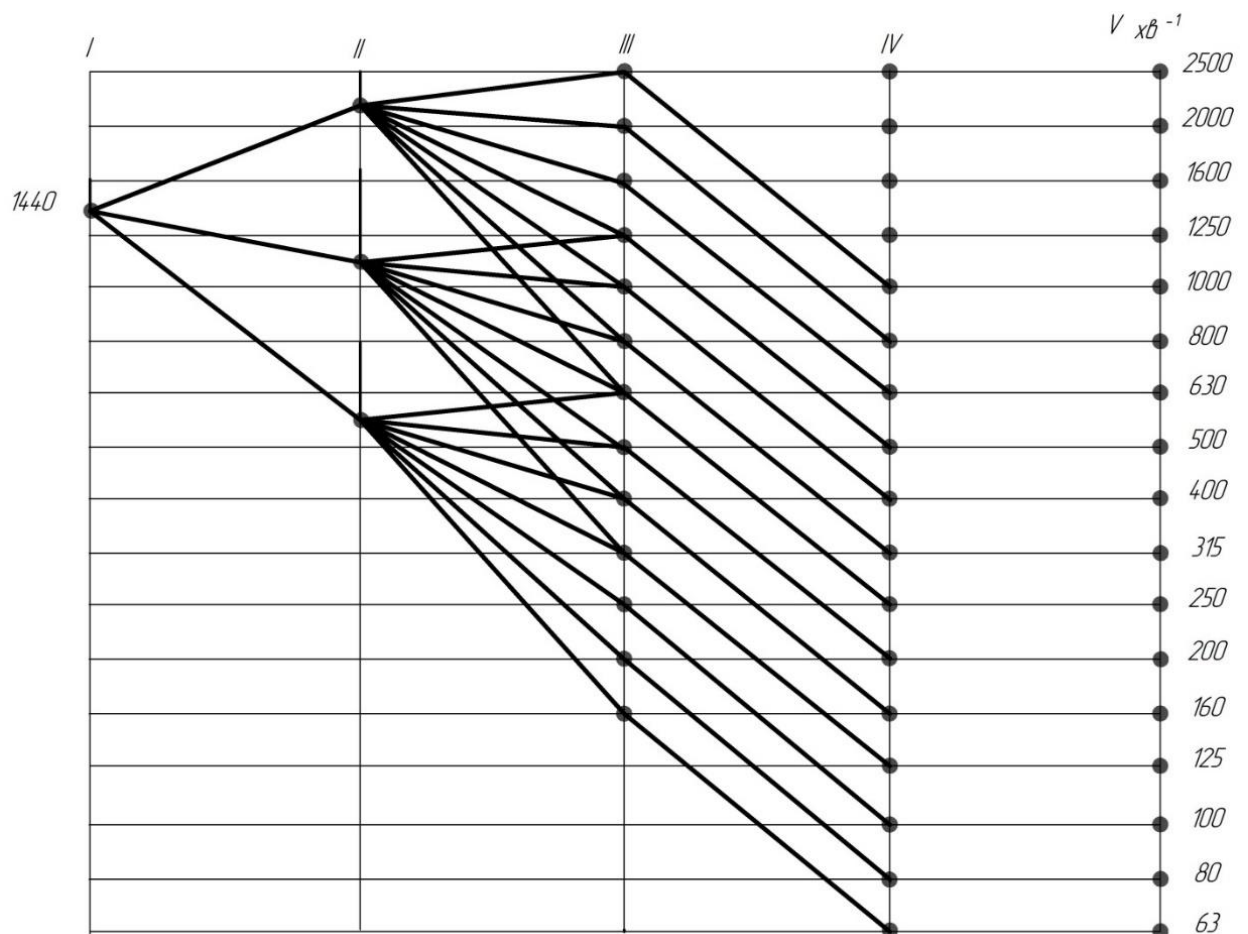


Рисунок 4.4 - Графік чисел обертів шпинделя

4.3.4. Побудова кінематичної схеми приводу, визначення передаточних відношень чисел зубів передач

По графіку чисел обертів легко визначити передаточні відношення окремих пар зубчатих коліс. Для понижуючої передачі:

$$U_{\text{заг}} = \frac{1}{\varphi^x} \quad (4.14)$$

де x – число клітинок, на яке опустився промінь відповідної передачі.

Для прискорюючих зубчатих передач: $U = \varphi^x$

де x – число клітинок, на яке піднявся промінь.

Для графіку на рис. 5.4 будемо відповідно мати:

$$\begin{aligned} U_1 &= \frac{Z_1}{Z_2} = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,26^4} = 0,39; & U_2 &= \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{1}{\varphi} = \frac{1}{1,26} = 0,79; \\ U_3 &= \frac{Z_5}{Z_6} = \varphi^2 = 1,26^2 = 1,58; & U_4 &= \frac{Z_7}{Z_8} = \frac{1}{\varphi^{5,5}} = \frac{1}{1,26^{5,5}} = 0,28; \\ U_5 &= \frac{Z_9}{Z_{10}} = \frac{1}{\varphi^{4,5}} = \frac{1}{1,26^{4,5}} = 0,35; & U_6 &= \frac{Z_{11}}{Z_{12}} = \frac{1}{\varphi^{3,5}} = \frac{1}{1,26^{3,5}} = 0,45; \\ U_7 &= \frac{Z_{13}}{Z_{14}} = \frac{1}{\varphi^{2,5}} = \frac{1}{1,26^{2,5}} = 0,56; & U_8 &= \frac{Z_{15}}{Z_{16}} = \frac{1}{\varphi^{1,5}} = \frac{1}{1,26^{1,5}} = 0,71; \\ U_9 &= \frac{Z_{17}}{Z_{18}} = \frac{1}{\varphi^{0,5}} = \frac{1}{1,26^{0,5}} = 0,89; & U_{10} &= \frac{Z_{19}}{Z_{20}} = \varphi^{0,5} = 1,26^{0,5} = 1,12; \\ U_{11} &= \frac{Z_{21}}{Z_{22}} = \frac{1}{\varphi^0} = \frac{1}{1,26^0} = 1; & U_{12} &= \frac{Z_{23}}{Z_{24}} = \frac{1}{\varphi^4} = \frac{1}{1,26^4} = 0,4. \end{aligned}$$

Остання передача повинна забезпечувати реверс, тому вводиться паразитна шестерня, і тому:

$$U_{13} = \frac{Z_{23}}{Z_{24}} \times \frac{Z_{24}}{Z_{25}} = 0,4;$$

В формулах $U_1 - U_{12}$ - передаточні відношення змінних зубчатих коліс. Маючи конкретні значення передаточних відношень для кожної з незалежних груп, можна визначити кількість зубів окремих пар зубчатих коліс, що входять в неї. При цьому приймають, що модуль всіх зубчатих коліс групи однаковий, а осьова відстань незмінна.

Виходячи з цієї умови записуємо систему рівняння для першої групи:

$$\begin{cases} Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4 = Z_5 + Z_6 \\ \frac{Z_1}{Z_2} = 0,39; \frac{Z_3}{Z_4} = 0,79; \frac{Z_5}{Z_6} = 1,58 \end{cases} \quad (4.15)$$

З системи:

$$Z_1 = 0,39 \times Z_2; \quad Z_3 = 0,79 \times Z_4 \quad Z_5 = 1,58 \times Z_6$$

Прийmemo:

$$Z_1 = Z_{min} = 27$$

Звідси:

$$Z_2 = \frac{Z_1}{0,4} = \frac{27}{0,4} = 68$$

Тоді згідно рівняння:

$$0,39 \cdot Z_2 + Z_2 = 0,79 \cdot Z_4 + Z_4 = 1,58 \cdot Z_6 + Z_6$$

$$1,39 \cdot Z_2 = 1,79 \cdot Z_4 = 2,58 \cdot Z_6$$

$$1,39 \cdot 68 = 1,79 \cdot Z_4 = 2,58 \cdot Z_6$$

Тепер визначаємо, що:

$$Z_4 = \frac{1,39 \times 68}{1,79} = 53 \quad Z_6 = \frac{1,39 \times 68}{2,58} = 37$$

Знаходимо кількість зубів інших зубчатих коліс:

$$Z_5 = 0,79 \cdot 53 = 42,37$$

$$Z_6 = 1,58 \cdot 37 = 58,22$$

Користуючись стандартним рядом ([35] ст.82) приймаємо:

$$Z_5 = 42 \quad Z_6 = 58$$

Таким чином розраховуємо кількість зубів інших пар зачеплень.

Змінні пари:

$$\begin{cases} a_7 + b_8 = a_9 + b_{10} = a_{11} + b_{12} = a_{13} + b_{14} = a_{15} + b_{16} = a_{17} + b_{18} = a_{19} + b_{20}; \\ \frac{a_7}{b_8} = 0,28; \frac{a_9}{b_{10}} = 0,35; \frac{a_{11}}{b_{12}} = 0,45; \frac{a_{13}}{b_{14}} = 0,56; \frac{a_{15}}{b_{16}} = 0,71; \frac{a_{17}}{b_{18}} = 0,89; \frac{a_{19}}{b_{20}} = 1,12. \end{cases}$$

Після розв'язку даної системи, одержимо:

$$a_7 = 21; b_8 = 74; a_9 = 25; b_{10} = 70; a_{11} = 29; b_{12} = 66; a_{13} = 34; b_{14} = 61;$$

$$a_{15} = 39; b_{16} = 56; a_{17} = 45; b_{18} = 50; a_{19} = 50; b_{20} = 45$$

Знаходимо кількість зубів зубчатих коліс 3-ї групи:

$$U_{11} = 1; \quad U_{12} = 0,4$$

Як бачимо $\frac{Z_{21}}{Z_{22}} = 1$ тобто зубчаті колеса мають однакову кількість зубів, а передача $U_{12} = 0,4$ повинна забезпечувати реверс, тобто:

$$U_{12} = \frac{Z_{23}}{Z_{24}} \times \frac{Z_{24}}{Z_{25}} = 0,4$$

Кількість зубів і зубчатих коліс визначається виходячи з параметрів самого зубчатого зачеплення.

Попередньо приймаємо, що:

$$Z_{21} = Z_{22} = 47; \quad Z_{23} = 24; \quad Z_{24} = 40; \quad Z_{25} = 60$$

Побудуємо кінематичну схему приводу (рис. 4.5).

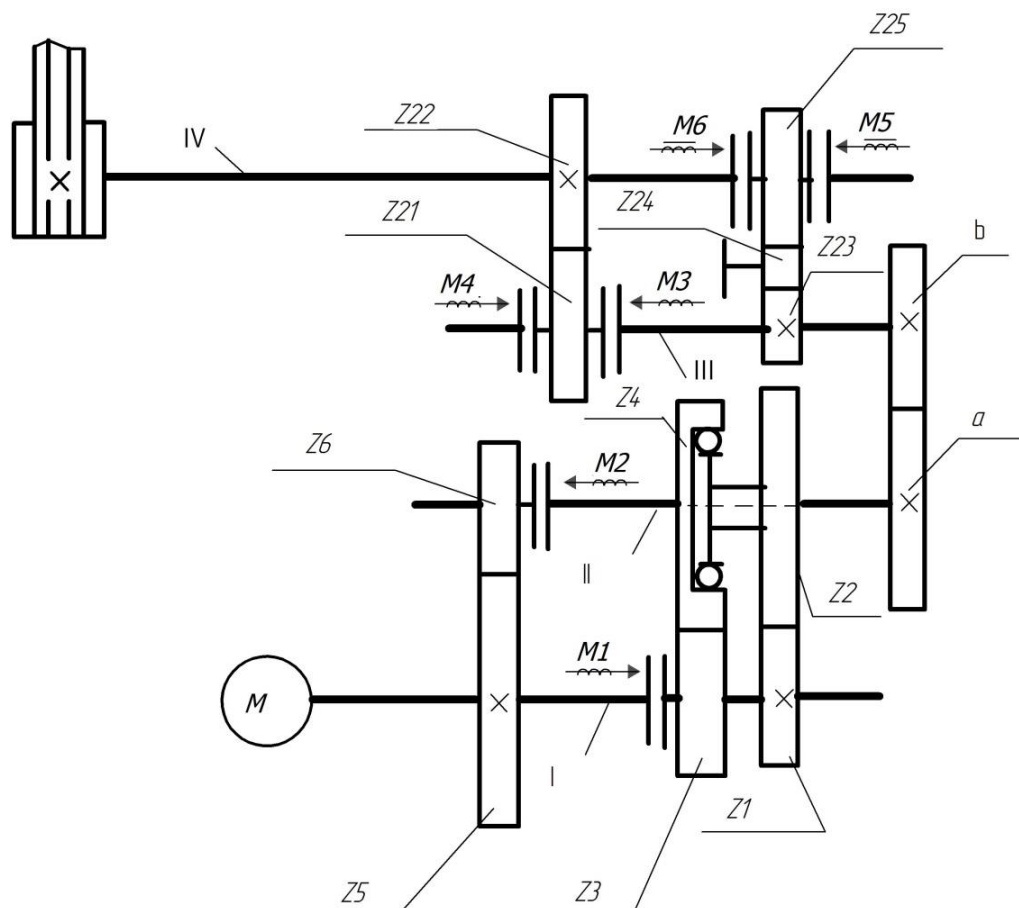


Рисунок 4.5 - Кінематична схема приводу головного руху

Кінематична схема приводу головного руху включає в себе також електромагнітні муфти, які вмикають в зачеплення пари зубчатих коліс та керуються командоапаратом. На II і III валах розміщенні змінні зубчаті колеса.

4.4. Силовий розрахунок вузлів верстату

4.4.1. Визначення оптимальних крутних моментів та швидкостей на валах кінематичного ланцюга приводу

Проведемо силовий розрахунок приводу головного руху. Найбільша потужність різання виникає при частоті обертання $n = 160 \text{ об/хв}$, при якій створюється сила різання $P_z = 1350 \text{ Н}$. При цьому працює кінематичний ланцюг:

$$n_{\text{дв}} \times \frac{Z_1}{Z_2} \times \frac{a_7}{b_8} \times \frac{Z_{21}}{Z_{22}} \times \frac{D_1}{D_2} = 1440 \times \frac{27}{68} \times \frac{21}{74} \times \frac{47}{47} \times \frac{190}{190} = 160 \text{ об/хв} \quad (5.16)$$

Визначаємо частоти обертання і крутні моменти на валах:

$$I \text{ вал} \quad n_1 = n_{\text{дв}} = 1440 \text{ об/хв};$$

$$II \text{ вал} \quad n_2 = n_1 \times \frac{Z_1}{Z_2} = 1440 \times \frac{27}{68} = 572 \text{ об/хв};$$

$$III \text{ вал} \quad n_3 = n_2 \times \frac{a_7}{b_8} = 572 \times \frac{21}{74} = 162 \text{ об/хв};$$

$$IV \text{ вал} \quad n_4 = n_3 \times \frac{Z_{21}}{Z_{22}} = 162 \times \frac{47}{47} = 162 \text{ об/хв};$$

$$V \text{ вал (шпиндель)} \quad n_5 = n_4 \times \frac{D_1}{D_2} = 162 \times \frac{190}{190} = 162 \text{ об/хв};$$

Розрахункові крутні моменти на валах:

$$M_{\text{шп}} = M_5 = \frac{N_{\text{різ}} \times 30 \times 10^3}{\pi \times n_5} = \frac{4,04 \times 30 \times 10^3}{3,14 \times 162} = 238 \text{ Н}$$

$$M_4 = \frac{M_5 \times i_k}{\eta_{\text{зп}} \times \eta_{\text{пк}}} = \frac{238 \times \frac{190}{190}}{0,97 \times 0,997} = 246 \text{ Н}$$

$$M_3 = \frac{M_4 \times i_4}{\eta_{\text{зп}} \times \eta_{\text{пк}}} = \frac{246 \times \frac{47}{47}}{0,97 \times 0,997} = 249 \text{ Н}$$

$$M_2 = \frac{M_3 \times i_3}{\eta_{\text{зп}} \times \eta_{\text{пк}}} = \frac{249 \times \frac{21}{74}}{0,97 \times 0,997} = 71,6 \text{ Н}$$

$$M_1 = \frac{M_2 \times i_2}{\eta_{\text{зп}} \times \eta_{\text{пк}}} = \frac{71,6 \times \frac{27}{68}}{0,97 \times 0,997} = 30,6 \text{ Н}$$

Перевіряємо потужність електродвигуна:

$$N_{\text{дв.необх.}} = \frac{M_{\text{дв.}} \cdot \pi \cdot n_{\text{дв.}}}{30 \cdot 10^3} = \frac{30,7 \cdot 3,14 \cdot 1440}{30 \cdot 10^3} = 5,12 \text{ кВт} \quad (5.18)$$

Результати задовольняють вимогу:

$$N_{\text{дв.необх.}} \leq N_{\text{дв.}} \quad (5,12 \text{ кВт} \leq 7,0 \text{ кВт})$$

Проведемо автоматизований розрахунок коробки швидкостей та гітари коліс, результати розрахунків приведені нижче.

4.4.2. Автоматизований розрахунок I ступені коробки швидкостей

Автоматизований розрахунок коробки швидкостей проводимо за допомогою пакета прикладних програм «DM».

Вихідними даними на розрахунок є:

- міжосьова відстань передачі;
- модуль передачі;
- передаточне число;
- контактна напруга при дії максимального навантаження (вибирається згідно вибраного матеріалу);
- допустима контактна напруга при дії максимального навантаження (вибирається згідно вибраного матеріалу);
- степінь точності передачі;
- характер навантаження.

На (рис. 4.6 – 4.8) приведено скріншоти результатів розрахунків I ступені коробки швидкостей. На основі вихідних даних ми отримали розрахункові значення міжосьової відстані, модуля, та геометричні характеристики коліс і шестерень. Також розраховані силові характеристики в зачепленні та здійснено розрахунок на контактні напруги.

Результати розрахунків гітари коліс та третьої ступені коробки приведені в Додатку А та Додатку Б відповідно.

ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

1. МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 112.50	
2. МОДУЛЬ (ММ)	M= 2.50	
3. ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО	U= 0.38	
4. КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHM= 681.	
5. ДОПУСТИМОЕ КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHMD= 1456.	
	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
6. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	65.	25.
7. НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	162.5	62.5
8. ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	25.00	24.00
9. НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)	214.	240.
10. ДОПУСТИМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗГИБА ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ (МПА)	685.	685.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

- ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО ПЕРЕДАЧИ	U= .38	
- МОДУЛЬ ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ММ)	M= 2.50	
- МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 112.50	
- СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ	ST= 7.	
- УГОЛ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ (ГРАД)	ALFTW= 20.00	
- УГОЛ НАКЛОНА ЗУБА (ГРАД)	BET= .00	
- КОЭФИЦИЕНТ ШИРИНЫ ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА В ДОЛЯХ МЕЖОСЕВОГО РАСТОЯНИЯ	PSIBA= .20	
КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (МПА):		
РАСЧЕТНОЕ (В ПОЛЮСЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ)	SGH= 459.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ)	SGHD= 492.	
РАСЧЕТНОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHM= 681.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHMD= 681.	
- ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ НА ВАЛАХ 1 И 2 (Н*М):	TVL1= 81.92	TVL2= 30.56
- ОКРУЖНАЯ СИЛА (Н)	FT= 978.	
- ОСЕВАЯ СИЛА (Н)	FA= .00	
- РАДИАЛЬНАЯ СИЛА ЗАЦЕПЛЕНИЯ (Н)	FR= 356.	
	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
- ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	65.	25.
- КОЭФ. СМЕЩЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА (ММ)	.00	.00
- НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	162.50	62.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВЕРШИНЫ ЗУБЬЕВ (ММ)	167.50	67.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВПАДИН (ММ)	156.25	56.25
- ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	25.00	24.00
- ДЛИНА ОБЩЕЙ НОРМАЛИ (ММ)	57.63	19.33
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	97.	109.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	267.	267.
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	214.	240.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	685.	685.

Рисунок 4.6 – Розрахунок першої пари коліс I ступені

ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

1. МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 112.50	
2. МОДУЛЬ (ММ)	M= 2.50	
3. ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО	U= 0.80	
4. КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHM= 688.	
5. ДОПУСТИМОЕ КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHMD= 1456.	
	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
6. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	50.	40.
7. НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	125.00	100.00
8. ШИРИНА ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА (ММ)	25.00	24.00
9. НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)	332.	350.
10. ДОПУСТИМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗГИБА ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ (МПА)	685.	685.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

- ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО ПЕРЕДАЧИ	U= 0.80	
- МОДУЛЬ ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ММ)	M= 2.50	
- МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 112.50	
- СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ	ST= 7.	
- УГОЛ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ (ГРАД)	ALFTW= 20.00	
- УГОЛ НАКЛОНА ЗУБА (ГРАД)	BET= .00	
- КОЭФИЦИЕНТ ШИРИНЫ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА В ДОЛЯХ МЕЖОСЕВОГО РАСТОЯНИЯ	PSIBA= .20	
КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (МПА):		
РАСЧЕТНОЕ (В ПОЛЮСЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ)	SGH= 459.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ)	SGHD= 464.	
РАСЧЕТНОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHM= 500.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHMD= 688.	
- ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ НА ВАЛАХ 1 И 2 (Н*М):	TVL1= 65.79	TVL2= 51.06
- ОКРУЖНАЯ СИЛА (Н)	FT= 1021.	
- ОСЕВАЯ СИЛА (Н)	FA= 0.	
- РАДИАЛЬНАЯ СИЛА ЗАЦЕПЛЕНИЯ (Н)	FR= 372.	

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
- ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	50.	40.
- КОЭФ. СМЕШЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА (ММ)	.00	.00
- НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	125.00	100.00
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВЕРШИНЫ ЗУБЬЕВ (ММ)	130.00	105.00
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВПАДИН (ММ)	118.75	93.75
- ШИРИНА ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА (ММ)	25.00	24.00
- ДЛИНА ОБЩЕЙ НОРМАЛИ (ММ)	42.34	34.61
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	151.	159.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	267.	267.
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	332.	350.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	685.	685.

Рисунок 4.7 – Розрахунок другої пари коліс I ступені

ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

1. МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 112.50	
2. МОДУЛЬ (ММ)	M= 2.50	
3. ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО	U= 1.57	
4. КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHM= 766.	
5. ДОПУСТИМОЕ КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHMD= 1456.	
	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
6. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	35.	55.
7. НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	87.50	137.50
8. ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	25.00	24.00
9. НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)	512.	520.
10. ДОПУСТИМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗГИБА ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ (МПА)	685.	685.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

- ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО ПЕРЕДАЧИ	U= 1.57	
- МОДУЛЬ ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ММ)	M= 2.50	
- МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 112.50	
- СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ	ST= 7.	
- УГОЛ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ (ГРАД)	ALFTW= 20.00	
- УГОЛ НАКЛОНА ЗУБА (ГРАД)	BET= .00	
- КОЭФИЦИЕНТ ШИРИНЫ ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА В ДОЛЯХ МЕЖОСЕВОГО РАСТОЯНИЯ	PSIBA= .20	
КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (МПА):		
РАСЧЕТНОЕ (В ПОЛЮСЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ)	SGH= 516.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ)	SGHD= 533.	
РАСЧЕТНОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHM= 766.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHMD= 1456.	
- ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ НА ВАЛАХ 1 И 2 (Н*М):	TVL1= 36.49	TVL2= 55.62
- ОКРУЖНАЯ СИЛА (Н)	FT= 809.	
- ОСЕВАЯ СИЛА (Н)	FA= 0.	
- РАДИАЛЬНАЯ СИЛА ЗАЦЕПЛЕНИЯ (Н)	FR= 294.	

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
- ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	35.	55.
- КОЭФ. СМЕШЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА (ММ)	.00	.00
- НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	87.50	137.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВЕРШИНЫ ЗУБЬЕВ (ММ)	92.50	142.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВПАДИН (ММ)	81.25	131.25
- ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	25.00	24.00
- ДЛИНА ОБЩЕЙ НОРМАЛИ (ММ)	27.06	49.90
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	233.	237.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	267.	267.
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	512.	520.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	685.	685.

Рисунок 4.8 – Розрахунок третьої пари коліс I ступені

4.5. Розробка конструкції та розрахунок фрезерного відрізного пристрою

4.5.1. Конструктивні особливості відрізного супорта з дисковою фрезою

Операція відрізання заготовки різцем на одношпindelних токарно-револьверних автоматах в багатьох налашках є мінімальною, тому для скорочення часу на відрізку і відмінні операції наступного підрізання, на верстат було встановлено модернізований відрізний пристрій. Відрізний пристрій (рис. 4.9) має незалежний привід і кріпиться до поперечного супорта верстата.

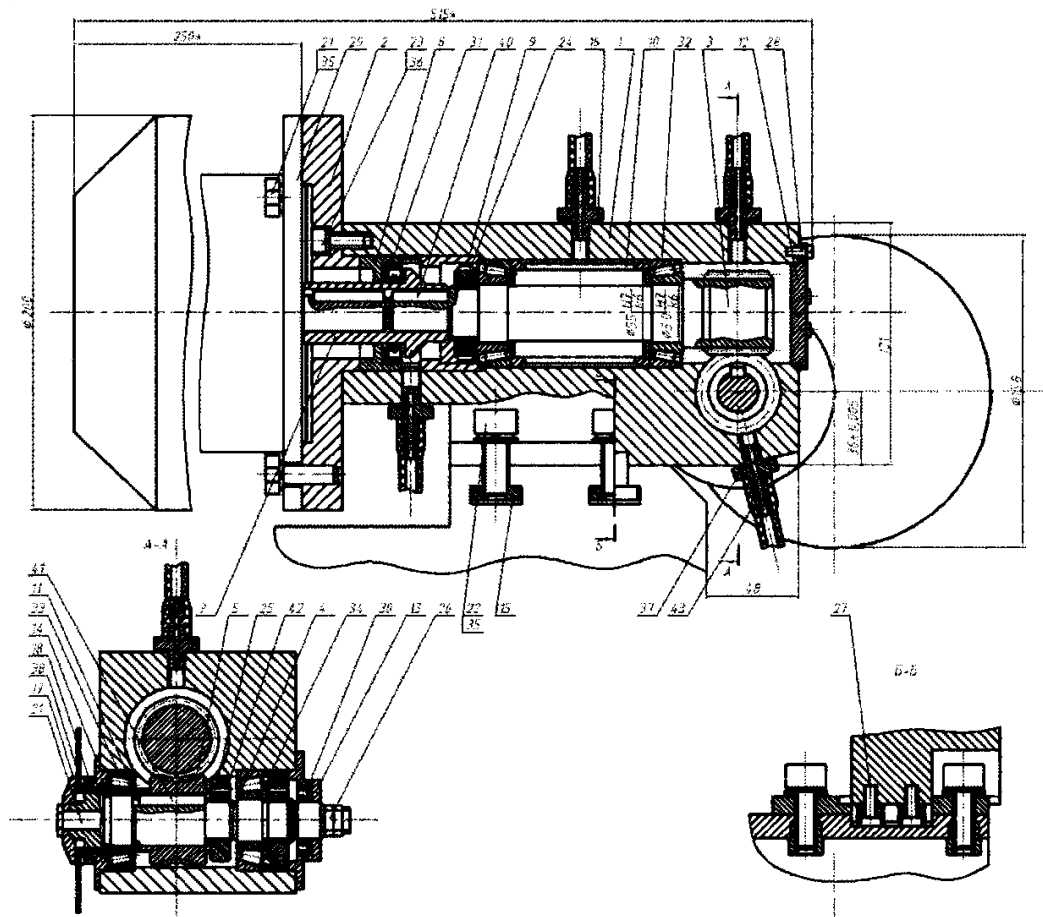


Рисунок 4.9 - Конструкція відрізного фрезерного пристрою

Пристрій складається з корпусу 1 в якому знаходиться черв'ячна передача 3, що з'єднує два вали. На вихідний кінець веденого валу кріпиться дискова фреза, що здійснює відрізання готової деталі. Вхідний кінець ведучого валу з'єднаний за допомогою муфти з валом електродвигуна, який має частоту обертання 1500 об/хв. Електродвигун має фланцеве виконання і кріпиться до корпусу відрізного пристрою.

Для забезпечення надійної роботи черв'ячної пари, пристрій підключається до центральної системи змащування верстата. Пристрій кріпиться до поперечного супорта за допомогою спеціальних лап і кріпильних болтів. Точність установки пристрою забезпечується двома контролюючими призмами, що закріплені в нижній частині супорта.

4.5.2. Вибір і розрахунок режимів різання при розрізанні прутка фрезою

Розглянемо два варіанти – розрізка відрізними фрезами при матеріалі інструменту – швидкорізальна сталь та твердий сплав.

Матеріал інструменту – швидкорізальна сталь.

Діаметр фрези $\varnothing 80$ мм, ширина $B = 0,8$ мм, кількість зубів $z = 64$.

Швидкість різання рівна:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_r \quad (4.19)$$

де $t = 0,5D = 0,5 \cdot 40 = 20$ мм – глибина різання; $T = 60$ хв – стійкість фрези; $S_z = 0,02$ мм/зуб – подача фрези; $C_v = 53$; $q = 0,25$; $y = 0,2$; $u = 0,2$; $p = 0,1$; $m = 0,2$ – коефіцієнти, які залежать від виду обробки;

$K_r = K_1 K_2 K_3 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1$ – поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

$$V = \frac{53 \cdot 80^{0,25}}{60^{0,2} \cdot 20^{0,3} \cdot 0,02^{0,2} \cdot 0,8^{0,2} \cdot 64^{0,1}} \cdot 1 = 43 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання фрези:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 43}{3,14 \cdot 80} \approx 172 \text{ об/хв} \quad (4.20)$$

де $D = 80$ мм – діаметр фрези.

Сила різання визначається із залежності:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{Mp} \quad (4.21)$$

де $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $q = 0,86$; $w = 0$ – коефіцієнти, які залежать від виду обробки; $K_{Mp} = 1$ – поправочний коефіцієнт на силу різання.

$$P_z = \frac{10 \cdot 62,8 \cdot 20^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 0,8^1 \cdot 64}{80^{0,86} \cdot n^0} \cdot 1 = 634 \text{ Н}$$

Ефективна потужність різання рівна:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{634 \cdot 43}{1020 \cdot 60} = 0,45 \text{ кВт} \quad (4.22)$$

Розглянемо другий випадок - матеріал інструменту – твердий сплав.

Розрахуємо величину швидкості різання, при цьому використаємо залежність 5.19, для якої приймаємо наступні коефіцієнти:

$$t = 0,5D = 0,5 \cdot 40 = 20 \text{ мм}; T = 60 \text{ хв}; S_z = 0,2 \text{ мм/зуб}; C_v = 690; q = 0,2; \\ y = 0,4; u = 0,1; p = 0; m = 0,35; K_r = 1 \cdot 1 \cdot 0,82 = 0,82.$$

Тоді швидкість різання:

$$V = \frac{590 \cdot 80^{0,2}}{70^{0,35} \cdot 20^{0,3} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 0,8^{0,1} \cdot 64^0} \cdot 0,82 = 207 \text{ м/хв}$$

Частота обертання фрези:

$$n = \frac{1000 \cdot 207}{3,14 \cdot 80} \approx 820 \text{ об/хв}$$

де $D = 80$ мм – діаметр фрези.

Проведемо розрахунок необхідної сили різання, при цьому використаємо формулу 5.20, для якої приймемо наступні коефіцієнти:

$$C_p = 261; x = 0,7; y = 0,8; q = 1,1; w = 0,1; K_{Mp} = 0,82.$$

Величина сили різання буде становити:

$$P_z = \frac{10 \cdot 241 \cdot 20^{0,7} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,8^{1,1} \cdot 64}{80^{1,1} \cdot 820^{0,1}} \cdot 0,82 = 915 \text{ Н}$$

Ефективну потужність різання визначаємо за формулою 5.22:

$$N_e = \frac{915 \cdot 207}{1020 \cdot 60} \approx 3 \text{ кВт}$$

Отже для відрізного пристрою необхідно застосовувати привід з потужністю не менше 3 кВт.

4.5.3. Вибір електродвигуна для приводу відрізного пристрою

Визначаємо загальний коефіцієнт корисної дії приводу:

$$\eta_{заг} = \eta_1 \cdot \eta_2 = 0,9 \cdot 0,95 = 0,855 \quad (4.23)$$

де η_1 – ККД черв'ячної передачі; $\eta_1 = 0,87 \div 0,92$ [36, с.460, табл. 14.1]. Приймаємо $\eta_1 = 0,9$; η_2 – ККД пари підшипників кочення; $\eta_2 = 0,99 \div 0,995$ [38, с.460, табл.14.1]. Приймаємо $\eta_2 = 0,99$.

Необхідна потужність двигуна

$$P_H = \frac{P_m}{\eta_{заг}} = \frac{3000}{0,855} = 3508,8 \text{ Вт}, \quad (4.24)$$

де P_m – необхідна потужність на валу відрізного пристрою;

З [37, с.390, табл. П1] вибираємо трифазний асинхронний електродвигун серії 4А закритий із синхронною частотою обертання валу $n_c = 3000$ об/хв. 4АМ100S2У3, з параметрами $P_{06} = 4,0$ кВт і ковзанням $S = 3,3\%$.

Тоді номінальна частота обертання валу:

$$n_H = n_c \cdot (1 - S) = 3000 \cdot (1 - 0,033) = 2900 \frac{\text{об}}{\text{хв}} \quad (4.25)$$

Кутова швидкість при цьому:

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 2900}{30} = 303,6 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \quad (4.26)$$

4.5.4. Розрахунок передаточного числа, кутових швидкостей та крутного моменту приводу відрізного пристрою

Визначаємо передаточне число приводу:

$$u_{заг} = \frac{n_H}{n} = \frac{2900}{172} = 16,86 \quad (4.27)$$

Число витків черв'яка Z_1 приймаємо залежно від передаточного числа: при $u = 16,9$ приймаємо $Z_1 = 2$ [38, ст. 71].

Число зубів черв'ячного колеса:

$$z_2 = z_1 \cdot u = 2 \cdot 16,9 = 33,8 \quad (4.28)$$

Приймаємо $Z_2 = 34$, при цьому:

$$u_{ч.н.} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{34}{2} = 17$$

Відмінність від заданого:

$$\frac{|16,9 - 17|}{16,9} \cdot 100\% = 0,59\%$$

Відхилення не перевищує допустимого, яке згідно ГОСТ 2144-76 складає 4%.

Проведемо розрахунок кутових швидкостей валів.

Таблиця 4.1. - Частоти обертання та кутові швидкості валів пристрою.

$n_1 = n_{\text{дв}} = 2900 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$	$\omega_1 = \omega_{\text{дв}} = \frac{\pi \cdot n_{\text{дв}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 2900}{30} = 303,5 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$
$n_2 = \frac{n_1}{u_p} = \frac{2900}{17} = 170,5 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$	$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 170,5}{30} = 17,85 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

Визначаємо крутні моменти на валах.

Крутний момент на валу черв'яка редуктора:

$$T_1 = T_{\text{дв}} = \frac{P_H}{\omega_{\text{дв}}} = \frac{4000}{303,3} = 13,2 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (4.29)$$

на валу колеса редуктора:

$$T_2 = T_1 \cdot U_p = 13,2 \cdot 17 = 224,4 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (4.30)$$

4.5.5. Розрахунок черв'ячної передачі

Користуючись рекомендаціями [37, ст. 64-68], приймаємо для черв'яка Сталь 45 з гартуванням до твердості не менше HRC 45 з наступним шліфуванням. Для вінця черв'ячного колеса приймаємо бронзу БрО10Ф1 (вилівок в кокіль), для диска – СЧ18-28.

Оскільки при вибраних матеріалах черв'як буде значно міцнішим від вінця колеса, то подальший розрахунок проводимо по допустимих напруженнях бронзи. Попередньо приймаємо швидкість ковзання в зачепленні $V_S = 3,5 \text{ м/с}$ і 7-ий ступінь точності передачі [37, ст.65, табл.4.7].

Табличні значення допустимого контактного напруження $[\sigma_H]' = 221 \text{ МПа}$ і основного допустимого напруження згину при реверсивній роботі $[\sigma_{-1F}]' = 51 \text{ МПа}$ [39, ст.66, табл. 4.8].

Розрахункові значення допустимих напружень одержуємо перемноженням табличних значень на відповідні коефіцієнти довговічності: $[\sigma_H] = [\sigma_H]' \cdot K_{HL}$; $[\sigma_{-1F}] = [\sigma_{-1F}]' \cdot K_{FL}$.

Оскільки сумарне число циклів зміни напружень

$N_S = 60n_2t = 60 \cdot 967 \cdot 32256 = 1836656640$ перевищує величину $25 \cdot 10^7$, то приймаємо значення коефіцієнтів довговічності: $K_{HL} = 0,67$ і $K_{FL} = 0,543$.

Тоді отримаємо:

$$[\sigma_H] = 221 \cdot 0,67 = 148,07 \text{ МПа.}$$

$$[\sigma_{-1F}] = 51 \cdot 0,543 = 27,69 \text{ МПа.}$$

Мінімальну міжосьову відстань визначаємо з розрахунку на контактну витривалість:

$$a_W \geq \left(\frac{z_2}{q} + 1\right) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{170}{\frac{z_2}{q} [\sigma_H]}\right)^2 \cdot T_2 \cdot K}, \quad (4.31)$$

де z_2 - кількість зубів черв'ячного колеса, $z_2 = 34$; q - коефіцієнт діаметра черв'яка, приймаємо $q = 10$ [37, ст.56-57]; T_2 - крутний момент на валу черв'ячного колеса, $T_2 = 132200 \text{ Н}\cdot\text{мм}$; $K = K_\beta K_V$ - коефіцієнт навантаження;

$K_\beta = 1 + \left(\frac{z_2}{\theta}\right)^3 \cdot (1 - x)$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження; $\theta = 70$ [37, ст.64, табл.4.6] - коефіцієнт деформації черв'яка;

x - допоміжний коефіцієнт, що залежить від характеру зміни навантаження. Оскільки завданням не передбачено значних коливань навантаження, то приймаю $x=0,6$ [37, стор.65];

$$K_\beta = 1 + \left(\frac{48}{70}\right)^3 \cdot (1 - 0,6) = 1,12;$$

$K_V = 1,1$ [37, ст.65, табл.4.7] - коефіцієнт динамічного навантаження;

$$K = 1,12 \cdot 1,1 = 1,232$$

$$a_W \geq \left(\frac{34}{10} + 1\right) \cdot \sqrt[3]{\left(\frac{170}{\frac{34}{10} \cdot 148,07}\right)^2 \cdot 132200 \cdot 1,232} = 79,7 \text{ мм.}$$

Визначаємо модуль зачеплення:

$$m = \frac{2a_W}{q+z_2} = \frac{2 \cdot 79,7}{10+34} = 3,62 \text{ мм.} \quad (4.32)$$

Приймаємо стандартне значення модуля $m=4$ мм [38, ст.72].

Тоді міжосьова відстань буде складати:

$$a_W = \frac{q+z_2}{2} m = \frac{10+34}{2} \cdot 4 = 84 \text{ мм.}$$

Проведемо розрахунок основних геометричних параметрів черв`яка

Розрахунковий крок черв`яка:

$$p_1 = \pi \cdot m = 3,14 \cdot 4 = 12,56 \text{ мм.} \quad (4.33)$$

Ділильний діаметр черв`яка:

$$d_1 = q \cdot m = 10 \cdot 4 = 40 \text{ мм.} \quad (4.34)$$

Ділильний кут підйому витка черв`яка $\gamma = 21^\circ 48'$ [37, ст.57, табл.4.3]

Діаметр вершин витків черв`яка (при коефіцієнті висоти головки, рівному одиниці):

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 40 + 2 \cdot 4 = 48 \text{ мм.} \quad (4.35)$$

Діаметр впадин витків черв`яка (при коефіцієнті радіального зазору $0,2m$):

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m = 40 - 2,4 \cdot 4 = 30,4 \text{ мм.} \quad (4.36)$$

Довжина нарізаної частини черв`яка b_1 при $z_1 = 4$:

$$b_1 \geq (12,5 + 0,09z_2) \cdot m, \quad (4.37)$$

$$b_1 \geq (12,5 + 0,09 \cdot 34) \cdot 4 = 55,44 \text{ мм.}$$

Оскільки кінцевою обробкою черв`яка буде шліфування, то величина b_1 повинна бути збільшена при $m < 10$ мм на 25 мм [37, ст.57].

Приймаємо $b_1 = 80$ мм.

Визначимо основні геометричні параметри черв`ячного колеса.

Ділильний діаметр черв`ячного колеса:

$$d_2 = z_2 \cdot m = 34 \cdot 4 = 136 \text{ мм.} \quad (4.38)$$

Діаметр вершин зубів черв`ячного колеса (при коефіцієнті висоти головки, рівним одиниці):

$$d_{a2} = d_2 + 2m = 136 + 2 \cdot 4 = 144 \text{ мм.} \quad (4.39)$$

Діаметр впадин зубів черв`ячного колеса (при радіальному зазорі $0,2m$):

$$d_{f2} = d_2 - 2,4m = 136 - 2,4 \cdot 4 = 126,4 \text{ мм.} \quad (4.40)$$

Найбільший діаметр черв`ячного колеса:

$$d_{aM2} \leq d_{a2} + \frac{6m}{z_1+2} = 144 + \frac{6 \cdot 4}{4+2} = 148 \text{ мм.} \quad (4.41)$$

Ширина вінця черв'ячного колеса:

$$b_2 \leq 0,67d_{a1} = 0,67 \cdot 48 = 32,16 \text{ мм.} \quad (4.42)$$

Приймаємо $b_2 = 35$ мм.

Умовний кут обхвату 2δ черв'яка вінцем колеса:

$$\sin \delta = \frac{b_2}{d_{a1} - 0,5m} = \frac{35}{48 - 0,5 \cdot 4} = 0,761$$

$$\delta = \arcsin 0,745 = 49^\circ 55'$$

$$2\delta = 99^\circ 10'$$

5. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

З використанням програми «Справочник конструктора 4», яка випущена компанією «Аскон» проведемо автоматизований розрахунок на міцність циліндричної черв'ячної передачі. В якості вихідних даних для розрахунку (рис. 5.1) візьмемо дані з пункту 4.5.5.


Исходные данные	
 Расчёт на прочность цилиндрической червячной передачи	
Вращающий момент на колесе, Н*м	$T_2 =$ <input type="text" value="225"/>
Частота вращения червяка, об/мин	$n_1 =$ <input type="text" value="172"/>
Число модулей в диаметре делительного цилиндра червяка	$q =$ <input type="text" value="10"/>
Модуль, мм	$m =$ <input type="text" value="4"/>
Коэффициент высоты головки витка	$h_{a1}^* =$ <input type="text" value="1"/>
Число заходов червяка	$z_1 =$ <input type="text" value="2"/>
Число зубьев колеса	$z_2 =$ <input type="text" value="34"/>
Коэффициент y	$y =$ <input type="text" value="0,141"/>
Коэффициент трения	$f =$ <input type="text" value="0,12"/>
Допускаемое напряжение изгиба, МПа	$\sigma_{FP} =$ <input type="text" value="70"/>
Допускаемое контактное напряжение, МПа	$\sigma_{HP} =$ <input type="text" value="50"/>
Делительный угол подъёма	$\gamma =$ <input type="text" value="3"/> ° <input type="text" value="0"/> ' <input type="text" value="0"/> ''

Рисунок 5.1 - Вихідні дані для розрахунку на міцність

Спочатку після введення початкових даних здійснюється розрахунок черв'ячної циліндричної передачі на міцність (рис. 5.2).

Після цього, використовуючи програму «Справочник конструктора 4» проведемо формування вихідних даних для автоматизованого розрахунку сил в зачепленні та визначимо ККД черв'ячної передачі. На рис. 5.3 та 5.4 приведені скріншоти вікон при виконанні цих проектних процедур.

Расчёт на прочность цилиндрической червячной передачи	
Угол трения	$\rho = 6^\circ 50' 34''$
Условный угол обхвата	$2\delta_2 = 103^\circ 0' 0''$
Скорость скольжения на делительном цилиндре червяка, м/с	$v_{ск} = 0,36073$
Напряжение изгиба, МПа	$\sigma_F = 0,24207$
Контактное напряжение, МПа	$\sigma_H = 0,34426$
Условие прочности на изгиб	Выполнено
Условие контактной прочности	Выполнено

Рисунок 5.2 - Результаты розрахунку передачі на міцність

Исходные данные		
Силы в зацеплении и КПД червячных передач		
	Червяк	Колесо
Число витков / зубьев	$z_1 = 2$	$z_2 = 33$
Используемый ряд	1-ый	
Модуль, мм	$m = 4,0$	
Используемый ряд	1-ый	
Коэффициент диаметра червяка	$q = 10,0$	
Ведущее звено	Червяк	
Вращающий момент, Н*м	$T_1 = 13,2$	$T_2 = 217,8$
Вид передачи	Передача с архимедовым червяком	
Угол профиля червяка	$\alpha = 20^\circ 0' 0''$	
Делительный угол подъема	$\gamma = 11^\circ 0' 0''$	
Частота вращения червяка, об/мин	$n = 172$	
Кинематическая вязкость масла при рабочей температуре, сСт	$\nu = 270$	
Частота вращения червяка, об/мин	$n = 172$	
Кинематическая вязкость масла при рабочей температуре, сСт	$\nu = 270$	
Длина рабочей части червяка / Ширина обода червячного колеса, мм	$b_1 = 80$	$b_2 = 35$
Передаваемая мощность, кВт	$N = 4$	
Диапазон значений коэффициента трения	$f_{min, max} = 0,065 \quad 0,075$	
Коэффициент трения	$f = 0,065$	
Коэффициент, учитывающий потери в подшипниках	$\eta_n = 1$	
Режим погружения передачи в масляную ванну	Без погружения	

Рисунок 5.3 - Вихідні для розрахунку сили в зачепленні та ККД черв'ячної передачі

Результаты расчета		
Силы в зацеплении и КПД червячных передач		
	Червяк	Колесо
Передаточное отношение	$u =$	16,5
Скорость скольжения на делительном цилиндре червяка, м/с	$v_{ск} =$	0,36698
Угол трения	$\rho' =$	3° 43' 8"
Коэффициент, учитывающий потери в зацеплении	$\eta' =$	0,73993
Коэффициент, учитывающий потери на размещение и разбрызгивание смазочного масла	$\eta_p =$	1
КПД передачи	$\eta =$	0,73993
Нормальный угол профиля впадины червяка	$\alpha_{nS} =$	20° 0' 0"
Окружная сила, Н	$P_1 =$	866,90816
	$P_2 =$	2512,37685
Осевая сила, Н	$P_{a1} =$	2512,37685
	$P_{a2} =$	866,90816
Радиальная сила, Н	$P_{r1} =$	926,13181
	$P_{r2} =$	926,13181
Полная сила в зацеплении, Н	$P_{зац} =$	2814,47816

Рисунок 5.4 - Результаты автоматизованого розрахунку сили в зачепленні та ККД черв'ячної передачі

6. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

6.1. Дослідження кінематики процесу відрізання деталей фрезоточінням

6.1.1. Визначення траєкторії відносного руху ріжучої кромки фрези

Операція відрізання деталей від заготовок з прутків та труб є досить поширеною для верстатів токарної групи. На них може здійснюватися відрізання деталей фрезами. Найбільш перспективним є використання фрез на токарних автоматах. При обробці деталей на токарних автоматах слід враховувати лімітуючий вплив відрізної операції (постійна для всіх технологічних переходів частота обертання шпинделя). При цьому неможливо без втрати продуктивності обробки забезпечити відрізання з домінуючими особливостями фрезерування, коли кутова швидкість деталі є більшою від кутової швидкості фрези, тобто їх співвідношення $u = \omega_{\partial} / \omega_{\phi} \geq 1$ - відрізання здійснюється в режимі фрезоточіння [41].

При такому процесі важливо знати координати різальної кромки інструменту. Тому розглянемо відносний рух ріжучої кромки зуба фрези при попутному різанні відносно нерухомої деталі (рис. 6.1)

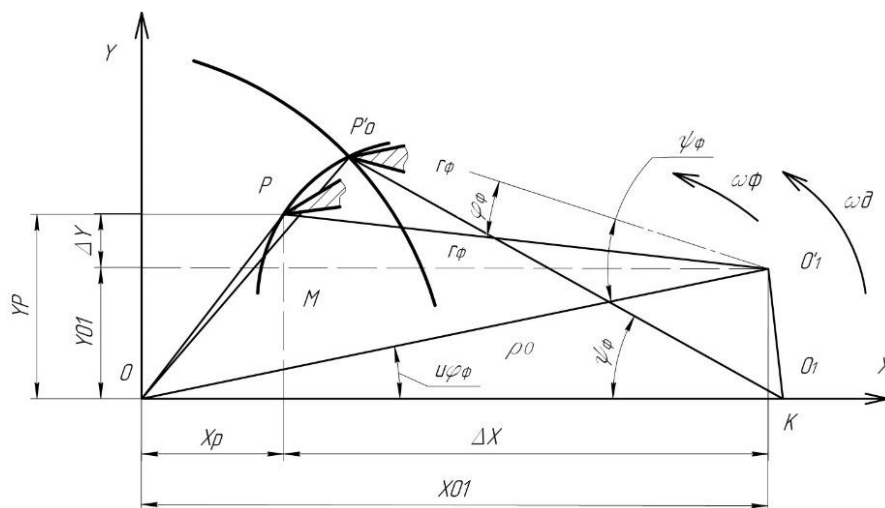


Рисунок 6.1 - Розрахункова схема при відрізанні попутним фрезоточінням

Нехай в момент контакту зуба фрези з оброблюваною поверхнею положення ріжучої кромки визначає точка P_0 (рис. 6.1), при цьому центр фрези O_1 знаходиться на осі X. Тоді початок координат буде співпадати з центром відносного обертання

фрези навколо деталі. При цьому положення точки P_0 відносно центру фрези O_1 визначається кутом контакту фрези з деталлю ψ_ϕ , а відносно центру деталі кутом контакту деталі з фрезою ψ_∂ .

Їх можна визначити за допомогою аналітичних виразів.

$$\psi_\partial = \arccos\left(\mp \frac{\rho_0^2 + r_{t_1}^2 - r_\phi^2}{2 \cdot \rho_0 \cdot r_\phi}\right) \quad (6.1)$$

$$\psi_\phi = \arccos \frac{\rho_0^2 - r_{t_1}^2 + r_\phi^2}{2 \cdot \rho_0 \cdot r_\phi} \quad (6.2)$$

де $\rho_0 = r_\phi \mp r_t = r_\phi \mp r_d \mp \frac{S \cdot p}{2 \cdot \pi} \cdot \alpha$ – міжосьова відстань між інструментом та деталлю; r_ϕ – радіус інструмента (фрези), $r_{t_1} = r_t + \frac{V_s}{n_d} \cdot \left(1 - \frac{\psi_\partial}{2 \cdot \pi}\right)$.

Координати положення зуба фрези, що визначаються точкою P , після обертання фрези на кут φ_ϕ від моменту врізання, буде визначатися як

$$X_P = X_{O_1} + \Delta X; \quad Y_P = Y_{O_1} + \Delta Y, \quad (6.3)$$

де X_{O_1} та Y_{O_1} – координати центру фрези, які визначаємо із трикутника OO_1K :

$$X_{O_1} = \rho \cdot \cos \varphi_\partial; \quad Y_{O_1} = \rho \cdot \sin \varphi_\partial; \quad (6.4)$$

де φ_∂ – кут повороту деталі або фрези, який відповідає φ_ϕ .

При постійних значеннях кутових швидкостей деталі $\omega_\partial = \text{const}$ та фрези $\omega_\phi = \text{const}$ ми отримаємо рівність $\varphi_0 = \varphi_\phi \cdot (\omega_\partial / \omega_\phi) = u \cdot \varphi_\phi$, де $u = \omega_\partial / \omega_\phi$.

Величини ΔX та ΔY визначаємо як проекції відрізка PO'_1 на координатні осі X та Y :

$$\Delta X = r_\phi \cdot \cos \angle PO'_1M \quad (6.5)$$

$$\Delta Y = r_\phi \cdot \sin \angle PO'_1M$$

де, як бачимо, з рис. 6.1. $\angle PO'_1M = \varphi_\phi - \varphi_\phi \cdot (1 + u)$.

Відповідно до цього, отримаємо:

$$\Delta X = r_\phi \cdot \cos[\psi_\phi - \varphi_\phi(1 + u)]; \quad (6.6)$$

$$\Delta Y = r_\phi \cdot \sin[\psi_\phi - \varphi_\phi(1 + u)].$$

Провівши певні підстановки отримуємо рівняння траєкторії руху ріжучої кромки зуба фрези при попутному різанні:

$$\begin{aligned} X_p &= \rho \cdot \cos(u \cdot \varphi_\phi) - r_\phi \cdot \cos[\psi_\phi - \varphi_\phi(1 + u)] \\ Y_p &= \rho \cdot \sin(u \cdot \varphi_\phi) + r_\phi \cdot \sin[\psi_\phi - \varphi_\phi(1 + u)]. \end{aligned} \quad (6.7)$$

Для зустрічного різання (рис. 6.2) траєкторія відносного руху ріжучої кромки зуба фрези буде мати вигляд:

$$\begin{aligned} X_p &= \rho \cdot \cos(u \cdot \varphi_\phi) - r_\phi \cdot \cos[\varphi_\phi(1 - u)]; \\ Y_p &= \rho \cdot \sin(u \cdot \varphi_\phi) + r_\phi \cdot \sin[\varphi_\phi(1 - u)]. \end{aligned} \quad (6.8)$$

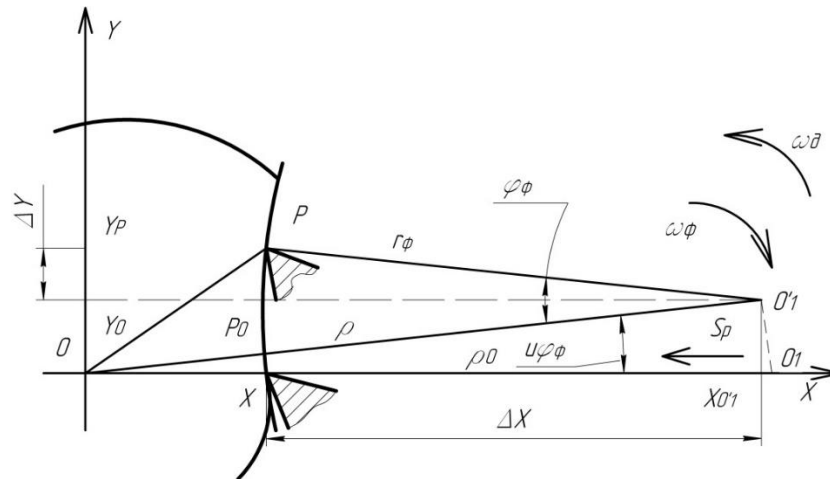


Рисунок 6.2 - Розрахункова схема для визначення рівняння траєкторії руху ріжучої кромки зуба фрези при відрізанні зустрічним фрезоточінням

6.1.2. Визначення довжини шляху різання

Величина довжини шляху різання ріжучим зубом може використовуватися в якості вихідної інформації при визначенні зносу фрез. Для зустрічного різання довжина шляху різання може бути знайдена на підставі виразу:

$$L = \sqrt{K_1} \varphi_1 \pm \left(\frac{K_2}{2\sqrt{K_1}} \right) \cdot \sin \varphi_1 \quad (6.9)$$

де $K_1 = r_\phi^2 \cdot (1 \mp u)^2 + \rho_0^2 u^2$; $K_2 = 2 \cdot \rho_0 \cdot r_\phi \cdot u(1 \mp u)$.

Довжина шляху різання ріжучим зубом фрези при відрізанні деталей, що обертаються, при попутному чи зустрічному різанні, з врахуванням виразу (6.9) може бути визначена як:

$$L = \psi_\phi [\rho^2 \cdot u^2 + r_\phi^2 (1 \pm u)^2]^{1/2} \mp \frac{\rho u (1 + u) \cdot r_\phi}{[\rho^2 \cdot u^2 + r_\phi^2 (1 \pm u)^2]^{1/2}} \sin \psi_\phi \quad (6.10)$$

де верхні значення знаків відповідають попутньому різанню, а нижні – зустрічному.

Необхідно відмітити, що при відрізання в міру наближення фрези до центру деталі довжина шляху різання зменшується, а в центрі деталі дорівнює нулю. Зі збільшенням u довжина шляху різання зростає. Однак із збільшенням u довжина перебігу поза зоною різання зростає, що сприяє охолодженню фрези.

За один оберт деталі кожний зуб буде брати участь в різанні $1/u$ раз, а всього за час відрізання $r_d/(S_p \cdot u)$ раз. Якщо допустити, що в процесі відрізання зуб кожний раз у тілі деталі проходить шлях $L_{сер} = L/2$ то сумарний шлях різання кожним зубом за час відрізання можна визначити як

$$L_{\Sigma} = r_d \cdot L / 2 \cdot s_p u \quad (6.11)$$

При $u = 0,1$ сумарний шлях різання $L_{\Sigma} = 1570$ мм, а при значенні $u = 5,0$ - $L_{\Sigma} = 160,4$ мм, що майже в 10 разів менше. Тому можна вважати, що стійкість фрези при відрізання фрезоточінням (при $u \geq 1,0$) вище, ніж при відрізання з домінуванням властивостей процесу фрезерування.

6.2. Визначення товщини зрізаного шару при попутному фрезоточінні

В залежності від напрямків лінійних швидкостей деталі V_d та фрези V_f можливі дві схеми відрізання з попутною подачею. Розглянемо їх більш детально. Так для першої схеми (рис. 6.3) задається співвідношення $U = (V_d/V_f) > 1$.

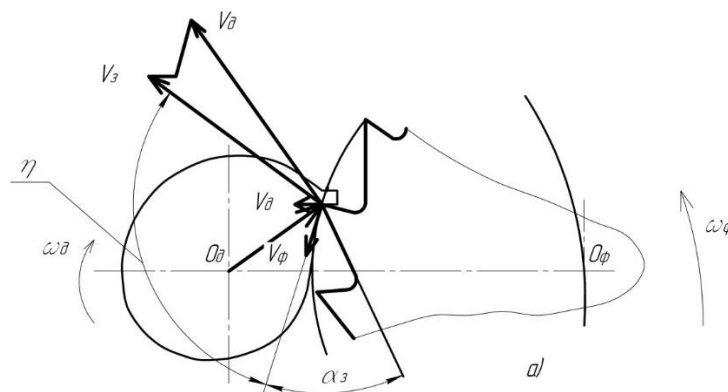


Рисунок 6.3 – Схема відрізання з попутною подачею при $(V_d/V_f) > 1$

При відрізання з попутною подачею при відповідних швидкостях деталі V_d , фрези V_f та швидкості подачі V_s можливе «затирання» по задній поверхні зуба, умовою якого $\epsilon - \eta = \alpha_z$.

Враховуючи те, що у реально існуючих фрез $\alpha_3 < \pi/2$, то для дотримання умови не затирання зміна кінематичного головного заднього кута має бути $\eta = \pi/2$ і, як наслідок, $V_s \sin \psi_\phi - V_\partial \cos(\psi_\partial + \psi_\phi) + V_\phi > 0$.

Звідси випливає нерівність:

$$[(V_s/V_\phi) \cdot \sin \psi_\phi + 1] / \cos(\psi_\partial + \psi_\phi) > U \quad (6.12)$$

Як правило, при відрізання з попутною подачею швидкість фрези значно більша швидкості подачі $V_\phi \gg V_s$, а кути $\psi_\phi = 1^\circ \div 10^\circ$ та $\psi_\partial = 5^\circ \div 15^\circ$, а це означає, що ліву частину виразу (6.12) можна прирівняти до одиниці і тому для $\eta = \pi/2$ необхідно, щоб $U < 1$.

Таким чином, відрізання деталей за схемою з $U > 1$, що зображена на рис. 6.3 є практично неможливе без затирання по задній поверхні зуба фрези.

Тому будемо розглядати іншу схему (рис. 6.4), для якої $U < 1$.

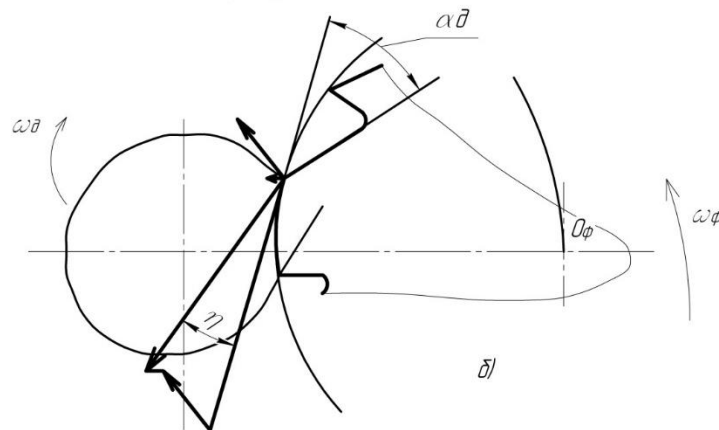


Рисунок 6.4 - Схема відрізання з попутною подачею при $(V_\partial/V_\phi) < 1$

Але слід мати на увазі, що і при цій схемі також можливе затирання по задній поверхні і, тому режими різання при відрізання з попутним фрезоточінням необхідно перевіряти на дотримання умови $\eta < \alpha_3$.

6.3. Визначення поточного значення товщини шару, що зрізується

В роботі [40] було запропоновано методику визначення величини максимальної товщини зрізуваного шару h_{max} , яка визначає навантаження і деформації в системі верстат-деталь-інструмент. Максимальну товщину

зрізуваного шару h_{max} прийнято визначати як довжину перпендикуляру, який опущений з точки виходу попереднього зуба C_k на траєкторію ріжучого зуба (точку F_k), тобто $h_{max} = C_k \cdot F_k$, де $k = 1, 2, 3, 4, 5$.

При проведенні динамічних розрахунків процесу відрізання фрезоточінням врахування тільки h_{max} є недостатнім, оскільки є необхідність у визначенні товщини зрізуваного шару в будь-який момент часу.

На рис. 6.5 приведено розрахункові схеми для визначення товщини зрізуваного шару h_{max} при зустрічному та попутному фрезоточінні.

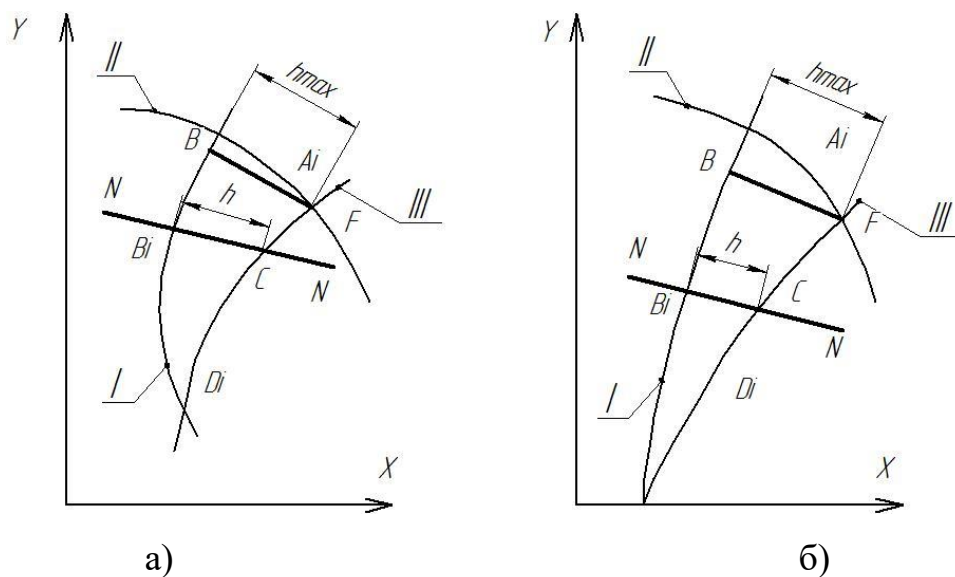


Рисунок 6.5 - Розрахункові схеми для визначення товщини зрізуваного шару h для зустрічного (а)) та попутного (б)) фрезоточіння

З цією метою розглянемо методику визначення поточного значення товщини зрізуваного шару h_{max} для зустрічного і попутного фрезоточіння. Суть методики полягає в наступному: в заданий момент часу τ (або для заданого кута повороту фрези $\varphi_\phi = \omega_\phi \tau$) визначається відстанню від точки B_i (рис. 6.5), яка співпадає з ріжучою кромкою зуба фрези в момент часу τ , до точки C перетину нормалі $N-N$ до траєкторії руху ріжучої кромки зуба в точці B_i з кривою, що являє собою контур поверхні, що оброблена, (криві II та III на рис. 6.5). Тоді, поточне значення товщини зрізуваного шару буде знаходитись з виразу:

$$h = \sqrt{(X_{B_i} - X_C)^2 + (Y_{B_i} - Y_C)^2}. \quad (6.13)$$

Рівняння траєкторій руху ріжучої кромки зуба фрези для попутного та зустрічного фрезоточіння визначені залежностями (6.7 та 6.8). Аналогічно розмірковуючи для зуба, який передує ріжучому, та маючи на увазі, що він зміщений відносно ріжучого зуба на кут $\varphi_z = 2 \cdot \pi/z$, отримуємо рівняння кривих III, які будуть мати вигляд:

для зустрічного різання:

$$\begin{aligned} X_{III} &= \rho \cdot \cos(u \cdot \varphi_\phi) - r_\phi \cos[\varphi_\phi(1 - u) + \varphi_z]; \\ Y_{III} &= \rho \cdot \sin(u \cdot \varphi_\phi) + r_\phi \sin[\varphi_\phi(1 - u) + \varphi_z]; \end{aligned} \quad (6.14)$$

для попутного різання:

$$\begin{aligned} X_{III} &= \rho \cdot \cos(u \cdot \varphi_\phi) - r_\phi \cos[\psi_\phi - \varphi_\phi(1 + u) - \varphi_z]; \\ Y_{III} &= \rho \cdot \sin(u \cdot \varphi_\phi) + r_\phi \sin[\psi_\phi - \varphi_\phi(1 + u) - \varphi_z]. \end{aligned} \quad (6.15)$$

Рівняння кривих II можна записати як:

для зустрічного різання:

$$\begin{aligned} X_{II} &= (r_1 + s_p - a \cdot u \cdot \varphi_\phi) \cdot \cos u \varphi_\phi; \\ Y_{II} &= (r_1 + s_p - a \cdot u \cdot \varphi_\phi) \cdot \sin u \varphi_\phi; \end{aligned} \quad (6.16)$$

для попутного різання:

$$\begin{aligned} X_{II} &= [r_1 + s_p - a \cdot (\psi_\partial - u \cdot \varphi_\phi)] \cdot \cos(\psi_\partial - u \varphi_\phi); \\ Y_{II} &= [r_1 + s_p - a \cdot (\psi_\partial - u \cdot \varphi_\phi)] \cdot \sin(\psi_\partial - u \varphi_\phi). \end{aligned} \quad (6.17)$$

Рівняння нормалі N-N до кривої III в точці B_i може бути записане як:

$$\dot{X}_1 \cdot (X - X_{Bi}) + \dot{Y}_1 \cdot (Y - Y_{Bi}) = 0 \quad (6.18)$$

де \dot{X}_1 та \dot{Y}_1 – перші похідні по φ_ϕ відповідно від координат X та Y кривої I, які будуть мати вигляд:

для зустрічного різання:

$$\begin{aligned} X_1 &= -au \cdot \cos u \varphi_\phi - \rho u \sin u \varphi_\phi - r_\phi \cdot (1 + u) \cdot \sin[\psi_\phi - \varphi_\phi(1 + u)]; \\ Y_1 &= -au \cdot \sin u \varphi_\phi - \rho u \cdot \cos u \varphi_\phi - r_\phi \cdot (1 + u) \cdot \cos[\psi_\phi - \varphi_\phi(1 + u)]; \end{aligned} \quad (6.19)$$

для попутного різання:

$$\begin{aligned} X_1 &= -au \cdot \cos u \varphi_\phi - \rho u \sin u \varphi_\phi + r_\phi \cdot (1 - u) \cdot \sin(1 - u) \varphi_\phi; \\ Y_1 &= -au \cdot \sin u \varphi_\phi + \rho u \cdot \cos u \varphi_\phi + r_\phi \cdot (1 + u) \cdot \cos(1 - u) \varphi_\phi. \end{aligned} \quad (6.20)$$

Слід врахувати, що при $\varphi_\phi < \varphi_{\phi G}$, де $\varphi_{\phi G}$ – кут повороту фрези, який відповідає точці B (рис. 6.5), тобто положення ріжучої кромки при якому $h = h_{max}$, необхідно визначити точку C перетину нормалі $N-N$ з кривою Π для попутного різання ($C \equiv A_i$ на рис. 6.5. а)) та з кривою III – для зустрічного точіння ($C \equiv D_i$ на рис. 6.5. б)).

Якщо при $\varphi_\phi > \varphi_{\phi G}$, то для попутного різання визначається точка перетину нормалі $N-N$ з кривою III ($C \equiv D_i$ на рис. 6.5. а)), а для зустрічного - з кривою Π ($C \equiv A_i$ на рис. 6.5. б)).

Зміну поточної товщини зрізуємого шару h в процесі різання одним зубом можна представити у вигляді залежності:

$$h = h_{max} \cdot \frac{\varphi_\phi}{\varphi_{\phi G}}, \text{ при } \varphi_\phi < \varphi_{\phi G} \quad (6.21)$$

$$h = -\frac{h_{max}}{\psi_\phi - \varphi_{\phi G}} \cdot \varphi_\phi + \frac{\psi_\phi \cdot h_{max}}{\psi_\phi - \varphi_{\phi G}}, \text{ при } \varphi_{\phi G} < \varphi_\phi \leq \psi_\phi$$

Форма «випрямленого» зрізуваного шару є трикутником (рис. 6.6), тому його об'єм, визначається як:

$$Q = \frac{b \cdot h_{max} \cdot L}{2} \quad (6.22)$$

де b – товщина фрези, L – довжина шляху різання, величина якої знаходиться за виразом 6.10.

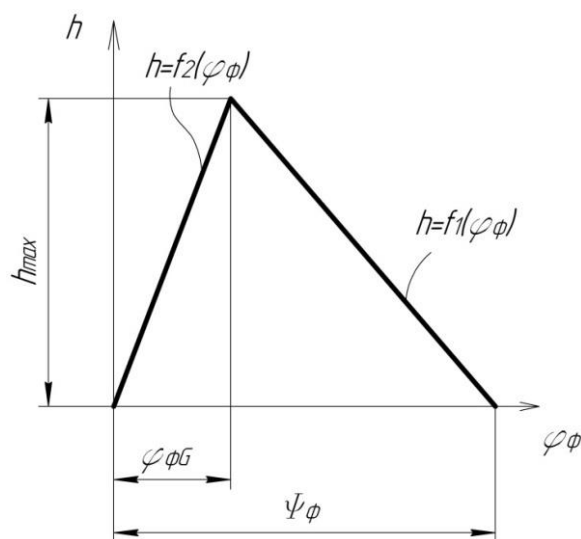


Рисунок 6.6 - Розрахункова схема для визначення закону зміни товщини зрізуваного шару h при відрізанні фрезоточінням

6.4. Сумарна товщина шару, що зрізається при одночасному різанні декількома зубцями

При певних кінематичних параметрах обробки (S_p) та геометричних параметрах інструмента (r_ϕ , φ_z) можливе одночасне тимчасове різання одним, двома або декількома зуб'ями, що буде залежати від співвідношення ψ_ϕ/φ_z . В цих випадках товщини зрізуемого шару, і, як наслідок, навантаження, будуть відрізнятись від тих значень $h(\tau)$, які визначені нами для випадків різання одним зубом.

Тому виникає необхідність в розробці методики визначення сумарної товщини зрізуваного шару $h_\Sigma(\tau)$ при одночасному різанні k_z - зуб'ями фрези.

Кількість зубів фрези, які одночасно приймають участь в різанні, може бути означена як $k_z = \text{int}(\psi_\phi/\varphi_z) + 1$, де оператор "int" виділяє цілу частину дробу, а кути ψ_ϕ - кут контакту фрези з деталлю, φ_z - кутовий крок зубів фрези.

Для початку повернемося до розгляду процесу відрізання при $k_z=1$ з тим, щоб записати залежність, яка виражена зміною товщини зрізуваного шару h , як функцію від часу τ та визначення передумов для подальших розглядів.

Розглянемо як відбувається зміна товщини зрізуваного шару h в процесі відрізання (рис. 6.7).

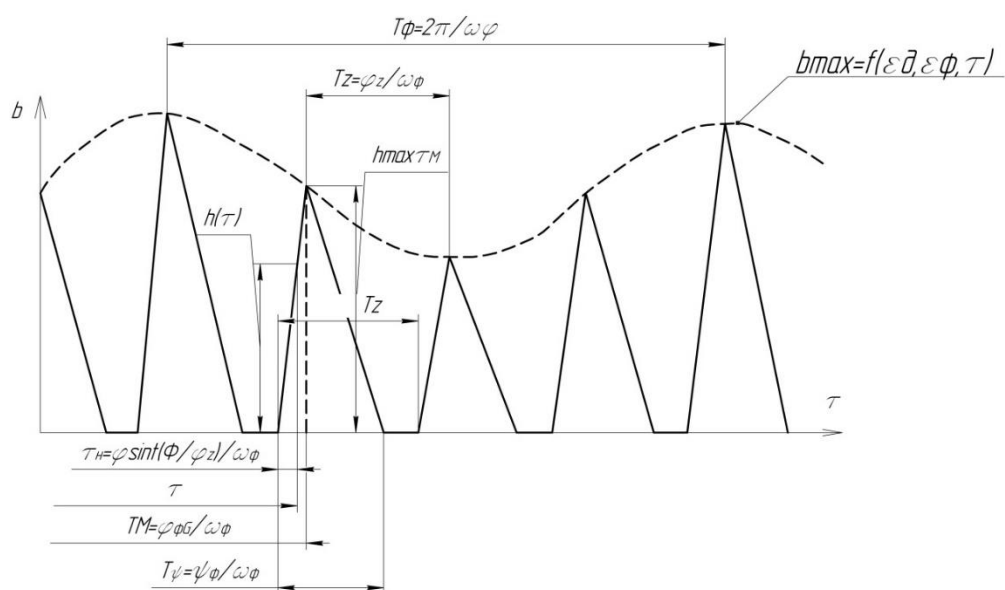


Рисунок 6.7 - Схема зміни товщини зрізуваного шару h при відрізання з $k_z=1$

Після врізання зуба в деталь товщина зрізуваного шару зростає та через час $T_M = \varphi_{\phi G} / \omega_\phi$ досягає максимуму h_{max} . Потім величина h зменшується і через час $T_\psi = \psi_\phi / \omega_\phi$ з моменту врізання зуба в деталь досягає нуля і далі до врізання наступного зуба, тобто до часу $T_Z = \varphi_z / \omega_\phi$ зрізання металу не відбувається.

Очевидно, що за час τ від початку відрізання фреза повернеться на кут $\Phi = \varphi_\phi \cdot \tau$, при цьому відбудеться врізання $S_z = \text{int}(\Phi / \varphi_z)$ зубів фрези в деталь. Час, який пройде від початку відрізання до врізання зуба, який розглядається, в деталь, можна визначити як $\tau_n = [\varphi_z \text{int}(\Phi / \varphi_z)] / \omega_\phi$, а час, який витрачається на процес різання цим зубом, як $T_T = \tau - \tau_n$.

Таким чином, замість функції $h(\tau)$ на всьому інтервалі часу відрізання достатньо описати її на періоді T_Z , представляючи у вигляді кусочно-неперервної функції. Для цього необхідно визначити її характерні точки.

В момент врізання зуба в деталь, що є початком розглядуваного періоду, $T_T = 0$ та $h = 0$. Через час $T_T = T_\psi$ та далі до $T_T = T_Z$ також $h = 0$. Залишається визначити значення h_{max} , яке досягається в момент часу $T_T = T_M$. Для цього визначимо кут $\varphi_{\phi G}$ для часу τ і, враховуючи, що величина $\varphi_{\phi G}$ за час різання T_ψ змінюється несуттєво (похибка, як правило, буде становити не більш, ніж 0,1%) визначимо значення $h_{max\tau_M}$ для часу $\tau_m = \tau_n + \varphi_{\phi G} / \omega_\phi$.

Звідси залежність зміни товщини зрізуваного шару можна записати як:

$$\begin{aligned} h_{(\text{при } 0 \leq T_T \leq T_M)} &= h_{max\tau_M} \cdot T_T / T_M \\ h_{(\text{при } T_M \leq T_T \leq T_\psi)} &= -\frac{h_{max\tau_M}}{T_\psi - T_M} \cdot T_T + \frac{T_\psi \cdot h_{max\tau_M}}{T_\psi - T_M} \\ h_{(\text{при } T_\psi \leq T_T \leq T_Z)} &= 0 \end{aligned} \quad (6.23)$$

де $T_T = \tau - [\varphi_z \text{int}(\Phi / \varphi_z)] / \omega_\phi$

Тепер розглянемо процеси відрізання при $k_z > 1$. Як і в попередньому випадку, залежність сумарної товщини зрізуємого шару h_Σ представимо у вигляді кусочно-безперервної функції, яка задана в інтервалі часу $\tau_n \leq \tau \leq \tau_n + T_Z$.

Аналіз зміни сумарної товщини зрізуємого шару h_Σ для $k_z > 1$ (рис 6.8) дозволяє судити про те, що з похибкою не більш ніж 5% h_Σ можна представити на

інтервалі $\tau_H \leq \tau \leq \tau_H + T_Z$ або, що теж саме, на інтервалі $0 \leq \tau \leq T_Z$ кусочно-безпервною функцією, геометрична інтерпретація якої являє собою дві прямі, одна з яких проходить через точки з координатами $(\tau_H, \bar{h}_{\Sigma M1} - \Delta h_1)$ та $(\tau_H + T_{M1}, \bar{h}_{\Sigma M1} + \Delta h_1)$ для часу τ і $(0, \bar{h}_{\Sigma M1} - \Delta h_1)$ та $(T_{M1}, \bar{h}_{\Sigma M1} + \Delta h_1)$ для часу T_T , а інша – через точки $(\tau_H + T_{M1}, \bar{h}_{\Sigma M1} + \Delta h_1)$ та $(\tau_H + T_Z, \bar{h}_{\Sigma M2} - \Delta h_2)$ або $(T_{M1}, \bar{h}_{\Sigma M1} + \Delta h_1)$ та $(T_Z, \bar{h}_{\Sigma M2} - \Delta h_2)$ відповідно.

Значення величини, які входять в координати точок, визначаються наступним чином.

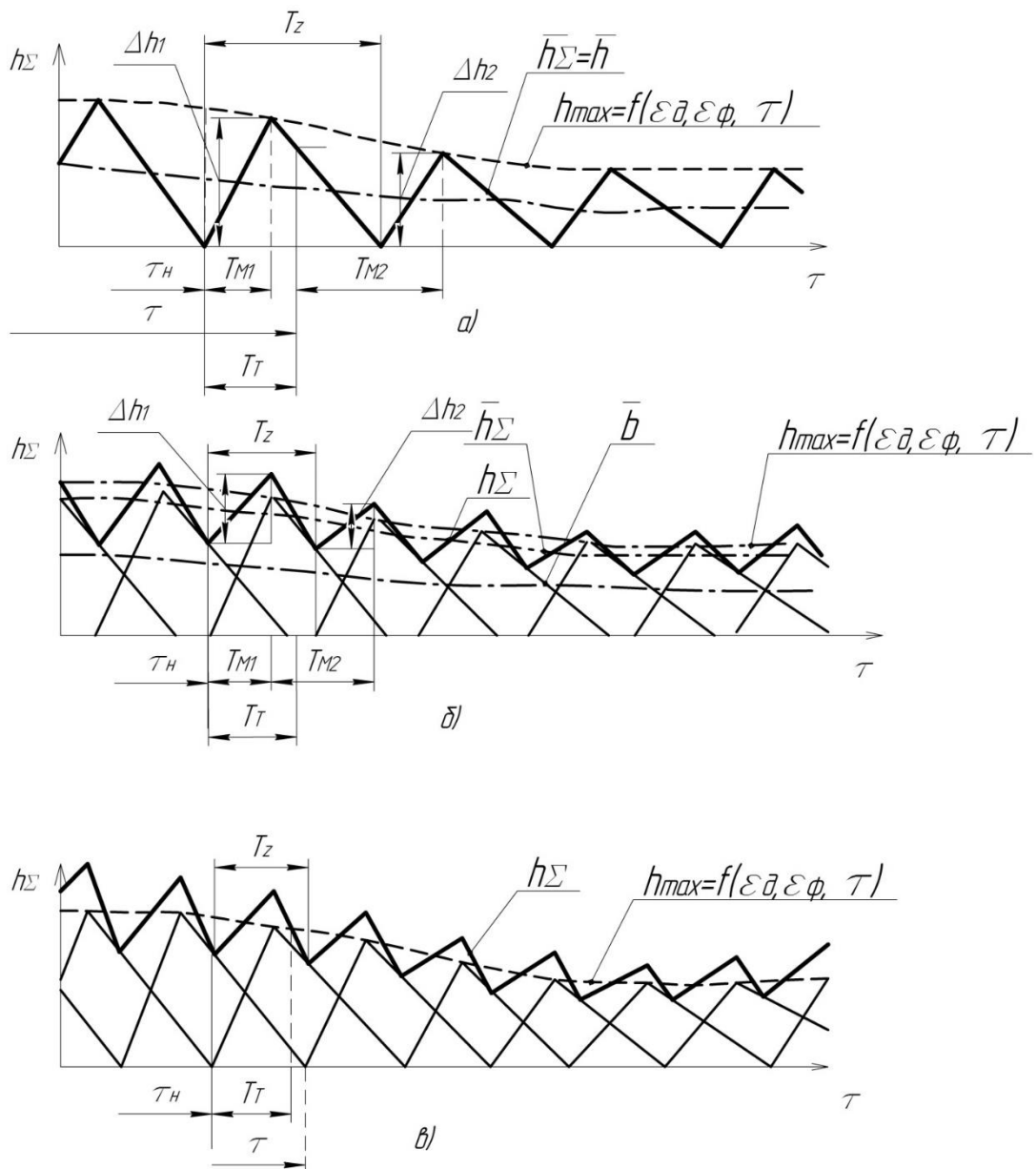


Рисунок 6.8 - Схема зміни сумарної товщини зрізаного шару h_Σ при відрізання з $k_z = 2$ а) та б) та $k_z = 3$ – в)

Як і в попередньому випадку $T_T = \tau - \frac{[\varphi_z \text{int}(\frac{\Phi}{\varphi_z})]}{\omega_\Phi}$. Аналогічно визначається і кут $\varphi_{\Phi G}$ для часу τ . Потім для часу $\tau_{M1} = \frac{[\varphi_z \text{int}(\frac{\Phi}{\varphi_z}) + \varphi_{\Phi z}]}{\omega_\Phi}$ та $\tau_{M2} = \tau_{M1} + T_Z$ обчислюється $h_{\max M_1}$, $h_{\max M_2}$, $\psi_{\Phi M_1}$, $\psi_{\Phi M_2}$. Після цього, застосовуючи залежності $\bar{h}_{\Sigma M i} = \frac{h_{\max M i} \cdot \psi_{\Phi M i}}{2\varphi_z}$ та $\Delta h_i = \frac{\bar{h}_{\Sigma M i} \cdot \psi_{\Phi M i}}{4\varphi_z}$, визначаються відповідні значення $\bar{h}_{\Sigma M 1}$, $\bar{h}_{\Sigma M 2}$, Δh_1 , Δh_2 . При цьому величини $\bar{h}_{\Sigma M 1}$ не є середнім значенням h_Σ , а відображають деяку постійну складову, відносно якої за проміжок часу $\varphi_{\Phi G}/\omega_\Phi$ сумарна товщина зрізує мого шару змінює своє значення на величину $2 \cdot \Delta h_1$.

Таким чином, залежність зміни сумарної товщини зрізує мого шару на інтервалі часу $[0, T_Z]$ можна записати як:

$$\begin{aligned}
 h_{\Sigma(\text{при } 0 \leq T_T \leq T_{M1})} &= \bar{h}_{\Sigma M 1} - \Delta h_1 + \frac{2 \cdot \Delta h_1 \cdot T_T}{T_{M1}} \\
 h_{\Sigma(\text{при } T_{M1} \leq T_T \leq T_Z)} &= \bar{h}_{\Sigma M 1} + \Delta h_1 + \frac{(\bar{h}_{\Sigma M 2} - \Delta h_2 - \bar{h}_{\Sigma M 1} - \Delta h_1) \cdot T_T}{T_Z}
 \end{aligned} \tag{6.24}$$

де $T_{M1} = \varphi_{\Phi G}/\omega_\Phi$.

7. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

7.1. Характеристика технічного рівня проектованого верстата

Токарно-револьверний верстат використовується для обробки деталі «Втулка різева», яка входить у склад клинового свердлильного патрону КСП.

При проектуванні верстата за основу взяті вітчизняні та зарубіжні аналоги. Запозичені складові частини (складальні одиниці), основні покупні і комплектуючі вироби та матеріали, які забезпечують працездатність верстата відповідають розробленому верстату за технічними характеристиками, режимами роботи, гарантійними термінами і умовами експлуатації. Річна програма випуску деталі 20000 шт.

7.2. Обґрунтування економічної ефективності розробленої конструкції

7.2.1. Загальні положення

За існуючим технологічним процесом обробка деталі виконується на універсальному обладнанні. Цей процес має велику трудомісткість.

Обробка проводиться на токарно-револьверному автоматі з використанням фрезерного відрізного пристрою. Необхідно провести розрахунок економічної ефективності розробленого верстату. В розробленій конструкції застосовуються уніфіковані вузли, що випускаються вітчизняною промисловістю. Це зменшує вартість виготовлення верстата.

В базовому технологічному процесі для обробки деталі-представника використовується універсальне металорізальне обладнання послідовно за декілька установів. Процес обробки має високу трудомісткість. В запропонованому технологічному процесі використовується один токарно-револьверний верстат, який заміняє декілька універсальних верстатів.

7.2.2. Зміст та етапи конструкторської підготовки виробництва

Відповідно до вимог ГОСТ 2.103-68 встановлені такі етапи конструкторської підготовки: технічне завдання, технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект, розробка робочої документації:

При розробці конструкції верстата проходять всі згадані вище етапи конструкторської підготовки.

7.2.3. Зміст та етапи технологічної підготовки виробництва

Згідно з положеннями Єдиної системи технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ) ГОСТ 14002-73 встановлені такі етапи технологічної підготовки виробництва: технологічний контроль креслень, складання міжцехових технологічних маршрутів, розробка технологічних процесів проектування та виготовлення технологічного оснащення, наладка та впровадження технологічних процесів.

При впровадженні у виробництво та при виготовленні верстата будуть пройдені всі етапи технологічної підготовки виробництва.

Деталі верстата та складальні одиниці технологічні і відповідають вимогам ГОСТ 14202-73.

7.2.4. Визначення трудомісткості та об'єму робіт конструкторської підготовки виробництва

Величина трудових та фінансових витрат на підготовку виробництва нових взірців техніки залежить від ступеня їх новизни та складності. При виконанні дипломної роботи розрахунки трудомісткості конструкторської підготовки виробництва виконуються за укрупненими нормативами із врахуванням вищезазначених критеріїв.

Конструкторські роботи з проектованого верстата відносяться до групи новизни Б, група складності 2. Проектовані вузли та схеми відносяться до групи складності 2 [41]. Деталі відносяться до 1, 2, 3 груп складності [41].

Кількість умовних деталей визначається за формулою:

$$D_{\text{умов}} = \sum D \cdot k \quad (7.1)$$

де $D_{\text{умов}}$ – кількість умовних деталей; D - кількість деталей кожного роду;

Кількість деталей		Поправочний коефіцієнт		$D_{\text{умов}}$	
Оригінальні деталі	116		1,00		116,00
Деталі, які розроблені як уніфіковані для моделей даної групи обладнання					
	38		1,20		45,60
Уніфіковані деталі і деталі з інших машин, які застосовуються при проектуванні:					
	54		0,30		16,20
Уніфіковані вузли які використовуються при проектуванні обладнання:					
	21		0,10		2,10

Трудомісткість розробки технічного T_T та робочого проектів визначається за формулою [41]:

$$\left. \begin{aligned} T_T &= m_i \cdot kT_i \cdot k_c \cdot k_r \cdot \sum NT_i \\ T_P &= m_i \cdot kT_i \cdot k_c \cdot k_r \cdot \sum NP_i \end{aligned} \right\} \quad (7.2)$$

де NT_i та NP_i - норми робочого часу на розробку технічного і робочого проектів в розрахунку на одну умовну деталь для i -го вузла в залежності від ступеня складності і новизни вузла;

m_i - кількість умовних деталей, визначених із врахуванням коефіцієнтів, наведених в табл. 6 [41];

kT_i - коефіцієнт зміни норм часу при проектуванні верстатів різної складності, $kT_i = 1,1$; k_c - коефіцієнт серійності, $k_c = 1,0$; k_r - коефіцієнт габаритності, $k_r = 1,0$ (при масі верстата більшій за 1,58 т).

$$\begin{aligned} kT_i &= 1,10 \\ K_c &= 1,00 \\ K_r &= 1,00 \end{aligned}$$

Норми робочого часу на розробку технічного і робочого проектів (люд.год.)			
1-ї групи складності		2-ї групи складності	
3-ї групи складності			
Тех. Проект	1,40	2,00	3,00
Роб. Порект	2,20	2,60	3,50

Визначаємо трудомісткість розробки технічного проекту.

Технічне завдання :		4 форматів	A4
	норма	к-ть	Разом
група складності	1 20	2	40
	2 33,3	2	66,6
		Всього	106,6
Технічна пропозиція :		7 форматів	A4
	норма	к-ть	Разом
група складності	1 62	4	248
	2 106	3	318
		Всього	566
Ескізний порект		6 форматів	A1
	норма	к-ть	Разом
група складності	2 108	6	648
		Всього	648
Технічний проект :		30 форматів	A4
	норма	к-ть	Разом
група складності	1 1,54	16	24,64
	2 2,2	13	28,6
	3 3,3	1	3,3
		Всього	56,54
Робочий проект :		120 форматів	A4
	норма	к-ть	Разом
група складності	1 2,42	40	96,8
	2 2,86	45	128,7
	3 3,85	35	134,8
		Всього	360,3
Складання технічного паспорта на верстат		18 форматів	A4
	норма	к-ть	Разом
група складності	1 32	18	576
		Всього	576

Монтажні креслення			4 форматів	A1
	норма		к-ть	Разом
група складності	2	3	4	12
			Всього	12
Розробка електричної схеми верстата			3 форматів	A2
	норма		к-ть	Разом
група складності	2	53,7	3	161,1
			Всього	161,1
Розробка гідравлічної схеми верстата			2 форматів	A2
	норма		к-ть	Разом
група складності	2	48	2	96
			Всього	96
Складання технічних умов			6 форматів	A4
	норма		к-ть	Разом
група складності	1	65	6	390
			Всього	390

Участь у наладці верстата - 6 % від трудомісткості технічного і робочого проектів:

люд.год.	коєф.	Значення
416,79	0,06	25,01

Коректування технічної документації - до 14% від трудомісткості технічного і робочого проектів:

люд.год.	коєф.	Значення
416,79	0,12	50,01

Впровадження верстата у замовника - 6% від трудомісткості технічного і робочого проектів:

люд.год.	коєф.	Значення
416,79	0,06	25,01

Копіювально-множилні роботи складають 8-10% від трудомісткості конструкторських робіт:

люд.год.	коєф.	Значення
1499,35	0,09	134,94

Виконання робіт, які не ввійшли у даний перелік, складає до 5 % від трудомісткості конструкторських робіт [41]:

люд.год.	коєф.	Значення
1499,35	0,04	59,97

7.2.5. Визначення трудомісткості та обсягу робіт технологічної підготовки виробництва

Обробка деталей для проєктованого спеціального верстата буде виконуватись в стандартних пристосуваннях та універсально-складальному обладнанні. Проєктування спеціального оснащення для одиничного виробництва економічно не вигідне. Виходячи з вищевикладеного, в трудомісткість технологічної підготовки включаємо лише час на проєктування

Таблиця 7.3 - Трудомісткість технологічної підготовки

Види робіт	Групи складності	Кількість об'єктів, одиниць	Норми часу, люд.год.		Кваліфікація виконавців
			на одиницю	Разом	
Проєктування технологічних процесів	1	30	2,6	78	ін.-техн.3 кат.
	2	66	5,2	343,2	ін.-техн.2 кат.
	3	20	9,4	188	ін.-техн.1 кат.
Всього:				609,2	

7.2.6. Кошторис витрат на технічну підготовку виробництва

Вихідними даними для визначення вказаних витрат є:

- трудомісткість окремих етапів технічної підготовки виробництва;
- фактична погодинна зарплата учасників технічної підготовки (з доплатами);
- вартість всіх матеріалів для виготовлення дослідних зразків, спеціальної технологічної оснастки;
- відсоток цехових та загальноцехових витрат до прямої заробітної плати.

Всі дані для розрахунку кошторису витрат приймаємо за попередніми розрахунками.

Пряма заробітна плата конструкторів, технологів, креслярів і копіювальників визначається за формулою:

$$Z_{\text{пр}} = T_{\text{заг}} \cdot C_{\text{г}} \quad (7.3)$$

де $T_{\text{заг}}$ - сумарна трудомісткість по кожному етапу, год.;

C_r - середньо годинна оплата праці робітників відповідної категорії.

Доплати приймаємо у розмірі 50%, соціальне страхування - у розмірі 61% від загального фонду зарплати.

Визначаємо зарплату по відповідних категоріях працюючих:

Категорія працівника	Трудо-місткість	Оплата за год.	Заробітна плата
конструктори	3045,02	16,70	50851,75
технологи	609,20	16,70	10173,64
креслярі і копію-ки	134,94	10,40	1403,39
Всього витрат:			62428,78

Визначаємо доплату по відповідних категоріях працюючих:

Категорія працівника	Частка доплат	Заробітна плата	Розмір доплат
конструктори	0,50	50851,75	25425,88
технологи	0,50	10173,64	5086,82
креслярі і копію-ки	0,50	1403,39	701,70
Всього витрат:			31214,39

Визначаємо додаткову зарплату по відповідних категоріях працюючих:

Категорія працівника	Частка доплат	Заробітна плата	Розмір доплат
конструктори	0,20	76277,63	15255,53
технологи	0,20	15260,46	3052,09
креслярі і копію-ки	0,20	2105,09	421,02
Всього витрат:			18728,64

Визначаємо сумарну зарплату по відповідних категоріях працюючих із врахуванням коштів на соціальне страхування:

Таблиця 7.4 - Кошторис витрат на технічну підготовку виробництва

Статті витрат по етапах	Сума, грн.
Конструкторська підготовка виробництва	147368,38
Технічна підготовка виробництва	29483,21
Організаційна підготовка виробництва	4067,03
Всього витрат	180918,62

7.3. Система показників економічної ефективності нової машини

7.3.1. Визначення собівартості і ціни проектного верстата

Цехова собівартість виготовлення верстата визначається за формулою:

$$Ц = M_{\text{заг}} \cdot Z_{\text{заг}} \cdot P_{\text{ц}} \quad (7.4)$$

де $M_{\text{заг}}$ - загальна сума витрат на основні матеріали та покупні вироби для проектованої машини:

$$M_{\text{заг}} = \sum_i^T M_{\text{пр}} + \sum_i^k M_{\text{пок.вир.}} \quad (7.5)$$

де T - кількість видів основних матеріалів, од.; k - кількість видів покупних виробів, од.; $M_{\text{пок.вир.}}$ - витрати по кожному виду покупних виробів, грн.; $Z_{\text{заг}}$ - загальна сума зарплати робітників:

$$Z_{\text{заг}} = Z_o + Z_{\text{дод}} + Z_{\text{доп}} \quad (7.6)$$

де $Z_o = P \cdot K_{\text{сер}} \cdot C \cdot \Phi_p$ або $Z_o = K_{\text{сер}} \cdot T$

де $K_{\text{сер}}$ - середньо годинна тарифна ставка виробничих робітників, визначається за формулою:

$$K_{\text{сер}} = K_m + (K_b - K_m) \cdot (P_{\text{сер}} - P_m) \quad (7.7)$$

де K_m - менша, а K_b - більша з двох суміжних тарифних ставок; $P_{\text{сер}}$ - середній тарифний розряд виробничих робітників; P_m - більший тарифний розряд, що відповідає меншій з двох суміжних тарифних ставок.

Доплату для робітників приймаємо у розмірі 20%; соціальне страхування у розмірі 37% від загального фонду зарплати; T - трудомісткість виготовлення проектного верстата.

В заводську собівартість входять: цехова собівартість, витрати на підготовку та освоєння виробництва (80%), витрати на утримання та експлуатацію обладнання (80% від Z_o), цехові витрати (200% від Z_o), загальнозаводські витрати (50% від Z_o).

В заводську собівартість входять: цехова собівартість, витрати на підготовку та освоєння виробництва (80%), витрати на утримання та експлуатацію обладнання (80% від Z_0), цехові витрати (200% від Z_0), загальнозаводські витрати (50% від Z_0).

Визначаємо витрати на основні матеріали за формулою:

$$M_{\text{прив}} = E \cdot C_m \cdot M_{\text{чорн}} - (M_{\text{чорн}} - M_{\text{чист}}) \cdot C_0 \quad (7.8)$$

$$M_{\text{чорн}} = \frac{M_{\text{чист}}}{K_m} \quad (7.9)$$

чиста маса деталей , т	коэф. викор. матеріалів	чорнова маса деталей	коэф. трансп. витрат	Вартість тони прокату	Вартість тони відходів	Витрати на основні матеріали, грн.
$M_{\text{чист}}$	K_m	$M_{\text{чор}}$	E	C_m	C_0	$M_{\text{пр}}$
2,3	0,75	3,07	1,1	17300	4500	54908,67

Куплені вироби (електромотори, електроніка, пластмасові вироби тощо)
 $M_{\text{пок.вир.}} = 32880$ грн.

Визначаємо загальну суму витрат на основні матеріали та куплені вироби:
 $M_{\text{пр}} + M_{\text{пок.вир.}} = M_{\text{заг}} = 87788,7$ грн.

Вид оплат та витрат	Коеф.	По відношенню до суми, грн	Сума, грн.
Осн зарпл виробн робітників	0,3	87788,6667	26336,60
Доплата для робітників	0,2	26336,6	5267,32
Додаткові виплати	0,1	31603,92	3160,39
Виплати на соцстрах	0,37	34764,31	12862,80
Витрати на підгот і осв вир-ва	0,8	26336,60	21069,28
Витрати на експл обладнання	0,8	26336,60	21069,28
Цехові витрати	2	26336,60	52673,20
Загальнозаводські витрати	0,5	26336,60	13168,30
ВСЬОГО:			155607,17

Річна програма випуску деталей 20000 шт.

Результати розрахунків заносимо в табл. 7.5.

Кошторисна калькуляція собівартості та відпускнуціна проектованого верстата

№ п/п	Статті витрат	Сума, грн	% до підсумку	Джерело даних
1.	Сировина та основні матеріали за вирахуванням відходів	54908,667	17,74	розрахунок
2.	Напівфабрикати, придбані комплектуючі вироби	32880	10,62	робочі дані
3.	Основна заробітна плата виробничих робітників	26336,60	8,51	розрахунок
4.	Додаткова заробітна плата виробничих робітників	5267,32	1,70	розрахунок
5.	Відрахування на соціальне страхування виробничих робітників	12862,80	4,16	розрахунок
6.	Витрати на освоєння та підготовку виробництва	21069,28	6,81	80% від п.3
7.	Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	21069,28	6,81	80% від п.3
8.	Цехові витрати	52673,20	17,02	200% від п.3
9.	Загальнозаводські витрати	13168,30	4,25	50% від п.3
10.	Разом заводська собівартість	240235,44	77,61	сума п.1-п.9
11.	Позавиробничі витрати	7207,0633	2,33	3% від п.10
12.	Відрахування у Фод Чорнобиля	379,24704	0,12	1,2% від ФЗ
13.	Відрахування у ФЗ та ПФ	10113,254	3,27	32% від ФЗ
14.	Повна собівартість	257935,01	83,33	сума п.10-13
15.	Плановий прибуток	51587,001	16,67	20% від п.14
16.	Ціна модернізації	309522,01	100	сума п.14-15

7.3.2. Капітальні витрати

Собівартість і ціна нового верстата визначається за договірними цінами.

Витрати на доставку, монтаж та наладку складають 8-15% від ціни обладнання.

Витрати на виробничу площу будівель визначаються за формулою:

$$C_{пл} = P_{л} \cdot K_{дп} \cdot Ц_{б}, \text{ грн.} \quad (7.10)$$

де: $P_{л}$ – площа машин та обладнання в плані, м; $K_{дп}$ – коефіцієнт, що враховує додаткові площу на проходи, службові приміщення. Для верстатів з ЧПК $K_{дп} = 3,5$; для універсальних $K_{дп} = 2,5$.

Запишемо основні дані стосовно верстатів, які необхідні для розрахунків.
Приймаємо витрати на доставку і монтаж у розмірі 10%.

Назва моделі	ширина	довжина	маса верстата	ціна верстата
Базовий варіант				
16K20	2,52	1,17	11,6	145000
2Н150	0,89	1,35	1,87	54000
5991	1,8	1,1	1,13	72000
Проектний варіант				
1Б140	1,9	0,89	2,3	309522

Базовий варіант						
Назва моделі верстату	Площа та Кдп		ціна верстата	кількість	Ціна 1м ²	Всього витрат
16K20	9,44	3,5	145000	1	680	181967
2Н150	2,95	2,5	54000	1	680	64415
5991	7,53	3,5	72000	1	680	97121
Всього за базовим варіантом						343504
Проектний варіант						
1Б140	12,2	3,5	619044	1	680	710056
Всього за проектним варіантом						710056

Витрати на будівлі і споруди за базовим варіантом 45404 грн.

Витрати на будівлі і споруди за проектним варіантом 29107 грн.

Ціна верстатів разом з доставкою і монтажем (базовий варіант) 298100

Ціна верстатів разом з доставкою і монтажем (проектний варіант) 680948

Капітальні витрати за базовим варіантом 343504 грн.

Капітальні витрати за проектним варіантом 710056 грн.

7.3.3. Біжучі витрати

Річні експлуатаційні (біжучі) витрати визначаються сумою таких елементів [41]:

$$Ц = C_M + C_{CM} + C_{ЗП} + C_{КР} + C_P + C_{ТР} + C_e + C_{ЗД} + C_{П} + C_{ПР} + P_M \quad (7.11)$$

де C_M - витрати на сировину та матеріали, використані у технологічному процесі.

Вартість допоміжних матеріалів визначається у розмірі 1,2-2% від вартості основних матеріалів.

$$C_{\text{мдоп}} = 0,015 \cdot C_{\text{мо}}$$

$$C_{\text{м}} = C_{\text{мо}} + C_{\text{мдоп}} \quad (7.12)$$

$C_{\text{зп}}$ - витрати на зарплату виробничих робітників, зайнятих у технологічному процесі із застосуванням даної техніки

$$C_{\text{зп}} = \sum_{i=1}^M T_c \cdot \Phi_d \cdot \eta_{\text{доп}} \cdot \eta_d \cdot \eta_c \quad (7.13)$$

де T_c - годинна тарифна ставка робітника відповідно III розряду, що обслуговує даний верстат; $\Phi_d = 1978$ год. - дійсний річний фонд часу, год.

$$\Phi_d = \Phi_n \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right) = 2080 \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 1860 \text{ год.} \quad (7.14)$$

де Φ_n - номінальний річний фонд часу робітника, $\Phi_n = 2080$ год.; α - відсоток втрат робочого часу за відпустками та хворобами, 10%; $\eta_d = 1,2$ - коефіцієнт, що враховує доплати до основної зарплати; $\eta_{\text{доп}} = 1,25$ - коефіцієнт перевиконання плану; $\eta_c = 1,332$ - коефіцієнт, який враховує відрахування на

В 3 розділі, пункті 3.2. було здійснено економічне обґрунтування доцільності вибору заготовки та визначено її технологічну собівартість. Так згідно проведених розрахунків вартість заготовки отриманої з прутка становить 2,51 грн., а штучної заготовки - 3,24 грн.

При партії виробів 20000 шт, з врахуванням необхідного запасу партія виготовлення заготовок буде становити 22000 шт.

Програма випуску продукції -	22000	шт.	
Собівартість виготовлення партії заготовок (базовий вар.)	3,24	грн.	
Собівартість виготовлення партії заготовок (проектн. вар.)	2,51	грн.	
Вартість матеріалів:			
базовий варіант:	$C_{\text{мб}} =$	71280	грн.
проектний варіант:	$C_{\text{м пр}} =$	55220	грн.

Вартість допоміжних матеріалів	Коеф.	грн.
базовий варіант:	$C_{мб_доп.} = 0,015$	1069,2
проектний варіант:	$C_{м_пр_доп} = 0,015$	828,3

Витрати на сировину та матеріали:	грн.
базовий варіант:	$C_{мб} = 72349$
проектний варіант:	$C_{м-пр} = 56048$

Витрати на зарплату виробничих робітників, зайнятих у технологічному процесі із застосуванням даної техніки

Годинна тарифна ставка робітника відповідно III розряду, що обслуговує даний верстат

$$T_c = 17,90 \text{ грн.}$$

Кількість робітників за базовим ТП 3

Кількість робітників за проектним ТП 1

базовий варіант:	$C_{зб} = 199564$
проектний варіант:	$C_{зпр} = 66521$

Амортизаційні відрахування на капітальний ремонт визначаються за формулою:

$$C_{кр} = \frac{A_{кр} \cdot K}{100}, \text{ грн} \quad (7.15)$$

де $A_{кр} = 8\%$ - річна норма амортизаційних відрахувань; K - балансова вартість об'єкта техніки, грн;

базовий варіант:	$C_{крб} = 27480$
проектний варіант:	$C_{крпр} = 56804$

Амортизаційні відрахування на реновацію визначаються за формулою:

$$C_p = \frac{A_p \cdot K}{100} \quad (7.16)$$

де $A_p = 5\%$ - відсоток амортизаційних відрахувань на повне відновлення (реновацію)

базовий варіант:	$C_{рб} = 17175$
проектний варіант:	$C_{рпр} = 35503$

Річні витрати на ремонт і технічне обслуговування верстатів укрупнено приймаються у розмірі 6% від вартості обладнання:

$$\begin{aligned} \text{базовий варіант:} & \quad C_{T_6} = 17886 \\ \text{проектний варіант:} & \quad C_{T_{пр}} = 40857 \end{aligned}$$

Витрати на електроенергію враховуються за двоставковим тарифом:

а) за кожний кВт приєднаної потужності $C_{еп} = 5,4$ грн./ рік

Базовий варіант	Потужність верстата	кількість верстатів
16K20	10	1
2Н150	7,5	1
5991	4	1
Проектний варіант	Потужність верстата	кількість верстатів
1Б140	11	1

$$\begin{aligned} \text{базовий варіант:} & \quad M_{B_6} = 22 \text{ кВт} \\ \text{проектний варіант:} & \quad M_{B_{пр}} = 11 \text{ кВт} \\ \text{базовий варіант:} & \quad C_{еп_6} = 116,1 \\ \text{проектний варіант:} & \quad C_{еп_{пр}} = 59,4 \end{aligned}$$

б) за використання електроенергії - за формулою:

$$C_{ев} = M_{вст} \cdot \Phi_d \cdot K_b \cdot K_m \cdot C_e \quad (7.17)$$

де $M_{вст}$ - сумарна потужність електродвигунів, кВт (на одному верстаті)

K_b - коефіцієнт, що враховує використання електродвигунів протягом робочого дня;

$$K_b = 0,7$$

K_m - коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності електродвигунів машин; приймаємо 0,7...0,9

$$K_m = 0,8$$

C_e - відпускна ціна 1 кВт-год електроенергії

$$C_e = 2,297$$

$$\Phi_d = 1860$$

$$\text{базовий варіант:} \quad C_{еп_6} = 51439,9$$

$$\text{проектний варіант:} \quad C_{еп_{пр}} = 26318,1$$

Сумарні витрати на електроенергію складуть:

$$C_e = C_{еп} + C_{ев} \quad (7.18)$$

базовий варіант:	51556	грн.
проектний варіант:	26378	грн.

Витрати на стиснуте повітря.

При укрупнених розрахунках приймаємо 2000-3000 м³ на 1 верстат при однозмінній роботі.

Вартість 1000 м³ стиснутого повітря становить 100 грн.

Розхід повітря на один верстат:

базовий варіант:	2000 м ³
проектний варіант:	2000 м ³

Вартість витраченого повітря при роботі верстатного обладнання

базовий варіант:	600 грн.
проектний варіант:	200 грн.

Витрати на воду:

Згідно нормативних даних для роботи одного верстата необхідно витратити

$$Q_v = 10 \text{ м}^3$$

Згідно нормативних даних для роботи одного верстатника необхідно тити за зміну

$$Q_p = 25 \text{ літрів}$$

Вартість 1 м³ води становить 12,6 грн.

Вартість витраченої води для роботи верстатного обладнання

базовий варіант:	378 грн.
проектний варіант:	126 грн.

Вартість витраченої санітарної норми води для роботи верстатника

базовий варіант:	245,7 грн.
проектний варіант:	162,5 грн.

Сумарні витрати на воду для забезпечення виробничого процесу

базовий варіант:	623,7 грн.
проектний варіант:	288,5 грн.

Витрати на обігрів приміщень та технічні потреби:

Потреба пари на опалення та вентиляцію на 1 м³ будівлі складає

$q = 20$ ккал/год. Річна потреба пари на опалення та вентиляцію складає:

$$Q_{\text{п}} = \frac{q \cdot H \cdot V}{1000 \cdot C} \quad (7.19)$$

де H - число годин в опалювальному сезоні, $H = 4320$ год.; C - теплота

Вартість 1т пари становить		Епари	420 грн.
базовий варіант:	74,78	т.	
проектний варіант:	47,94	т.	

Кошти для забезпечення виробничого порцесу парою:

базовий варіант:	31409 грн.
проектний варіант:	20135 грн.

Сбуд - річні витрати на амортизацію та утримання будівель цеху. іає 2,5% від вартості будівель.

базовий варіант:	1135 грн.
проектний варіант:	727,7 грн.

Сумарні витрати на паливо та енергетичні джерела:

базовий варіант:	85323	грн.
проектний варіант:	47529	грн.

Сп - витрати на перебазування обладнання, грн/рік приймаємо у розмірі 1-3% від суми статей експлуатаційних витрат.

Спр - витрати на інші потреби, грн/рік приймаємо у розмірі 10% від суми всіх попередніх статей експлуатаційних витрат.

Рн - накладні витрати, грн/рік приймаємо у розмірі 30% від суми основної заробітної плати робітників, зайнятих обслуговуванням і керуванням технікою.

Визначаємо розрахунком статті експлуатаційних витрат по новій та базовій техніці, які заносимо в таблицю, де також розраховується підсумкова величина економії по кожній із статей витрат.

Таблиця 7.6 Експлуатаційні (поточні) річні витрати на техніку

Статті витрат	Сума, грн.		Економія + Перевирати -
	Базовий варіант	Проектний варіант	
Сировина та матеріали	72349	56048	+
Заробітна плата робітників зайнятих у техпроцесі	199564	66521	+
Амортизаційні відрахування	27480	56804	-
Відрахування на реновацію	17175	35503	+
Витрати на ремонт і технічне обслуговування	17886	40857	+
Витрати на паливо, енергію і мастині матеріали	85323	47529	+
Витрати на перебазування обладнання	8396	6065	+
Інші витрати	42817	30933	+
Накладні витрати	59869	19956	+
Всього:	530861	360218	+

7.3.4. Узагальнюючі техніко-економічні показники проектного верстата

Для комплексної оцінки нового верстата використовують технічні та економічні показники. Економічний ефект від виробництва та використання одиниці нової техніки за весь термін її служби буде складати:

$$E_{ep} = C_1 \cdot \frac{B_2}{B_1} \cdot \frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} + \frac{(U_1 - U_2) - E_H \cdot (K_2' - K_1')}{P_2 + E_H} - C_2 \text{ грн.} \quad (7.20)$$

де C_1 і C_2 - оптова ціна базового і нового верстата, грн.;

$B_2/B_1 = K_{пр}$ - коефіцієнт, який враховує ріст продуктивності одиниці обладнання (коефіцієнт приведення), $K_{пр} = 1,19$ за попередніми розрахунками;

P_1 та P_2 - частка амортизаційних відрахувань від балансової вартості на повне відновлення базового та нового взірця верстата; визначається як величини, обернені до термінів служби взірців техніки, $P = 1/T_c$;

де $T_{c1} = 5$ років, $T_{c2} = 6$ років - терміни служби старої і нової техніки.

$$P_1 = 1/5 = 0,2; \quad P_2 = 1/6 = 0,16$$

$$\frac{P_1 + E_H}{P_2 + E_H} = \frac{0,2 + 0,15}{0,16 + 0,15} = 1,13 \quad - \text{ коефіцієнт обліку зміни терміну служби нового}$$

верстата порівняно із базовим;

E_H - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E_H = 0,15$;

U_1 та U_2 - річні експлуатаційні витрати споживача при використанні ним базової і нової машини в розрахунку на річний об'єм продукції;

K_2' та K_1' - супутні капітальні вкладення споживача (без вартості машини) при використанні базової та нової техніки в розрахунку на річний обсяг продукції.

Економічний ефект від виробництва та використання одиниці нової техніки буде складати:

303716 грн. за весь період окупності.

8. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

8.1. Охорона праці

Об'єктом дослідження магістерської роботи є токарно-револьверний верстат на якому відбувається обробка деталей клинового свердлильного патрону КСП 6-16.

Оскільки процес виготовлення деталі має велику трудомісткість і здійснюється на верстатах токарної, свердлильної та резенарізної груп, то в роботі пропонується її виготовлення на токарно-револьверному верстаті, що забезпечує виконання цих складних операцій та потрібних формоутворюючих рухів. Проектований верстат відноситься до токарних верстатів класу точності «Н» за ГОСТ 8-82. Тому основним завданням даного розділу є вирішення питань охорони праці щодо безпечних умов роботи при обслуговуванні вказаної групи верстатів.

8.1.1. Використання гумових демпфуючих пристроїв та їх розрахунок

Для зниження вібрацій на токарно-револьверному автоматі можна застосувати ударні віброгасники маятникового, пружинного і плаваючого типів [42]. В них здійснюється перехід кінетичної енергії відносно руху елементів, що контактують, в енергію деформації з поширенням напружень із зони контакту по елементах, що взаємодіють. Внаслідок цього енергія розподіляється по об'єму елементів віброгасіння, котрі зазнають взаємних ударів, викликаючи їх коливання. Одночасно відбувається розсіювання енергії внаслідок дії сил зовнішнього та внутрішнього тертя. Маятникові ударні віброгасії використовуються для гасіння коливань частотою 0,4 – 2 Гц, пружинні - 2 – 10 Гц, плаваючі - понад 10 Гц.

При експлуатації металорізальних верстатів їх динамічне віброгасіння досягається встановленням на масивному фундаменті. Маса фундаменту підбирається таким чином, щоб амплітуда коливань підшви фундаменту не перевищувала 0,1 – 0,2 мм.

Також додатково верстат може бути встановлений на спеціальні віброізолятори, при цьому верстат має шість ступенів вільності. Він може робити

коливання в трьох взаємно-перпендикулярних площинах простору, а також здійснювати переміщення в цих площинах.

Розрахунок систем із шістьма ступенями вільності дуже складний. В інженерній практиці віброізоляції машин обмежуються в більшості випадків розрахунком тільки вертикальних коливань.

Розрахунок віброізоляторів зводиться до визначення потрібної пружності гумових прокладок чи пружин і визначенню їхніх геометричних параметрів: діаметру, числа витків і радіуса витка пружини.

Вихідною передумовою для розрахунку в розглянутому випадку є необхідність виконання умов $a = 3 \div 4$. Значення частоти сили, що змушує, визначається по параметрах робочого процесу. Для різних типів приводу з числом обертів двигуна n значення f визначають по формулі:

$$f = \frac{n}{60} \quad (8.1)$$

За відомим значенням f розраховують f_0 (Γu):

$$f_0 = \frac{\alpha}{f} \quad (8.2)$$

Використовуючи зв'язок між статичним осіданням X_{cm} і частотою власних коливань системи f_0 , можна побудувати графік залежності для визначення X_{cm} за заданим значенням коефіцієнта передачі K_{II} . Графік будується в логарифмічних координатах. Для необхідного значення f_0 визначають потрібну статичну осадку системи і роблять розрахунок геометрії віброізоляторів.

Для гумових прокладок визначають потрібну висоту віброізоляторів:

$$h = X_{cm} \times \frac{E}{\sigma}, \quad (8.3)$$

де E - модуль пружності, H/m^2 ; σ - допустиме навантаження на стиск для матеріалу прокладки, H/m^2 .

Товщина віброізолюючої прокладки повинна відповідати умові:

$$h < \lambda/2n,$$

де λ - довжина хвилі ізолюючих коливань. При $n = 1, 2, 3 \dots$ в прокладці виникають резонансні коливання. Для визначення площі віброізолюючої прокладки використовується формула:

$$S = P/\sigma \times N, \quad (8.4)$$

де P - сила ваги верстата; N - число прокладок.

Вихідні дані для розрахунку:

маса верстата $m_B = 2300$ кг;

максимальні оберти $n_{\max} = 2500$ об/хв;

коефіцієнт передачі $K_{\Pi} = 1$.

$$\text{Приймаємо } a = 4, \text{ тоді } f = \frac{n}{60} = \frac{2500}{60} = 41,66$$

$$\text{Знаходимо } f_0 = \frac{\alpha}{f} = \frac{3}{41,66} = 0,096$$

Оскільки в нас $K_{\Pi} = 1$, то f_0 приблизно рівне X_{cm}

Для подальших розрахунків беремо: $\sigma = 20$, $E = 3 \cdot 10^5$, $X_{cm} = 0,096$

Тоді ми отримаємо $h = X_{cm} \times \frac{E}{\sigma} = 0,096 \cdot \frac{3 \cdot 10^5}{20} = 14,4$

Робимо перевірку чи виконується умова $h < 1/2n_1$

Приймаємо $\lambda = 140$, $n = 1/$

Тоді $h: = \frac{\lambda}{2 \cdot n_1} = \frac{140}{2 \cdot 1} = 70$

Отже, умова виконується.

Визначаємо площу віброізолюючої прокладки. Для розрахунків беремо наступні значення параметрів та коефіцієнтів.

$$m = 2300 \text{ кг}; \quad g = ; \quad N = 4$$

$$P = m \cdot g = 2300 \cdot 9,8 = 22,54 \cdot 10^3$$

Розраховуємо площу прокладки:

$$P = 22,54 \cdot 10^3; \quad \sigma = 20, \quad N = 4$$

$$S = \frac{P}{\sigma \cdot N} = \frac{22,54 \cdot 10^3}{20 \cdot 4} = 281,75$$

Отже, визначивши геометричні параметри віброізолюючої подушки опираючись на СН 245-71 і СН 626-66 вибираємо чотири віброподушки №5.

8.1.2. Розрахунок робочого місця на проектований верстат

Обладнання, що знаходиться на механічній дільниці повинно відповідати вимогам ГОСТ 12.3.025-80 «Обробка металів різанням. Вимоги безпеки».

Виробниче приміщення, в якому проходить процес обробки різанням, повинно відповідати СНіП 11-2-80, СНіП 11-89-80 і санітарним вимогам.

На рис.8.1 зображено варіант організації робочого місця верстатника, який обслуговує токарно-револьверний верстат-автомат. Це місце складається з шести елементів: 1 – верстат-автомат; 2 – інструментальна тумба; 3 – урна для сміття; 4 – решітка для ніг; 5 – захисний екран; 6 – ящик з деталями.

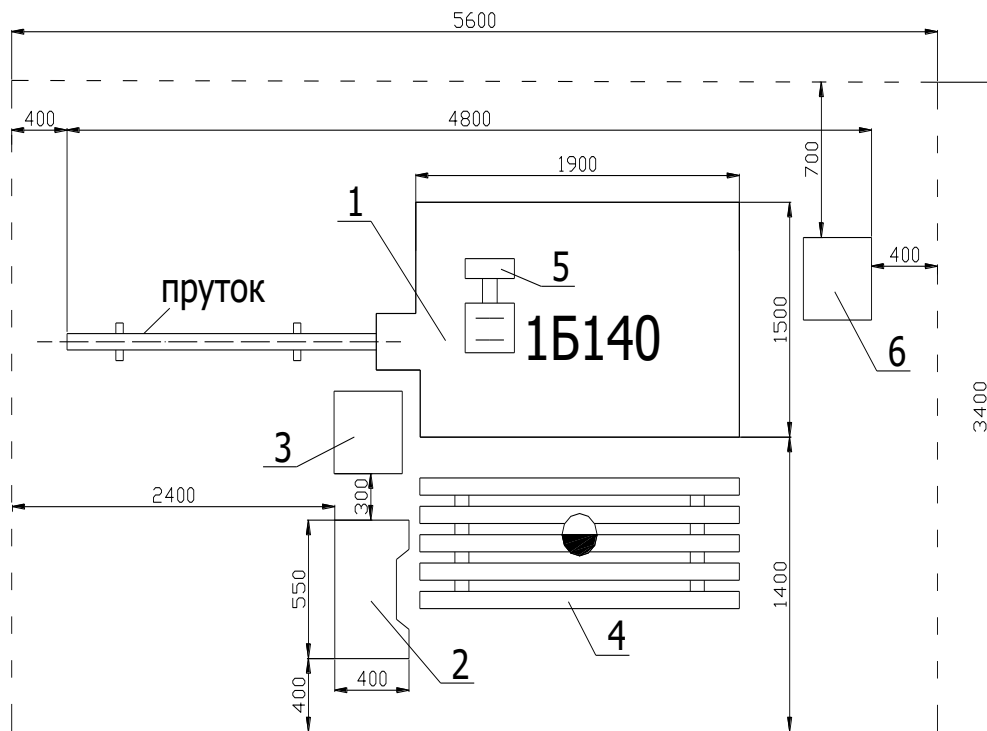


Рисунок 8.1 - Організація робочого місця на верстаті-автоматі

Біля верстата 1 на передньому плані знаходиться решітка для ніг 4, яка служить захисним засобом робітника автоматника. Для забезпечення екологічної обстановки і чистоти робочого місця є урна для сміття 3. Зліва від верстату знаходиться інструментальна тумбочка 2 в якій знаходиться інструменти, оправки, пристосування, а також є ящик для готових деталей.

Знаходимо площу робочого місця на токарному автоматі:

$$S = (1400 + 1500 + 300) \cdot (400 + 800 + 400) = 17,92 \text{ м}^2$$

8.2. Безпека в надзвичайних ситуаціях

8.2.1. Законодавча база цивільної оборони України

Захист населення організовується і здійснюється відповідно до вимог Конституції України (1996 р.), Кодексу цивільного захисту України (2012 р.); законів «Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань» (1998 р.); «Про правовий режим надзвичайного стану»; Концепції «Про захист населення і територій при загрозі і виникненні надзвичайної ситуації», схваленої Указом Президента України від 26.03.1999 року № 234/99 та інших нормативно-правових актів [43].

Стаття 1 Концепції визначає, що захист населення і території є системою загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами рад, органами управління з питань надзвичайної ситуації і Цивільної оборони, підлеглими їй силами і засобами підприємств, установ, організацій, незалежно від форм власності, добровільними формуваннями, які забезпечують виконання організаційних, інженерно-технічних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів з метою попередження і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Рівень національної безпеки не може бути достатнім, якщо в загальнодержавному масштабі не буде вирішено завдання захисту населення, об'єктів економіки і національного надбання від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру.

8.2. Структура цивільного захисту промислового об'єкту верстатобудівного профілю виробництва

Система цивільної захисту суб'єкта господарської діяльності будується на основі Закону України «Про цивільну оборону України», «Положення про цивільну оборону України» та інших нормативно-правових актів з метою захисту робітників, службовців і населення, яке мешкає у відомчому житловому фонді або попадає у зону ураження від об'єкта, від НС техногенного, природного та соціально-політичного

характеру, яка включає органи управління, сили і засоби, що створюються для організації та забезпечення захисту робітників, службовців та населення, попередження і ліквідації наслідків НС, та організується за територіально-виробничим принципом.

Керівництво цивільною обороною відповідно до принципу її побудови [43] здійснює адміністрація підприємства, установи або організації (рис. 8.2).

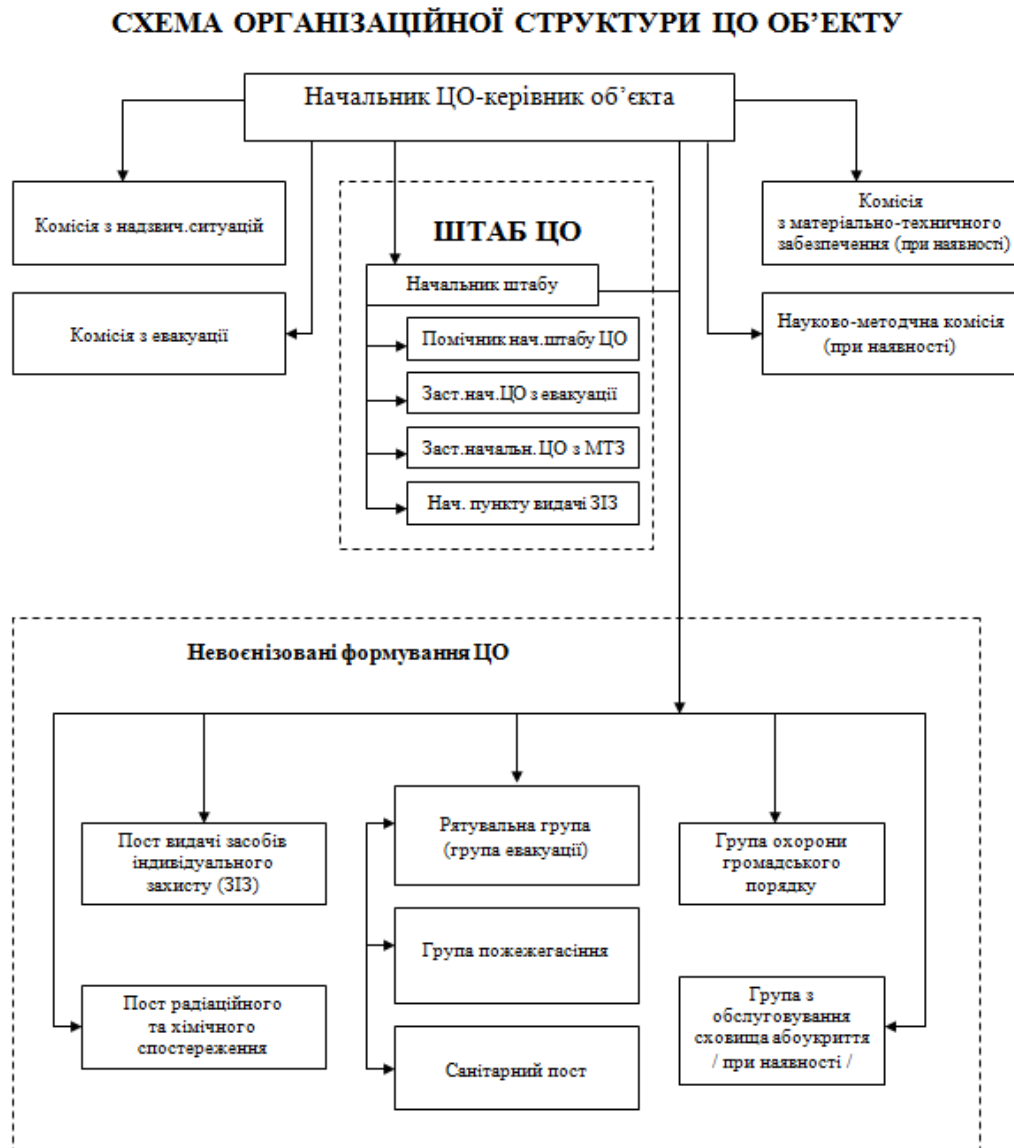


Рисунок 8.2 - Схема організаційної структури ЦО верстатобудівного підприємства

Начальником цивільної оборони є керівник адміністрації суб'єкта господарської діяльності.

Функції начальника штабу ЦО на об'єкті господарської діяльності

- забезпечує постійну готовність ЦО суб'єкта господарської діяльності до виконання покладених на леї завдань;
- забезпечує планування і здійснення заходів щодо захисту робітників і службовців підприємства, установи чи організації та населення, яке мешкає у відомчому житловому фонді, від наслідків надзвичайних ситуацій;
- забезпечує створення, підготовку і підтримання у стані готовності до застосування сил і засобів щодо попередження і ліквідації наслідків НС, навчання працівників засобам захисту і діям в умовах НС у складі формувань ЦО;
- організовує планування і проведення заходів щодо підвищення сталості функціонування об'єкту і забезпечення життєдіяльності працівників в умовах НС;
- забезпечує створення і підтримання у стані постійної готовності локальної системи оповіщення, зв'язку і спостереження про загрозу виникнення або виникнення НС;
- забезпечує організацію і проведення аварійна рятувальних та інших невідкладних робіт на території підприємства, установи чи організації і прилеглий території згідно з планами попередження та ліквідації НС;
- фінансує заходи щодо захисту робітників, службовців та населення, що мешкає на прилеглий до об'єкту території, попередження і ліквідації наслідків НС;
- створює резерви фінансових і матеріально-технічних ресурсів для ліквідації наслідків НС;
- організовує взаємодію з вищими органами управління з питань організації і ведення ЦО в умовах НС;
- забезпечує, здійснення контролю за виконанням заходів цивільної оборони суб'єктом господарської діяльності;
- подає у встановленому порядку інформацію у сфері цивільної оборони, захисту населення і територій від НС, а також здійснює оповіщення робітників і службовців про загрозу або виникнення НС;

Безпосереднє керівництво виконанням завдань ЦО покладається на штаб цивільної оборони та з надзвичайних ситуацій об'єкта, а також на штатних працівників ЦО підприємств, установ і організацій, чисельний склад яких визначається згідно з додатком № 1 до "Положення про цивільну оборону України".

Завдання, функції та повноваження штабу цивільної оборони та з надзвичайних ситуацій суб'єкта господарської діяльності визначаються згідно з діючими нормативно-правовими актами з питань цивільної оборони, захисту населення і територій від НС [43]. Функції штабу цивільної оборони та з надзвичайних ситуацій:

- розробляє плани дій у НС, розвитку і вдосконалення ЦО підприємства (установи або організації);
- розробляє і втілює в життя заходи щодо захисту робітників, службовців і населення, що мешкає у відомчому житловому фонді, від наслідків НС;
- відповідає за постійну готовність систем управління, оповіщення і зв'язку, сил і засобів ЦО до дій в умовах НС;
- контролює та забезпечує своєчасне і повне інформування робітників, службовців та населення на прилеглий території при загрозі або виникненні НС;
- веде облік і звітність з питань ЦО за суб'єкт господарської діяльності;
- формує об'єми заявок на матеріально-технічні засоби та здійснює контроль за їх накопиченням і збереженням;
- організовує підготовку керівного складу, органів управління і сил ЦО, робітників і службовців до дій в умовах НС;
- організовує контроль за підтримкою в готовності систем попередження і аналізу можливої обстановки на підприємстві, в установі або організації;
- готує проекти рішень, пропозиції, накази та розпорядження з питань ЦО і ЦС;
- розробляє і подає пропозиції щодо фінансового, матеріально технічного та транспортного забезпечення заходів цивільної оборони в умовах надзвичайних ситуацій.

Штаб ЦО та з НС об'єкта очолює начальник штабу. Посада начальника штабу може бути штатною або за сумісництвом. Начальник штабу є заступником начальника цивільної оборони суб'єкта господарської діяльності.

Права начальника цивільної оборони

Свої обов'язки начальник цивільної оборони суб'єкта господарської діяльності виконує шляхом безпосередньої діяльності, а також через начальника штабу ЦО та з НС, якому надається право:

- видавати накази, розпорядження і вказівки з питань цивільної оборони, обов'язкові для виконання посадовими особами адміністрації об'єкту;
- здійснювати контроль за роботою управлінь, відділів, структурних підрозділів і посадових осіб адміністрації об'єкту, що спрямована на виконання завдань ЦО;
- розробляти і втілювати вжиття заходи з захисту робітників і службовців від можливих наслідків НС;
- здійснювати керівництво діями органів управління та сил ЦО в умовах ліквідації наслідків НС, а також залучати до дій у НС робітників і службовців об'єкту;
- одержувати від управлінь, відділів, керівників структурних підрозділів та інших посадових осіб адміністрації об'єкту відомості і матеріали, необхідні для організації та координації робіт, пов'язаних з запобіганням і ліквідацією можливих наслідків надзвичайних ситуацій.

Функціональні обов'язки штатних працівників ЦО підприємства, установи або організації визначаються начальником суб'єкта господарської діяльності. Для проведення заходів цивільної оборони штабом ЦО розробляються плани:

- розвитку й удосконалення цивільної оборони;
- цивільної оборони (дій органів управління та сил у разі надзвичайної ситуації).

Всі плани (за винятком тих, що стосуються мобілізаційних заходів) розробляються як документи відкритого користування.

Суб'єкт господарської діяльності, чисельний склад працівників якого не перевершує 30 чоловік, за винятком радіаційних, хімічно, пожежо- і вибухонебезпечних об'єктів, розробляє інструкцію дій у разі надзвичайної ситуації.

Плани цивільної оборони затверджуються керівником адміністрації суб'єкта господарської діяльності після погодження з відділом з питань НС та цивільного захисту району (міста обласного підпорядкування).

Для надійного і сталого управління процесами захисту робітників, службовців та населення, яке попадає в зони ураження об'єкта, у надзвичайних ситуаціях і виконанням інших функцій, передбачених планами на воєнний час, може використовуватися пункт управління, що створюється в одному зі сховищ, а також можуть використовуватися рухомі пункти управління на автомобілях.

Для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у разі надзвичайних ситуацій застосовуються сили цивільної оборони, які включають спеціалізовані і невоєнізовані формування.

Для ліквідації наслідків НС допускаються сили ЦО об'єкта, які мають відповідну підготовку, підтверджену в атестаційному порядку, і під керівництвом відповідних органів управління у сфері цивільної оборони.

Структуру спеціалізованих формувань, їхній штат і чисельність затверджує орган, що прийняв рішення про створення формування. Спеціалізовані формування створюються як за рахунок бюджету суб'єкта господарської діяльності, так і на госпрозрахунковій основі.

Комплектування спеціалізованих формувань здійснюється за контрактом з числа фахівців, які мають досвід роботи з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

До невоєнізованих формувань належать загони, команди, групи, ланки, які призначені для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у разі НС

Порядок використання особового складу невоєнізованих формувань, його матеріального, технічного і фінансового забезпечення, а також матеріального стимулювання визначають органи управління, які прийняли рішення про створення вказаних формувань.

Для забезпечення захисту робітників, службовців і населення, що мешкає на прилеглий території, попередження та проведення спеціальних робіт щодо ліквідації наслідків НС на базі структурних підрозділів об'єкту можуть створюватися служби ЦО за відповідним призначенням: енергетики, інженерна, комунально-технічна, матеріального забезпечення, медична, оповіщення і зв'язку, протипожежна, торгівлі і харчування, транспортна, технічна та інші.

Для проведення евакуаційних заходів в умовах НС і життєзабезпечення потерпілого населення на базі адміністрації об'єкта створюються евакуаційні органи (евакуаційні комісії, збірні та приймальні пункти).

9. ЕКОЛОГІЯ

9.1. Актуальність екологічних проблем

Внаслідок виробничо-господарської діяльності людини порушується сформований протягом багатьох мільйонів років матеріальний і енергетичний кругообіг речовин в природі. В результаті почалося прогресуюче руйнування біосфери Землі, що може набути характеру незворотних процесів і навколишнє середовище може стати несприятливим для життя [45].

Тому в Україні одночасно з проголошенням незалежності в 1991 році було прийнято Закон України «Про охорону навколишнього середовища», а постановою від 5 березня 1998р. Верховна Рада затвердила «Основні поправки державної політики України в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки».

Основними документами екологічного права є Конституція України і закон України «Про охорону навколишнього і природного середовища».

Закон України «Про охорону навколишнього і природного середовища» визначає правові, економічні та соціальні основні організації охорони навколишнього середовища в інтересах нинішнього і майбутнього поколінь. Даний документ визначає об'єкти правової охорони навколишнього середовища, регулює використання на території України природних ресурсів, регламентує проведення екологічної експертизи.

9.2. Забруднення які виникають в цеху механічної обробки при роботі обладнання

Джерелами забруднення атмосферного повітря називається технологічний агрегат (установка, пристрій, апарат і т. п.), що виділяє в процесі експлуатації шкідливі речовини [46].

Згідно ГОСТ 17.2.1.04-77 джерела викидів речовин поділяються на організовані і неорганізовані. Організований промисловий викид – викид, який

надходить в атмосферу через спеціально збудовані газовідводи, повітревідводи і труби. Неорганізований називають викиди, що надходять в атмосферу у вигляді направлених потоків газу в результаті порушення герметичності обладнання, відсутності чи незадовільної роботи відсосів у місцях перенавантаження чи зберігання продукту.

У відповідності до ГОСТ 17.2.3.02-78 для кожного джерела забруднення атмосфери повітря повинні бути встановлені гранично – допустимі норми викиду, що являють собою науково – технічні нормативи.

Обробка на верстатах в механічних цехах супроводжується виділенням пилю, стружки, туману мастил та емульсій [46].

Так верстати з емульсійним охолодженням виділяють за 1 годину на 1 кВт потужності: води – 150 г, туману емульсора -0,063 гр.

Крім того виділяються пари фенолу, формальдоефіру, стиролу і т.ін.

Процес обробки кольорових металів та легованих сталей супроводжується виділенням токсичних оксидів Al, Ti, Fe, Mn, Cr.

Оксиду Al – $12d$; Оксиду Fe – $0,25d$; Оксиди Ti – $3d$;

Оксиди – Mn – $0,25d$; Оксиди Cr – $0,065d$ (Cr/100);

де d – товщина металу, мм;

Mn, Cr – вміст в % Mn, Cr в сталі.

На території підприємства утворюються стічні води 3 видів: побутові, промислові і поверхневі.

Побутові стічні води підприємств утворюються про експлуатації на його території душових, туалетів, пралень і їдалень. Підприємство не відповідає за якість даних стічних вод і направляє їх на міські (районні) станції очистки.

Поверхневі стічні води утворюються в результаті змивання дощовою, талою водою домішок, що накопичуються на території, дахах і стінах виробничих будинків. Основними домішками цих вод є тверді частинки (пісок, стружки, пил, сажа і т.ін.); нафтопродукти (масла, бензин), що використовується в електродвигунах транспортних засобів, а також органічні і мінеральні добрива, що використовуються

в заводських скверах і квітниках. Кожне підприємство відповідає за забруднення водойми, тому необхідно знати об'єм стічних вод даного типу.

Витрати поверхневих стічних вод розраховуються у відповідності з СНіП П2.0403-85 «Норми проектування. Каналізація. Поверхневі сіті і споруди» по методу граничної інтенсивності.

Поверхневі стічні води утворюються в результаті використання води в технологічних процесах. Їх кількість, склад і концентрацію домішок визначають типом підприємства, його потужністю, водами технологічних процесів, що використовуються. 90% води, якою живиться підприємство, повертається назад у водойми з різною концентрацією забруднення.

Основними видами забруднень на машинобудівних підприємствах є механічні суспензії – пісок окалина, металічна стружка і пилюка, флюси, волокна бавовни та інші мінеральні мастила.

Забруднення стічних вод мінеральними мастилами та іншими нафтопродуктами проходить при таких процесах, як термообробка і обезжирення деталей, обробка різанням, а також за рахунок витоку з системи змащування і мастило господарств. Вміст в стоках мастилопродуктів може знаходитись до 1200 мг/л.

Мастило, що міститься в стічних водах, частково плаває на поверхні, або є частково емульгованим. Розчинність мінеральних мастил у воді занадто мала і практично можна нею знехтувати.

Кількість в стоках плаваючого мастила коливається від кількох грамів до сотень грамів на 1 л води і залежить від організації технологічного процесу, стану обладнання, загальної культури виробництва. Основна частина такого мастила видаляється з води в відстійниках і нафтовловлювачах.

Мастиловмісні стічні води машинобудівних підприємств багато в чому відрізняються від нафтовмісних стоків нафтодобувної і нафтопереробної промисловості. Для них характерні низький вміст нафтопродуктів і солей, майже повна відсутність сірчаних кислот і азотних сполук, фенолів, сірководню. Зважаючи на підвищену стійкість мастил до окислення і перепаду t^0 очистку маловмісних

стічних вод доцільно проводити методами, що передбачають регенерацію зібраних мастил і повернення їх у виробництво.

На підприємстві використовуються тонкошарові відстійники. Особливість їх в тому, що відстійна зона розділяється паличковими секціями і трубчастими елементами на неглибокі шари, де забезпечується ламінарний рух освітленої води [47].

В залежності від призначення в технологічній схемі очисної станції відстійники поділяють на первинні і вторинні. Первинні відстійники служать для попереднього освітлення стічних вод, які просуваються на біологічну чи фізико – хімічну чистку, а вторинні – для освітлення стічних вод, які пройшли біологічну чи фізико – хімічну очистку, в деяких випадках можливе використання освітлювачів з навислим шаром осаду.

На території підприємства використовуються вертикальні відстійники та коридорні освітлювачі з попередньою коагуляцією завислих речовин.

9.3. Заходи по очистці повітря на дільниці

Для захисту повітря на підприємстві широко використовуються пиловловлювачі. Пиловловлювачі поділяються на: гравітаційні, інерційні (сухого і вологого типів), пиловловлювачі, пробивачі контактної дії, тканинні й електричні.

До гравітаційних належать пилоосаджувальні камери; до інерційних – циклони, батареїні циклони, відцентрові скрубери, струменеві типу «Вентурі»; до пробивачів – пінні апарати; до тканинних сітчасті, рукавні; до електричних – електрофільтри.

Одним із основних засобів, який використовується на дільниці є циклони (рис. 9.1) [47]. Газовий потік вводиться в циклон через патрубок 2 по дотичній і внутрішній поверхні корпуса 1 і здійснює зворотно-поступальний рух вздовж корпуса до бункера 4. Під дією відцентрової сили частинки або пилюка утворюють на стінці циклону пилевий шар, який разом із частинками газу попадає в бункер. Відділення частинок пилюки від газу, який потрапив в бункер відбувається при повороті газового потоку в бункері на 180° . Звільнившись від пилюки газовий потік

утворює вихор і виходить із бункера, даючи початок вихору газу, який покидає циклон через вихідну трубу 3. Для нормальної роботи циклона необхідна герметичність бункера. Якщо бункер не герметичний, то через підсос зовнішнього повітря відбувається винесення пилюки з потоком повітря через вихідну трубу.

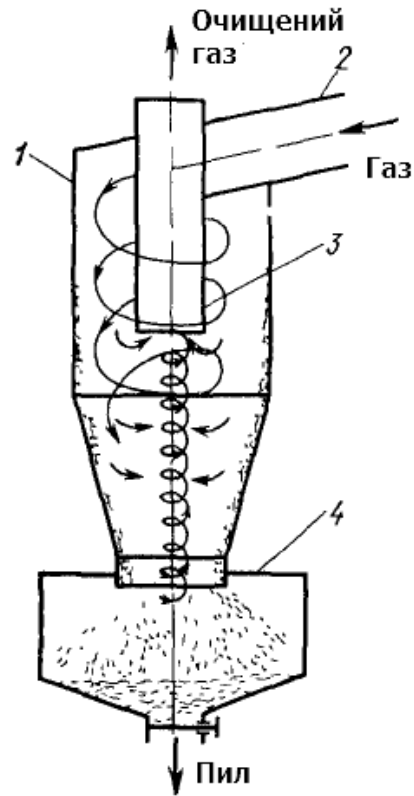


Рисунок. 9.1 - Конструкція циклону, що використовується на підприємстві

Висновки

В результаті виконання роботи нами отримано результати:

1. Проведено патентно-інформаційні дослідження, які показали, що одним із шляхів економії металу на токарних автоматах є скорочення його витрат в стружку при відрізанні деталей та підрізанні їх торців. Це може бути досягнуто впровадженням відрізних пристроїв з обертовим багатолезовим або абразивним інструментом.

2. В якості верстата на базі якого проведено проектування – токарно-револьверний автомат мод. 1Б140. Даний верстат призначений для обробки зовнішніх, циліндричних, конічних, фасонних та торцевих поверхонь, нарізання внутрішніх і зовнішніх різь, прорізання канавок, розточування, свердління, зенкування, розвертування та ін.

3. На основі аналізу формоутворення встановлено, що для забезпечування вищевказаних операцій необхідні такі рухи: $\Phi_v(O_1)$ – обертний рух шпинделя; $\Phi_s(\Pi_2)$ – поступовий рух вздовж осі шпинделя; $\Phi_s(\Pi_3)$ – поступовий рух перпендикулярний осі шпинделя.

4. Метод отримання заготовки деталі представника, що обробляється на проектованому верстаті – сортовий прокат. Матеріал заготовки: Сталь 40Х або Сталь 45. Мінімальна частота обертання шпинделя 160 об/хв., максимальна – 2500 об/хв. Мінімальна швидкість подачі 0,06 мм/об. при відрізанні, максимальна – 1,5 мм/об. при нарізанні різьби. Максимальна потужність, що необхідна для різання 5,12 кВт при чорновому точінні.

5. Головний рух шпинделя здійснюється від двигуна постійного струму $N=7,0 \text{ кВт}$, $n=1440 \text{ об/хв.}$ через клинопасову передачу. Рух подачі супортів здійснюється через розподільчі вали від трифазного асинхронного двигуна за допомогою кулачків які знаходяться на ньому.

7. Здійснено аналіз кінематики процесу відрізання деталей фрезоточінням. Отримані залежності які дозволяють описати траєкторію відносного руху ріжучої кромки зуба фрези при зустрічному та попутному різанні. Визначено значення

максимальної товщини зрізаного шару для одного зуба та одночасному різанні кількома зубцями.

8. Впровадження проектного технологічного процесу механічної обробки деталі представника із застосуванням розробленого верстата дозволяє скоротити кількість металорізальних верстатів, чисельність працюючих зменшиться, а отже, і зменшиться площа ділянки.

9. Запропонований відрізний пристрій дозволяє скоротити час відрізки деталі, та зменшити відхід матеріалу. При відрізанні економиться до 7,5% матеріалу.

10. Проведено розрахунок площі робочої зони верстату, вона становить $17,92 \text{ м}^2$, а також визначено геометричні параметри віброізолюючої подушки.

11. Визначено економічну ефективність прийнятих проектно-конструкторських рішень, яка становить $E = 303716 \text{ грн}$.

12. Розглянуті питання охорони навколишнього середовища, безпеки життєдіяльності та цивільної оборони.

Бібліографія

1. Общемашиностроительный справочник / Под. ред. Е.А. Скороходова – М.: Машиностроение, 1989. – 510 с.
2. Веселовский С.И. Разрезка материалов.- М.: Машиностроение, 1973.- 360 с.
3. Малов А.Н. Механизация и автоматизация универсальный металлорежущих станков.- М.: Машиностроение, 1969.- 216 с.
4. Резка труб на заготовки. Обзор НИИМАШ. – М., 1976.- 132 с.
5. Технология и оборудование для резки сортового проката. / Под ред. Е.К. Новикова.- Воронеж: ОНТИЭНИКМАШ,1982.- 83 с.
6. Відрізання прутків і труб: теорія і практика: монографія / Ю.М. Кузнецов, С.В. Чикін, Р.І. Мачуга; під. ред. Ю.М. Кузнецова.- К.: ТОВ «Гнозіс», 2008.- 333 с.
7. Губич І.В. Склярів Р.А., Аналіз методів поділу прутків на штучні заготовки // Актуальні задачі сучасних технологій: зб. тез доповідей міжнар. наук.-техн. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 27–28 листоп. 2019.) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – Т. 2. – 270 с. — С. 76-77.
8. Ипполитов Г.М. Абразивно-алмазная обработка. - М.: Машиностроение, 1973. – 331 с.
9. Володько Г.Ф., Платонов Н.Н. Резка вращающихся заготовок абразивными кругами // Вестник машиностроения.- 1971.- №11.- С.75-76.
10. Баришников Б.А., Коваленко В.Ф., Чижик-Полейко В.Б. и др. Безотходное разделение труб дисковыми ножами // Кузнечно-штамповочное производство. - 1979.- №1.- С. 20-23.
11. Подураев В.Н. Технология физико-механических методов обработки.- М.: Машиностроение, 1985. – 264 с.
12. Артамонов Б.А., Волков Ю.С., Дрожалова В.И. и др. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов: В 2-х т. Т.2. Обработка материалов с использованием высококонцентрированных источников энергии. - М.: Высшая школа, 1983.- 208 с.

13. Коваленко В.С. Обработка материалов импульсным излучением лазера. - К.: Высшая школа, 1977.- 144 с.
14. Саленко О.Ф., Петко І.В., Третьяков О.В. Гідро- та гідроабразивна обробка. Теорія, технологія та обладнання: Навчальний посібник. - К.: ІЗМН, 1999.- 488 с.
15. Мустаев Р.Х. Автоматическое устройство для снятия центрового остатка на одношпиндельных токарных автоматах // Станки и инструмент.- 1963.- №3.- С.45.
16. Малов А.Н. Механизация и автоматизация универсальных металлорежущих станков.- М.: Машиностроение, 1969. – 216 с.
17. Дейнеко В.Г., Кригер С.Я., Моисеев И.Г. Отрезка деталей без грата на одношпиндельных автоматах // Станки и инструмент.- 1976.- №1.- С.35-36.
18. Лорох Р. Анализ загрузки режущей части фрез при отрезке труб // Вестник НТУУ "КПИ" Машиностроение" № 32, К.:1997г. - С. 58-62.
19. Грановский Г.И. Кинематика резания.- М.: Машгиз, 1948.- 200с.
20. Мархасин Э.Л., Петросянц А.А. Фрезерование тел вращения.- М.: Машгиз, 1960.- 112 с.
21. А. с. №655485 СССР, Отрезной станок / Н.Д. Граничин. Оpubл. 05.04.79, БИ №13.
22. А. с. №1303269 СССР, Отрезной суппорт / И.Г. Федоренко, С.В. Чикин. Оpubл. 15.04.87, БИ №4.
23. А.с. №1399018 СССР, Отрезной суппорт / И.Г. Федоренко, С.В. Чикин, А.В. Даниленко. Оpubл. 30.05.88, БИ №20.
24. А.с. №1502235 СССР, Отрезное устройство / И.Г. Федоренко, С.В. Чикин, П.П. Брюханда. Оpubл. 23.08.89, БИ №31.
25. А.с. №1585097 СССР, Отрезное устройство / И.Г. Федоренко, С.В. Чикин. Оpubл. 15.08.90, БИ №30.
26. А.с. №1604526 СССР, Устройство для отрезки деталей типа тел вращения / Ю.Н. Кузнецов, Ю.А. Судьин, А.А. Симович, В.И. Шалупов. Оpubл. 07.11.90, БИ №41.
27. Основы формообразования поверхностей резаньем. Родин П.Р.- Киев: Вища школа, 1977.- 192 с.

28. Врагов Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков (Основы компонетики). - М.: Машиностроение, 1978. - 208 с.
29. Егоров М.Е. Технология машиностроения. Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1976. - 534 с.
30. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Под общ. ред. А.Ф. Горбачевича. - М.: Машиностроение, 1975. - 286 с.
31. 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.
32. Барановский Ю.В. Режимы резания металлов - М.: Машиностроение, 1972г.
33. Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту, М., Машиностроение, 1990 г.
34. Металлорежущие станки / Под ред. В.Э. Пуша. - М.: Машиностроение, 1985.- 526 с.
35. Методичні рекомендації по курсовому та дипломному проектуванні МРВ / С.А. Дубиняк, С.Г. Нагорняк, Т.Д. Дубецький - Тернопіль: 1981. - 62 с.
36. Иванов М.Н., Иванов В.Н. Детали машин. Курсовое проектирование. Учебное пособие для машиностроительных вузов. М., «Высш. школа», 1975.
37. Чернавський С.А. и др. Курсовое проектирование деталей машин, 2-е изд., М.: «Машиностроение», 1987. – 416 с.
38. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин, М., «Высш. школа», 1991. – 432 с.
39. Федоренко И.Г., Чикин С.В. Отрезка вращающегося прутка фрезами на токарных автоматах // Технология и автоматизация машиностроения. Респ. межвед. научн-техн. сб. - №38.- С.121-126.
40. Лепетюк А.Л., Федоренко И.Г., Чикин С.В. Определение максимальной толщины срезаемого слоя при отрезке вращающихся деталей фрезами // Известия вузов. Машиностроение. – 1988.- №3.- С. 139-143.

41. Кривий П.Д., Шарик М.В., Сотник І.П. Трудомісткість конструювання та виготовлення металорізальних і деревообробних верстатів. - Тернопіль: - ТДТУ, 2005.-128с.
42. Колесников А.Е. Шум и вибрация / А.Е. Колесников. – Л.: Судостроение, 1988. – 248 с.
43. Желібо Є.П., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності: Підручник. – К.: Каравела, 2007. – 288 с.
44. Васійчук В.О., Гончарук В.Є., Качан С.І., Мохняк С.М. Основи цивільного захисту: Навч. посібник / В.О. Васійчук, В.Є Гончарук, С.І. Качан, С.М. Мохняк.- Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2010.- 417с.
45. Инженерная экология: Учебник / Под ред. проф. В.Т. Медведева. — М.: Гардарики, 2002. — 687 с.
46. Классификация смазочно-охлаждающих технологических средств для обработки металлов резанием. /Г.Т. Малиновский, Е.В. Лебедев, А.К. Маскаев, А.А. Стулий // Химия и технология топлив и масел. - 1981, №9. - С.20 - 22.
47. Буравльов Є. П. Основи сучасної екологічної безпеки.— К., 2000. - 236 с.

ДОДАТКИ

Результати автоматизованого розрахунку гітари коліс (проведено з використанням програми «DM»)

ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ		
1. МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75	
2. МОДУЛЬ (ММ)	M= 2.50	
3. ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО	U= 0.28	
4. КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHM= 688.	
5. ДОПУСТИМОЕ КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHMD= 1456.	
	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
6. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	74.	21.
7. НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	185.00	52.50
8. ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	26.00	25.00
9. НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)	162.	188.
10. ДОПУСТИМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗГИБА ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ (МПА)	685.	685.
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ		
- ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО ПЕРЕДАЧИ	U= 0.28	
- МОДУЛЬ ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ММ)	M= 2.50	
- МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75	
- СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ	ST= 7.	
- УГОЛ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ (ГРАД)	ALFTW= 20.00	
- УГОЛ НАКЛОНА ЗУБА (ГРАД)	BET= .00	
- КОЕФИЦИЕНТ ШИРИНЫ ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА В ДОЛЯХ МЕЖОСЕВОГО РАСТОЯНИЯ	PSIBA= .20	
КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (МПА):		
РАСЧЕТНОЕ (В ПОЛЮСЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ)	SGH= 462.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ)	SGHD= 492.	
РАСЧЕТНОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHM= 686.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHMD= 1456.	
- ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ НА ВАЛАХ 1 И 2 (Н*М):	TVL1= 104.09	TVL2= 28.65
- ОКРУЖНАЯ СИЛА (Н)	FT= 1092.	
- ОСЕВАЯ СИЛА (Н)	FA= 0.	
- РАДИАЛЬНАЯ СИЛА ЗАЦЕПЛЕНИЯ (Н)	FR= 397.	
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ		
	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
- ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	74.	21.
- КОЭФ. СМЕЩЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА (ММ)	.00	.00
- НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	185.00	52.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВЕРШИНЫ ЗУБЬЕВ (ММ)	190.00	57.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВПАДИН (ММ)	178.75	46.25
- ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	26.00	25.00
- ДЛИНА ОБЩЕЙ НОРМАЛИ (ММ)	65.32	19.19
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	73.	85.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	267.	267.
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	162.	188.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	685.	685.

Рисунок А.1 – Розрахунок першої пари для гітари коліс

ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

1. МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75	
2. МОДУЛЬ (ММ)	M= 2.50	
3. ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО	U= 0.36	
4. КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHM= 685.	
5. ДОПУСТИМОЕ КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHMD= 1456.	

	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
6. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	70.	25.
7. НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	185.00	52.50
8. ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	26.00	25.00
9. НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)	162.	188.
10. ДОПУСТИМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗГИБА ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ (МПА)	685.	685.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

- ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО ПЕРЕДАЧИ	U= 0.36	
- МОДУЛЬ ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ММ)	M= 2.50	
- МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75	
- СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ	ST= 7.	
- УГОЛ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ (ГРАД)	ALFTW= 20.00	
- УГОЛ НАКЛОНА ЗУБА (ГРАД)	BET= .00	
- КОЭФИЦИЕНТ ШИРИНЫ ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА В ДОЛЯХ МЕЖОСЕВОГО РАСТОЯНИЯ	PSIBA= .20	
КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (МПА):		
РАСЧЕТНОЕ (В ПОЛЮСЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ)	SGH= 462.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ)	SGHD= 492.	
РАСЧЕТНОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHM= 685.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHMD= 1456.	
- ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ НА ВАЛАХ 1 И 2 (Н*М):	TVL1= 110.35	TVL2= 38.23
- ОКРУЖНАЯ СИЛА (Н)	FT= 1223.	
- ОСЕВАЯ СИЛА (Н)	FA= 0.	
- РАДИАЛЬНАЯ СИЛА ЗАЦЕПЛЕНИЯ (Н)	FR= 445.	

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
- ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	70.	25.
- КОЭФ. СМЕЩЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА (ММ)	.00	.00
- НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	175.00	62.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВЕРШИНЫ ЗУБЬЕВ (ММ)	180.00	67.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВПАДИН (ММ)	168.75	56.25
- ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	26.00	25.00
- ДЛИНА ОБЩЕЙ НОРМАЛИ (ММ)	57.80	19.33
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	85.	95.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	267.	267.
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	187.	209.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	685.	685.

Рисунок А.2 – Розрахунок другої пари для гітари коліс

ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

1. МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75	
2. МОДУЛЬ (ММ)	M= 2.50	
3. ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО	U= 0.44	
4. КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHM= 685.	
5. ДОПУСТИМОЕ КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHMD= 1456.	
	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
6. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	66.	29.
7. НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	165.00	72.50
8. ШИРИНА ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА (ММ)	26.00	25.00
9. НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)	211.	230.
10. ДОПУСТИМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗГИБА ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ (МПА)	685.	685.
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ		
- ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО ПЕРЕДАЧИ	U= 0.44	
- МОДУЛЬ ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ММ)	M= 2.50	
- МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75	
- СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ	ST= 7.	
- УГОЛ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ (ГРАД)	ALFTW= 20.00	
- УГОЛ НАКЛОНА ЗУБА (ГРАД)	BET= .00	
- КОЭФИЦИЕНТ ШИРИНЫ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА В ДОЛЯХ МЕЖОСЕВОГО РАСТОЯНИЯ	PSIBA= .20	
КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (МПА):		
РАСЧЕТНОЕ (В ПОЛЮСЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ)	SGH= 462.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ)	SGHD= 492.	
РАСЧЕТНОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHM= 685.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHMD= 1456.	
- ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ НА ВАЛАХ 1 И 2 (Н*М):	TVL1= 112.36	TVL2= 47.89
- ОКРУЖНАЯ СИЛА (Н)	FT= 1321.	
- ОСЕВАЯ СИЛА (Н)	FA= 0.	
- РАДИАЛЬНАЯ СИЛА ЗАЦЕПЛЕНИЯ (Н)	FR= 481.	
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ		
	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
- ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	66.	29.
- КОЭФ. СМЕЩЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА (ММ)	.00	.00
- НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	165.00	72.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВЕРШИНЫ ЗУБЬЕВ (ММ)	170.00	77.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВПАДИН (ММ)	158.75	66.25
- ШИРИНА ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА (ММ)	26.00	25.00
- ДЛИНА ОБЩЕЙ НОРМАЛИ (ММ)	57.80	26.85
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ИЛИ ПРИ ИЗГИБЕ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	96.	105.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	267.	267.
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	211.	230.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	685.	685.

Рисунок А.3 – Розрахунок третьої пари для гітари коліс

ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

1. МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75	
2. МОДУЛЬ (ММ)	M= 2.50	
3. ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО	U= 0.56	
4. КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHM= 685.	
5. ДОПУСТИМОЕ КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHMD= 1456.	
	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
6. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	61.	34.
7. НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	152.50	85.00
8. ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	26.00	25.00
9. НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)	236.	252.
10. ДОПУСТИМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗГИБА ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ (МПА)	685.	685.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

- ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО ПЕРЕДАЧИ	U= 0.56	
- МОДУЛЬ ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ММ)	M= 2.50	
- МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75	
- СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ	ST= 7.	
- УГОЛ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ (ГРАД)	ALFTW= 20.00	
- УГОЛ НАКЛОНА ЗУБА (ГРАД)	BET= .00	
- КОЭФИЦИЕНТ ШИРИНЫ ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА В ДОЛЯХ МЕЖОСЕВОГО РАСТОЯНИЯ	PSIBA= .20	
КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (МПА):		
РАСЧЕТНОЕ (В ПОЛЮСЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ)	SGH= 461.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ)	SGHD= 492.	
РАСЧЕТНОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHM= 684.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHMD= 1456.	
- ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ НА ВАЛАХ 1 И 2 (Н*М):	TVL1= 110.77	TVL2= 59.89
- ОКРУЖНАЯ СИЛА (Н)	FT= 1409.	
- ОСЕВАЯ СИЛА (Н)	FA= 0.	
- РАДИАЛЬНАЯ СИЛА ЗАЦЕПЛЕНИЯ (Н)	FR= 513.	

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
- ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	61.	34.
- КОЭФ. СМЕЩЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА (ММ)	.00	.00
- НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	152.50	85.00
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВЕРШИНЫ ЗУБЬЕВ (ММ)	157.50	90.00
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВПАДИН (ММ)	146.25	78.75
- ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	26.00	25.00
- ДЛИНА ОБЩЕЙ НОРМАЛИ (ММ)	50.11	27.02
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	107.	115.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	267.	267.
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	236.	252.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	685.	685.

Рисунок А.4– Розрахунок четвертої пари для гітари коліс

ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

1. МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75	
2. МОДУЛЬ (ММ)	M= 2.50	
3. ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО	U= 0.70	
4. КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHM= 683.	
5. ДОПУСТИМОЕ КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHMD= 1456.	
	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
6. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	56	39.
7. НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	140.00	97.50
8. ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	25.00	25.00
9. НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)	258.	273.
10. ДОПУСТИМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗГИБА ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ (МПА)	685.	685.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

- ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО ПЕРЕДАЧИ	U= 0.70	
- МОДУЛЬ ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ММ)	M= 2.50	
- МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75	
- СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ	ST= 7.	
- УГОЛ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ (ГРАД)	ALFTW= 20.00	
- УГОЛ НАКЛОНА ЗУБА (ГРАД)	BET= .00	
- КОЭФИЦИЕНТ ШИРИНЫ ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА В ДОЛЯХ МЕЖОСЕВОГО РАСТОЯНИЯ	PSIBA= .20	
КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (МПА):		
РАСЧЕТНОЕ (В ПОЛОСЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ)	SGH= 461.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ)	SGHD= 492.	
РАСЧЕТНОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHM= 683.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHMD= 1456.	
- ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ НА ВАЛАХ 1 И 2 (Н*М):	TVL1= 104.25	TVL2= 70.42
- ОКРУЖНАЯ СИЛА (Н)	FT= 1445.	
- ОСЕВАЯ СИЛА (Н)	FA= 0.	
- РАДИАЛЬНАЯ СИЛА ЗАЦЕПЛЕНИЯ (Н)	FR= 526.	

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
- ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	56.	39.
- КОЭФ. СМЕЩЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА (ММ)	.00	.00
- НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	140.00	97.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВЕРШИНЫ ЗУБЬЕВ (ММ)	145.00	102.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВПАДИН (ММ)	133.75	91.25
- ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	25.00	25.00
- ДЛИНА ОБЩЕЙ НОРМАЛИ (ММ)	49.93	34.58
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	117.	124.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	257.	267.
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	258.	273.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	685.	685.

Рисунок А.5 – Розрахунок п'ятої пари для гітари коліс

ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

1. МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75	
2. МОДУЛЬ (ММ)	M= 2.50	
3. ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО	U= 1.11	
4. КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHM= 681.	
5. ДОПУСТИМОЕ КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHMD= 1456.	
	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
6. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	45.	50.
7. НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	112.50	125.00
8. ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	26.00	25.00
9. НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)	297.	307.
10. ДОПУСТИМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗГИБА ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ (МПА)	685.	685.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

- ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО ПЕРЕДАЧИ	U= 1.11	
- МОДУЛЬ ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ММ)	M= 2.50	
- МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75	
- СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ	ST= 7.	
- УГОЛ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ (ГРАД)	ALFTW= 20.00	
- УГОЛ НАКЛОНА ЗУБА (ГРАД)	BET= .00	
- КОЭФИЦИЕНТ ШИРИНЫ ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА В ДОЛЯХ МЕЖОСЕВОГО РАСТОЯНИЯ	PSIBA= .20	
КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (МПА):		
РАСЧЕТНОЕ (В ПОЛЮСЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ)	SGH= 459.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ)	SGHD= 492.	
РАСЧЕТНОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHM= 681.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHMD= 1456.	
- ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ НА ВАЛАХ 1 И 2 (Н*М):	TVL1= 78.68	TVL2= 84.80
- ОКРУЖНАЯ СИЛА (Н)	FT= 1357.	
- ОСЕВАЯ СИЛА (Н)	FA= 0.	
- РАДИАЛЬНАЯ СИЛА ЗАЦЕПЛЕНИЯ (Н)	FR= 494.	

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
- ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	45.	50.
- КОЭФ. СМЕЩЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА (ММ)	.00	.00
- НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	112.50	125.00
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВЕРШИНЫ ЗУБЬЕВ (ММ)	117.50	130.00
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВПАДИН (ММ)	106.25	118.75
- ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	26.00	25.00
- ДЛИНА ОБЩЕЙ НОРМАЛИ (ММ)	42.17	42.34
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	135.	140.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	267.	267.
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	297.	307.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	685.	685.

Рисунок А.6 – Розрахунок шостої пари для гітари коліс

Результати автоматизованого розрахунку III ступені (проведено з використанням програми «DM»)

6.3. Автоматизований розрахунок III ступені

ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ			
1. МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)		AW= 118.75	
2. МОДУЛЬ (ММ)		M= 2.50	
3. ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО		U= 0.90	
4. КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)		SGHM= 682.	
5. ДОПУСТИМОЕ КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)		SGHMD= 1456.	
		ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
6. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ		50.	45.
7. НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)		125.00	112.50
8. ШИРИНА ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА (ММ)		26.00	25.00
9. НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)		279.	292.
10. ДОПУСТИМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗГИБА ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ (МПА)		685.	685.
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ			
- ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО ПЕРЕДАЧИ		U= 0.90	
- МОДУЛЬ ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ММ)		M= 2.50	
- МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)		AW= 118.75	
- СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ		ST= 7.	
- УГОЛ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ (ГРАД)		ALFTW= 20.00	
- УГОЛ НАКЛОНА ЗУБА (ГРАД)		BET= .00	
- КОЕФИЦИЕНТ ШИРИНЫ ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА В ДОЛЯХ МЕЖОСЕВОГО РАСТОЯНИЯ		PSIBA= .20	
КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (МПА):			
РАСЧЕТНОЕ (В ПОЛЮСЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ)		SGH= 460.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ)		SGHD= 492.	
РАСЧЕТНОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)		SGHM= 682.	
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)		SGHMD= 1456.	
- ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ НА ВАЛАХ 1 И 2 (Н*М):	TVL1= 92.30	TVL2= 80.58	
- ОКРУЖНАЯ СИЛА (Н)		FT= 1433.	
- ОСЕВАЯ СИЛА (Н)		FA= 0.	
- РАДИАЛЬНАЯ СИЛА ЗАЦЕПЛЕНИЯ (Н)		FR= 521.	
РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ			
		ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
- ЧИСЛО ЗУБЬЕВ		50.	45.
- КОЭФ. СМЕЩЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА (ММ)		.00	.00
- НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)		125.00	112.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВЕРШИНЫ ЗУБЬЕВ (ММ)		130.00	117.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВПАДИН (ММ)		118.75	106.25
- ШИРИНА ЗУБЧАТОГО ВЕНЦА (ММ)		26.00	25.00
- ДЛИНА ОБЩЕЙ НОРМАЛИ (ММ)		42.34	42.17
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ (МПА)			
----- РАСЧЕТНОЕ		127.	133.
----- ДОПУСКАЕМОЕ		267.	267.
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)			
----- РАСЧЕТНОЕ		279.	292.
----- ДОПУСКАЕМОЕ		685.	685.

Рисунок Б.1 – Розрахунок першої пари коліс для III ступені

ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ПРИГОДНОСТИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

1. МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75
2. МОДУЛЬ (ММ)	M= 2.50
3. ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО	U= 0.98
4. КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHM= 686.
5. ДОПУСТИМОЕ КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ (МПА)	SGHMD= 1456.

	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
6. ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	8.	47.
7. НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	120.00	117.50
8. ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	26.00	25.00
9. НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)	241.	251.
10. ДОПУСТИМОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ИЗГИБА ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ (МПА)	685.	685.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

- ПЕРЕДАТОЧНОЕ ЧИСЛО ПЕРЕДАЧИ	U= 0.98
- МОДУЛЬ ЗАЦЕПЛЕНИЯ (ММ)	M= 2.50
- МЕЖОСЕВОЕ РАСТОЯНИЕ ПЕРЕДАЧИ (ММ)	AW= 118.75
- СТЕПЕНЬ ТОЧНОСТИ	ST= 7.
- УГОЛ ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧИ (ГРАД)	ALFTW= 20.00
- УГОЛ НАКЛОНА ЗУБА (ГРАД)	BET= .00
- КОЭФИЦИЕНТ ШИРИНЫ ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА В ДОЛЯХ МЕЖОСЕВОГО РАСТОЯНИЯ	PSIBA= .20
КОНТАКТНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ (МПА):	
РАСЧЕТНОЕ (В ПОЛЮСЕ ЗАЦЕПЛЕНИЯ)	SGH= 462.
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ)	SGHD= 492.
РАСЧЕТНОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHM= 682.
ДОПУСКАЕМОЕ (ПРИ ДЕЙСТВИИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКИ)	SGHMD= 1456.
- ВРАЩАЮЩИЙ МОМЕНТ НА ВАЛАХ 1 И 2 (Н*М):	TVL1= 100.61 TVL2= 95.56
- ОКРУЖНАЯ СИЛА (Н)	FT= 1627.
- ОСЕВАЯ СИЛА (Н)	FA= 0.
- РАДИАЛЬНАЯ СИЛА ЗАЦЕПЛЕНИЯ (Н)	FR= 592.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЗУБЧАСТОЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

	ШЕСТЕРНЯ	КОЛЕСО
- ЧИСЛО ЗУБЬЕВ	48.	47.
- КОЭФ. СМЕЩЕНИЯ ИСХОДНОГО КОНТУРА (ММ)	.00	.00
- НАЧАЛЬНЫЙ ДИАМЕТР (ММ)	120.00	117.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВЕРШИНЫ ЗУБЬЕВ (ММ)	125.00	122.50
- ДИАМЕТР ОКРУЖНОСТИ ВПАДИН (ММ)	113.75	111.25
- ШИРИНА ЗУБЧАСТОГО ВЕНЦА (ММ)	26.00	25.00
- ДЛИНА ОБЩЕЙ НОРМАЛИ (ММ)	42.27	42.24
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ РАСЧЕТЕ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	110.	114.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	267.	267.
- НАПРЯЖЕНИЕ ПРИ ИЗГИБЕ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ (МПА)		
----- РАСЧЕТНОЕ	241.	251.
----- ДОПУСКАЕМОЕ	685.	685.

Рисунок Б.2 – Розрахунок другої пари коліс для III ступені

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ДР 18-197.05.00.000 СК	<u>Складальне креслення</u>	1	
				<u>Деталі</u>		
		1	ДР 18-197.05.00.001	Корпус	1	
		2	ДР 18-197.05.00.002	Кронштейн	1	
		3	ДР 18-197.05.00.003	Кронштейн		
		4	ДР 18-197.05.00.004	<u>Вал</u>		
		5	ДР 18-197.05.00.005	<u>Вал</u>		
		6	ДР 18-197.05.00.006	<u>Вал</u>	1	
		7	ДР 18-197.05.00.007	<u>Вал</u>	1	
		8	ДР 18-197.05.00.008	<u>Вал</u>	1	
		9	ДР 18-197.05.00.009	Колесо зубчате	1	
		10	ДР 18-197.05.00.010	Колесо зубчате	1	
		11	ДР 18-197.05.00.011	Колесо зубчате	1	
		12	ДР 18-197.05.00.012	Колесо зубчате	1	
		13	ДР 18-197.05.00.013	Колесо зубчате	1	
		14	ДР 18-197.05.00.014	Колесо зубчате	1	
		15	ДР 18-197.05.00.015	Колесо зубчате	1	
		16	ДР 18-197.05.00.016	Колесо зубчате	1	
		17	ДР 18-197.05.00.017	Колесо зубчате	1	
		28	ДР 18-197.05.00.018	Колесо зубчате	1	
		19	ДР 18-197.05.00.019	Колесо зубчате	1	
		20	ДР 18-197.05.00.020	Колесо зубчате	1	
		21	ДР 18-197.05.00.021	Колесо зубчате	1	
			<i>ДР 18-197.05.00.000 СК</i>			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.		Губич І.В.			Автоматична коробка швидкостей	Літера Аркуш Аркушів ТНТУ імені І.Пулюя каф.ВІ, гр. МВм-61
Перев.		Скляров Р.А				
Реценз.		Паливода Ю.С.				
Нормокон.		Ярема І.Т.				
Затв.		Кобельник В.Р.				

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть	Примітка
		22	ДР 18-197.05.00.022	Колесо зубчате	1	
		23	ДР 18-197.05.00.023	Колесо зубчате	1	
		24	ДР 18-197.05.00.024	Кришка	1	
		25	ДР 18-197.05.00.025	Кришка	1	
		26	ДР 18-197.05.00.026	Кришка	1	
		27	ДР 18-197.05.00.027	Кришка	1	
		28	ДР 18-197.05.00.028	Кришка	1	
		29	ДР 18-197.05.00.029	Кришка	1	
		30	ДР 18-197.05.00.030	Кришка	1	
		31	ДР 18-197.05.00.031	Диск	1	
		32	ДР 18-197.05.00.032	Фіксатор	6	
		33	ДР 18-197.05.00.033	Фіксатор	1	
		34	ДР 18-197.05.00.034	Втулка	1	
		35	ДР 18-197.05.00.035	Втулка	1	
		36	ДР 18-197.05.00.036	Втулка	1	
		37	ДР 18-197.05.00.037	Втулка	1	
		38	ДР 18-197.05.00.038	Втулка	1	
		39	ДР 18-197.05.00.039	Втулка	1	
		40	ДР 18-197.05.00.040	Втулка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				<u>Болт ГОСТ 7805-70</u>		
		41		M10×16.58	16	
		42		M10×20.58	12	
		43		M10×25.58	14	
		44		M12×1625.58	10	
		45		Гайка M12×1,6.H.8.05	2	
				ГОСТ 11871-73		
		46		Гвинт M6×1,6g×25	2	
				ГОСТ 1419-72		
						Арк.
						2
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДР 18-197.05.00.000 СК	

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			ДР 18-197.06.00.000 СК	<u>Складальне креслення</u>	1	
				<u>Деталі</u>		
		1	ДР 18-197.06.00.001	Корпус	1	
		2	ДР 18-197.06.00.002	Плита установочна	1	
		3	ДР 18-197.06.00.003	Вал приводу		
		4	ДР 18-197.06.00.004	<u>Вал фрези</u>		
		5	ДР 18-197.06.00.005	Черв'ячне колесо		
		6	ДР 18-197.06.00.006	Втулка манжетна	1	
		7	ДР 18-197.06.00.007	Муфта	1	
		8	ДР 18-197.06.00.008	Втулка	2	
		9	ДР 18-197.06.00.009	Втулка	1	
		10	ДР 18-197.06.00.010	Втулка розпірна	1	
		11	ДР 18-197.06.00.011	Втулка	1	
		12	ДР 18-197.06.00.012	Кришка	1	
		13	ДР 18-197.06.00.013	Кришка манжетна	1	
		14	ДР 18-197.06.00.014	Кришка	1	
		15	ДР 18-197.06.00.015	Гайка	1	
		16	ДР 18-197.06.00.016	Штуцер	1	
		17	ДР 18-197.06.00.017	Шайба затискна	1	
		28	ДР 18-197.06.00.018	Втулка упорна	1	
		19	ДР 18-197.06.00.019	Втулка	1	
		20	ДР 18-197.06.00.020	Прокладка	1	

ДР 18-197.06.00.000 СК

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Губич І.В.			Відрізний пристрій верстату	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.		Скляров Р.А					1	3
Реценз.		Паливода Ю.Є.				ТНТУ імені І.Пулюя гр. МВм-61		
Нормок.		Ярема І.Т.						
Затв.		Кобельник В.Р.						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть	Примітка	
				Стандартні вироби			
		21		Болт М10×30.58			
				ГОСТ 7805-70	4		
				Болт ГОСТ 17475-72			
		22		М10×30.36	2		
		23		М8×25.36	8		
		24		Гайка М36×1.5			
				ГОСТ 11871-66	1		
		25		Гайка М30×1.5			
				ГОСТ 12485-68	2		
		26		Гайка М10×1.5			
				ГОСТ 15526-70	2		
		27		Гвинт М6×1×25.6g58.01			
				ГОСТ 10976-64	2		
		28		Гвинт М5×0.75×25.6g58.01			
				ГОСТ10976-64	5		
		29		Електродвигун А02-11-2			
				ГОСТ 13859-68	1		
		30		Манжета 1-2-18			
				ГОСТ 8752-61	1		
		31		Манжета 1-2 -30			
				ГОСТ 8752-61	1		
				Підшипник ГОСТ 333-71			
		32		7206	2		
		33		7205	1		
		34		7204	1		
				Шайба ГОСТ 6402-70			
		36		12.65.02	8		
		37		10.36.05	4		
				ДР 18-197.06.00.000 СК			Арк. 2
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	К-сть	Примітка
		38		Фреза відрізна		
				ГОСТ 2679-73	1	
		39		Шпонка 8×7×35		
				ГОСТ 8789-69	1	
		40		Шпонка 10×7×30		
				ГОСТ 8789-69	1	
		41		Шпонка 8×7×35		
				ГОСТ 8789-69	1	
		42		Штифт установочний М4×0.75		
				ГОСТ 1476-64	1	
		43		Трубка		
				ГОСТ 6425-74	4	
						Арк.
						3
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	<i>ДР 18-197.06.00.000 СК</i>	