

**Міністерство освіти і науки України**  
**Луцький національний технічний університет**  
**Факультет транспорту та механічної інженерії**  
**Кафедра галузевого машинобудування**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТА ДЛЯ ОБРІЗУВАННЯ**  
**КРОМОК НА ДЕТАЛЯХ ТИПУ ТІЛ ОБЕРТАННЯ**

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи М-41  
**Данилюк Павло Віталійович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
**Селезньов Дмитро Едуардович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
к.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
**Пуць Віталій Степанович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії  
Кафедра галузевого машинобудування  
Ступінь вищої освіти: бакалавр  
Галузь знань: 13 Механічна інженерія  
Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування  
Освітня програма: «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

Пуць Віталій Степанович

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Данилюк Павло Віталійович*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Проектування верстата для обрізування кромки на деталях типу тіл обертання*

Керівник роботи: Селезньов Д.Е.

затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» березня 2025 р. № 163/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «14» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи базові креслення устаткування, технічна характеристика, технічні умови.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

*Анотація Зміст Вступ. 1 Оглядова частина. 2 Проектна частина*

*3 Рекомендації з експлуатації обладнання. Висновки. Список використаних джерел. Додатки*

5. Перелік графічного матеріалу:

*1. Верстат кромкообрізний Вид загальний – 3 л. ф. А1;*

*2. Вузол обрізання Складальний кресленик – 1 л. ф. А1;*

*3. Редуктор Складальний кресленик – 2 л. ф. А1;*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Селезньов Д.Е., доцент		
Розділ 2	Селезньов Д.Е., доцент		
Розділ 3	Селезньов Д.Е., доцент		

7. Дата видачі завдання «19» березня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми. Вступ.</i>	<i>29.03.2025 р.</i>	
2.	<i>1 Оглядова частина</i>	<i>15.04.2025 р.</i>	
3.	<i>2 Проектна частина</i>	<i>10.05.2025 р.</i>	
4.	<i>3 Рекомендації з експлуатації обладнання</i>	<i>24.05.2025 р.</i>	
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>28.05.2025 р.</i>	
6.	<i>Формування додатків</i>	<i>01.06.2025 р.</i>	
7.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
8.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>04.06.2025 р.</i>	
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>14.06.2025 р.</i>	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )  
(підпис) (прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Данилюк П.В. Проектування верстата для обрізування кромки на деталях типу тіл обертання. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, оглядової частини, проектної частини, розділу рекомендацій з експлуатації обладнання, висновків, списку використаних джерел, додатків.

В роботі було проведено огляд пристроїв для обрізування кромки на тілах обертання, та описано конструкцію та принцип роботи кромкообрізного верстата. Також проведено розрахунок зусилля пристрою для затискання деталей, та розраховано клинопасову передачу та редуктор верстата. В розділі " Рекомендації з експлуатації обладнання " проаналізовано характеристику пристрою з точки зору техніки безпеки при експлуатації устаткування та, умов праці на ділянці під час роботи з обладнанням. Розроблені заходи по покращанню умов праці на ділянці, особлива увага приділена екологічності, щоб забезпечити чисте виробниче середовище для верстата, була обрана та встановлена відповідна система вентиляції.

Ключові слова: ВЕРСТАТ, КРОМКА, ТІЛА ОБЕРТАННЯ, КЛИНОПАСОВА ПЕРЕДАЧА, РЕДУКТОР, ВИТЯЖНА ВЕНТИЛЯЦІЯ.

					<i>КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Данилюк П.В.</i>			<i>Проектування верстата для обрізування кромки на деталях типу тіл обертання</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірив</i>		<i>Селезньов Д.Е.</i>					3	48
<i>Н. Контр.</i>		<i>Мартинюк В.Л.</i>				<i>ЛНТУ, ФТМІ</i>		
<i>Затвердив</i>		<i>Піць В.С.</i>				<i>каф. ГМ, гр. ГМ-41</i>		

## ANNOTATION

Danylyuk P.V. Design of a machine for trimming edges on rotational bodytype parts. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Industrial Mechanical Engineering" specialty 133 Industrial Mechanical Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, an overview part, a project part, a section of equipment operation recommendations, conclusions, a list of used sources, and appendices.

The work reviewed devices for cutting edges on bodies of rotation, and described the design and principle of operation of the edge cutting machine. Also, the force of the device for clamping parts was calculated, and the V-belt transmission and reducer of the machine were calculated. In the section "Recommendations for the operation of equipment" the characteristics of the device were analyzed from the point of view of safety during the operation of the equipment and working conditions at the site while working with the equipment. Measures were developed to improve working conditions at the site, special attention was paid to environmental friendliness, in order to ensure a clean production environment for the machine, an appropriate ventilation system was selected and installed.

Key words: MACHINE, EDGE, ROTATING BODIES, V-BELT TRANSMISSION, REDUCER, EXHAUST VENTILATION.

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

<b>АНОТАЦІЯ</b> .....	3
<b>ЗМІСТ</b> .....	5
<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА</b> .....	8
1.1 Огляд пристроїв для обрізування кромки на тілах обертання.....	8
1.2 Опис конструкції та принципу роботи кромкообрізного верстата.....	11
<b>2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА</b> .....	15
2.1 Розрахунок зусилля пристрою для затискання деталей.....	15
2.2 Розрахунок клинопасової передачі.....	17
2.3 Розрахунок редуктора верстата.....	20
<b>3 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ</b> .....	38
3.1 Безпека під час експлуатації обладнання.....	38
3.2 Загальні вимоги безпеки під час експлуатації.....	40
3.3 Екологічність проекту.....	43
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	45
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	47
<b>ДОДАТКИ</b> .....	48

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Сучасний етап розвитку машинобудування характеризується підвищенням економічних та науково-технічних вимог до виробництва. На місце, зокрема вимог до виробництва, у умовах ринкової економіки, став висуватися економічний чинник, тобто. виробництво продукції, для збереження конкурентоспроможності, має здійснюватися з максимально раціональним використанням різних видів ресурсів, а для цього потрібно скорочення невиробничих витрат, зниження матеріаломісткості та трудомісткості виробництва, поліпшення використання фінансових ресурсів та зниження терміну окупності інвестицій. Проведення всіх вищевикладених заходів має впливати на якість виробленої продукції, а навпаки, вимога конкурентоспроможності виробництва ставить завдання підвищення якості своєї продукції, збільшення асортименту за одночасного зниження її собівартості. Специфіка сучасних завдань виробництва визначається ще й тим, що потрібне скорочення термінів оновлення виробничої номенклатури, збільшення її складності, підвищення стабільності основних параметрів машин та їхньої надійності.

Реальним рішенням комплексу поставлених завдань може бути лише підвищення автоматизації виробництва та використання більш сучасних технологій та обладнання.

У сучасному машинобудуванні та інших технічних галузях виробництва значна частка деталей має форму тіл обертання. Це труби, вали, втулки, фланці, кільця та інші елементи, які широко використовуються в усіх галузях промисловості. В галузі машинобудування, в процесі виготовлення готової продукції одним з важливих етапів обробки матеріалів є формування фасок або зняття кромки. У цьому контексті проектування спеціалізованих пристроїв для обрізування кромки таких деталей є доцільним з технічних, економічних і технологічних причин.

Конструкція кромкообрізного верстата та типові зразки продукції сучасного машинобудівного виробництва включені в даний проект.

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Даний проект є спробою розробити сучасну конструкцію спеціального верстата, що дозволяє з великою продуктивністю та якістю робити обрізку кромки на деталях типу тіл обертання.

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

### 1.1 Огляд пристроїв для обрізування кромки на тілах обертання

Обрізування кромки труб є важливим етапом у процесі підготовки труб до зварювання, монтажу або експлуатації. Незалежно від матеріалу труби — металеві, пластикові чи композитні — правильно оброблена кромка забезпечує якісне з'єднання, зменшує ризики пошкодження ізоляції або ущільнень і сприяє тривалій та надійній роботі трубопроводу. Існує велика кількість пристроїв для обробки торців труб, які розрізняються за принципом дії, джерелом живлення, типом конструкції та призначенням. У цьому огляді розглянемо основні типи таких пристроїв, їхні характеристики, переваги та сфери застосування.

#### 1. Ручні фаскознімачі

Ручні фаскознімачі — це прості інструменти, які не потребують підключення до джерел енергії. Вони застосовуються переважно для обробки пластикових, мідних або алюмінієвих труб невеликого діаметра.

Переваги:

- Компактність і мобільність;
- Дешевизна;
- Простота використання;
- Можливість роботи у важкодоступних місцях.

Недоліки:

- Обмежена продуктивність;
- Не підходять для твердих або великих труб;
- Залежність якості від навичок оператора.

Приклади:

- Rothenberger ROCUT — ручний пристрій для пластикових труб;
- Ridgid 223S — зручний інструмент для зняття фаски з мідних і сталевих труб діаметром до 60 мм.

#### 2. Електричні фаскознімачі

Електричні пристрої призначені для швидкого і точного зняття фаски з

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

металевих труб. Вони оснащені електродвигуном і, як правило, мають регульовану швидкість обертання.

Переваги:

- Висока точність і стабільна якість обробки;
- Швидкість роботи;
- Підходять для обробки сталевих труб.

Недоліки:

- Вища вартість;
- Потреба в електроживленні;
- Більші габарити.

Приклади:

- FEIN ABSS 18 1.6 AS — акумуляторний фаскознімач для труб з вуглецевої сталі;
- Trumpf TruTool TKF 700 — професійний інструмент для точного зняття фаски з труб та листового металу.

### 3. Пневматичні пристрої для обрізування кромки

Пневматичні фаскознімачі працюють від джерела стисненого повітря. Вони ефективні в умовах, де електрика недоступна або небажана, наприклад у вибухонебезпечних середовищах.

Переваги:

- Висока надійність;
- Безпечні в умовах підвищеної вологості або запиленості;
- Можливість тривалої безперервної роботи.

Недоліки:

- Необхідність компресора;
- Відносно високий рівень шуму;
- Витрати на обслуговування пневмосистеми.

Приклади:

- DWT VM-20 — пневматичний фаскознімач для труб великого діаметру;
- Esco Ground Millhog — професійний інструмент для обробки труб у

									КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
										9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

промислових умовах.

#### 4. Стаціонарні верстати для обробки кромок

Це великі, стаціонарні машини, які застосовуються переважно на підприємствах із серійним виробництвом труб. Вони забезпечують найвищу якість обробки.

Переваги:

- Максимальна точність;
- Можливість програмування параметрів обробки;
- Висока продуктивність;
- Підходять для товстостінних труб великого діаметра.

Недоліки:

- Висока ціна;
- Великі розміри;
- Необхідність навчання персоналу.

Приклади:

- Beveling Machine PROMOTECH BM-21 — універсальний верстат для фасок;
- TAG Pipe Cold Cutting & Bevelling Machines — промислові системи для труб великого діаметру (до 72").

#### 5. Автоматизовані системи обробки кромок

Ці системи інтегруються в автоматизовані лінії виробництва і дозволяють обробляти труби без втручання оператора. Зазвичай такі системи керуються за допомогою ПЛК або ЧПК (числове програмне керування).

Переваги:

- Висока швидкість і повторюваність;
- Мінімальне залучення людини;
- Підвищення безпеки виробництва.

Недоліки:

- Висока вартість придбання та обслуговування;
- Необхідність інтеграції в лінію.

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приклади:

- DWT Pipe Beveling Automation Line — автоматизовані рішення для нафтових і газових підприємств;
- PROTUM US25 — автоматичні машини з числовим програмним керуванням.

#### 6. Критерії вибору обладнання

При виборі пристрою для обрізування кромки на трубах необхідно враховувати такі параметри:

- Діаметр і товщина стінки труби;
- Матеріал труби (сталь, нержавійка, пластик тощо);
- Обсяг і інтенсивність робіт;
- Умови експлуатації (цех, відкритий майданчик, вибухонебезпечне середовище);
- Бюджет.

Отже, ринок пристроїв для обрізування кромки на трубах пропонує широкий вибір інструментів — від простих ручних фаскознімачів до складних автоматизованих систем. Оптимальний вибір залежить від конкретних умов експлуатації, типу матеріалу, обсягів обробки та бюджету. Для побутових або дрібносерійних завдань достатньо ручного або електричного пристрою. Для промислового використання — краще обрати пневматичні, верстатні або автоматизовані рішення, які забезпечать точну і надійну обробку торців труб. Також в умовах підприємств існує потреба в розробці сучасних вітчизняних пристроїв що будуть задовольняти потреби виробництва, і матимуть цінову конкуренцію.

### 1.2 Опис конструкції та принципу роботи кромкообрізного верстата

Призначення та конструкція машини. Цей спеціалізований напівавтоматичний верстат призначений для обрізання кромки тонкостінних труб розміром  $\varnothing 135.2 \times \varnothing 133.6$  Н 12,0  $\times$  55,0. Його ключова особливість — механізований пристрій для жорсткої фіксації деталі, що мінімізує деформацію під

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

час різання. Труба надійно закріплюється по зовнішній, внутрішній поверхнях та на торці її фланця. За притискні елементи відповідає пневмопривід.

Технічні характеристики та привід. Основний рух забезпечує стандартний електродвигун потужністю 1.50 - 2.0 кВт з частотою обертання 1 000-1 500 об /хв. Для зниження обертів спроектовано коробку передач з пасовою передачею, яка максимально використовує стандартні деталі. Швидкість обертання вихідної муфти коробки передач має бути в діапазоні 200,0- 300,0 об/хв.

#### Структура верстата

Верстат складається з:

- Станини – основи верстата.
- Приводу обрізного агрегату.
- Пневматичного циліндра.

На станині розташовані:

- Опори (8), по яких ковзає рухома планка (3).
- Різальний агрегат (1), що виконує обрізання.
- Коробка передач (2).
- Електродвигун (52).

Плита (18) з пневмоциліндром кріпиться зверху до стійок (5 ). Редуктор (2 ) з'єднаний з електродвигуном (52) клинопасовою передачею. Електродвигун встановлено на підмоторній плиті (10 ) та підключено до електрошафи (6 ), де також знаходиться станція підготовки повітря для очищення стисненого повітря.

На верхній плиті рами змонтовано різальний вузол ( 1), який складається з повзуна, що є опорою для поверхні отвору труби. Повзун встановлений на корпусі, що має спеціальну форму отвору, в якому встановлений трансмісійний вал, що спирається на вихідний вал. Зубчасте колесо, що спирається на вихідний вал, входить у зачеплення із зубчастим валом, який приводиться в обертання клиновим ременем від електродвигуна.

Механізм затиску та різання. До верхньої плити рами також прикріплені чотири циліндричні стійки (8), по яких на втулках переміщується пластина (3 ) з матрицею, що слугує для кріплення деталі до пуансона. Пластина ( 3) з'єднана зі

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

штоком пневмоциліндра (5), встановленого на плиті (18). Плита (18) закріплена у верхньому положенні на підставках (8).

Пневматичний циліндр з'єднаний трубопроводами з регулюючим клапаном В71-22 53 та станцією підготовки повітря. Стиснене повітря подається до машини через центральну систему цеху.

Принцип роботи. Деталь, показана, розміщується на барані. Поворотом ручки регулюючого клапана В 71-22 стиснене повітря (приблизно 6.30 атм.) подається у верхню порожнину пневмоциліндра. Шток з матрицею притискає заготовку до пуансона.

Вхідний вал коробки передач обертається постійно. Коли важіль перемикання передач знаходиться в положенні «вниз», важіль у коробці передач залишається нерухомим, а вихідний вал з роликом не обертається. У цьому положенні заготовку можна встановлювати та знімати. При піднятті ручки важіль під дією пружини повертається і входить в зачеплення з вхідним і вихідним валом (разом з роликом) коробки передач. Вал виходить з нейтрального положення і переміщує рухома частину ріжучого вузла, яка, рухаючись вперед і назад, обрізає метал.

При опусканні ручки в нижнє положення важіль фіксується. Вал з вихідним валом зупиняється в нейтральному положенні, а вхідний вал повертається в режим холостого ходу.

Обертання вхідного вала коробки передач здійснюється через ремінну передачу від асинхронного двигуна АІР 80 В Ч У 380 В; 50 Гц; ІМ 10 81 потужністю 1.5 кВт з постійною частотою обертання 1500 об/ хв.

#### Пневматична схема

Пневматична схема (рис. 2, додаток Б) включає:

- Впускний клапан.
- Фільтр-вогловіддільвач 21- 10- 40- У Х Л Ч.
- Запобіжний клапан 122- 12- У Х Л Ч.
- Маслорозпилювач 2- 10 УГ ЛЧ.
- Пневматичний циліндр.

										Арк.
										13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ					

Маслорозпилювач, запобіжний клапан і фільтр-вологовідділювач разом утворюють станцію підготовки повітря.

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунок зусилля пристрою для затискання деталей

Пристрій для фіксації деталей призначений для підтримання та кріплення трубчастой заготовки на торцювальному верстаті, його зображення представлено на (рис. 4.).

Цей пристрій включає обрізний вузол, який складається з пластини ( 1 ) з прикріпленим до неї пуансоном ( 2 ), що служить опорою для внутрішньої поверхні труби. Пластина ( 1 ) з пуансоном ( 2 ) встановлена на корпусі ( 7 ), який має ексцентричний отвір для ковзання ролика. Корпус кріпиться до основи, що розташована на верхній плиті верстата.

У верхній частині знаходиться плита ( 3 ), що складається з матриці ( 2 ), яка служить для фіксації та закріплення деталі на пуансоні, трьох зубчастих рейок ( 3 ) та чотирьох напрямних втулок, що переміщуються по зубчастих рейках ( 8 ) верстата. Пластина ( 3 ) з'єднана тягою зі штоком пневмоциліндра ( 5 ), який встановлений на пластині ( 18 ).

Труба з отвором діаметром 1 33. 6Н 12 насаджується на діаметр пуансона так, щоб її манжета впиралася в торець пуансона.

Шляхом обертання рукоятки регульовального клапана ( 53 ) стиснене повітря подається у верхню порожнину пневмоциліндра. Поршень разом зі штоком, а також пластиною ( 3 ) та матрицею ( 2 ) рухаються донизу. Поверхня отвору матриці опирається на зовнішній діаметр труби таким чином, що кінець канавки матриці впирається в кінець фланця труби, притискаючи її до пуансона та надійно фіксуючи.

Для забезпечення виконання необхідних вимог та умов під час різання кромки труби потрібно розрахувати зусилля пристрою та визначити величину початкового зусилля  $Q$ .

Початкова сила контакту  $Q$  визначається за формулою:

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q = 4 P_z \cdot K \frac{R}{(D + d) \cdot f'}$$

де  $K$  – запас міцності з урахуванням затуплення інструменту;  $K = 1,50$ ;

$f$  – коефіцієнт тертя між поверхнею матриці та заготовкою;  $f = 0,150$ ;

$R_e = 135,20$  мм;

$R_e = 133,60$  мм;

$P_z$  – сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{mp}$$

$C_p$  і показник степеня вибираються з таблиці 22, сторінка 273:

$C_p = 247,0$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 1,0$ ;  $n = 0$ ;

$t$  – глибина різання:  $t = 0,80$  мм;

$S$  – роликів подача:  $S_p = 0,20$  мм/рулон;

$V$  – швидкість різання:  $V = 25,0$  м/хв;

$K_{mp}$  – поправочний коефіцієнт сили різання для даного випадку;  $K_{mp} = K_{mp}$ ;

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_d}{750,0} \right)^n$$

$\sigma_s = 324,0$  МПа – міцність на розрив для сталі 0,80 КІ;

$N = 0,350$  – показник степеня [4];

$$K_{mp} = \left( \frac{324,0}{750,0} \right)^{0,35} = 0,740$$

$$P_z = 10 \cdot 247,0 \cdot 0,80^{1,0} \cdot 0,20^{1,0} \cdot 25,0^0 \cdot 0,74 = 292,0 \text{ Н}$$

$$Q = 4 \cdot 292,0 \cdot 1,50 \cdot \frac{67,60}{(135,20 + 133,60) \cdot 0,150} = 2938,0 \text{ Н}$$

Діаметр пневматичного циліндра :

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$Q = \frac{\pi \cdot D_y^2}{4,0} \cdot P$$

де P - тиск у пневмоциліндрі ; P = 0,60 МПа;

$$D_y = \sqrt{\frac{4,0 \cdot Q}{\pi \cdot P}}$$

$$D_y = \sqrt{\frac{4 \cdot 2\,938,0}{3,14 \cdot 6,0}} = 7,90 \text{ см} \approx 80,0 \text{ мм}$$

Із стандартного ряду чисел беремо діаметр пневмоциліндра рівним 80,0 мм, що забезпечує нормальні умови для різання кромки на деталі.

## 2.2 Розрахунок клинопасової передачі

Далі, окружна швидкість стрічки, м/с, за формулою:

$$\sigma = \frac{d_1 n_1}{19\,100}$$

Де  $d_1$  – розрахунковий діаметр меншого шківка, мм,  $n_1$  – швидкість обертання меншого шківка,  $\text{мин}^{-1}$ ,

$$\sigma = \frac{90,0 \cdot 1\,500}{19\,100} \approx 7,07 \text{ мс}^{-1}$$

Далі, передавальне число  $i$  визначається зі співвідношення:

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_1}{d_2}$$

де  $d_2$  – розрахунковий діаметр більшого шківa, мм,  $n_1$  – швидкість обертання більшого шківa,  $\text{мин}^{-1}$ ,

$$u = \frac{225,0}{90,0} = 2,50$$

Тепер, кут намотування ременя навколо малого шківa в градусах за формулою:

$$\alpha \approx 180 - 57 \frac{d_1 - d_2}{a}$$

при  $\alpha > 110,0^\circ$ ,

де  $a$  – відстань від центру, мм,

$$\alpha = 180 - 57 \frac{225,0 - 90,0}{240,0} \approx 150^\circ$$

Виберіть секцію смуги А.

Потужність передачі одного ременя в умовах експлуатації за формулою:

$$N_p = N_o \frac{C_a C_L}{C_p}$$

де  $N_o$  – номінальна потужність передачі однопасової, к Вт

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$C_a$  - коефіцієнт кута обгортання;

$C_L$  - коефіцієнт з урахуванням довжини ременя;

$C_p$  - коефіцієнт динаміки та режиму роботи,

$$N_p = 1,18 \frac{0,920 \cdot 0,890}{1,10} = 0,880 \text{ кВт}$$

Кількість ременів  $z$  в передачі, що забезпечують середній термін служби згідно з ГОСТ за формулою:

$$z = \frac{N}{N_p C_z}$$

де  $N$  – номінальна потужність, що передається на приводний вал, кВт;

$C_z$  - коефіцієнт, що враховує кількість пасів у трансмісії, вводиться при  $z \geq 2$ .

$$z = \frac{1,50}{0,880 \cdot 0,950} \approx 1,80 \text{ кВт}$$

Далі, розрахункову довжину ременя  $L_p$  в залежності від обраної колісної бази треба визначати за формулою:

$$L_p \approx 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 - d_2) + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4a};$$

Розрахункову довжину округлюють до найближчої стандартної розрахункової довжини стрічки за діючим ГОСТ.

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$L_p \approx 2 \cdot 240,0 + \frac{3,14}{2} (225,0 + 90,0) + \frac{(225,0 - 90,0)^2}{4 \cdot 240,0} \approx 993,50 \text{ мм}$$

Приймаємо  $L_p = 1000,0$  мм.

Потім визначаємо остаточну відстань від центру а за шаблоном:

$$a = 0,25 \left[ (L_p - W) + \sqrt{(L_p - W)^2 - 8y} \right],$$

Де

$$W = \pi \frac{d_1 + d_2}{2},$$

$$y = \left( \frac{d_2 - d_1}{2} \right)^2$$

$$W = 3,14 \frac{225,0 + 90,0}{2} = 494,60 \text{ мм}$$

$$y = \left( \frac{d_2 - d_1}{2} \right)^2 = 4556,250 \text{ мм}$$

$$a = 0,25 \left[ (1000,0 - 494,6) + \sqrt{(1000,0 - 494,6)^2 - 8 \cdot 4556,25} \right] = 243,30 \text{ мм.}$$

Отже, визначена відстань від центру становить 243,30 мм.

### 2.3 Розрахунок редуктора верстата

Необхідно провести розрахувати редуктор кромкообрізного верстата, кінематична схема якого наведена на (рис. 5, додаток Б).

Як зубчасте колесо найдоцільніше використовувати прямозубу шестерню.

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Кінематична схема редуктора:

Вихідні дані:

- електродвигун АІР 80 ВЧ У3;
- потужність  $N = 1,50$  кВт;
- частота обертання електродвигуна  $n = 1500,0$  об/хв;
- діаметр меншого шківa  $D_1 = 90,0$ ;
- діаметр меншого колеса  $D_2 = 225,0$  мм;
- коефіцієнт пояса  $u_1 = 2,50$ .

### 1 Визначення частоти обертання

Вкажіть передавальне число:

$$n = \frac{n_{дв}}{u};$$

Конструктивні положення тримера свідчать про те, що вихідна ланка редуктора повинна мати частоту обертання в діапазоні  $n = 200,0 - 300,0$  об/хв. Виходячи з цієї умови, складаємо рівняння:

$$u_2 = \frac{n_{дв}}{u_1 \cdot n_{вых}}$$

$$u_2 = \frac{1500,0}{2,50 \cdot 200,0} = 3,0$$

З рівняння встановлено, що передавальне число рівне  $u = 3$ .

Оскільки передатне число  $n = 3$  невелике, розробимо двоступінчасту коробку передач.

А отже тепер, визначаємо частоту обертання вхідного ( $n_1$ ) і вихідного ( $n_2$ ) валів коробки передач:

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$n_1 = \frac{n_{дв}}{u_1},$$

$$n_1 = \frac{1500,0}{2,50} = 600,0 \text{ хс}^{-1}$$

$$n_2 = \frac{n_1}{u_2},$$

$$n_2 = \frac{600,0}{3} = 200,0 \text{ хс}^{-1}$$

Знаючи визначене передавальне число, визначаємо число зубів у колесі і шестерні:

$$\frac{z_2}{z_1} = 3,$$

вирішити:

- від 1 = 20,0;
- з 2 = 60,0.

Для колеса та шестерні ми вибираємо одну марку сталі та одну термообробку:

- сталь 45 згідно діючого ГОСТ;
- Поверхнєве зміцнення Н F C 32 ...3 8 H R C e.

## 2 Визначення діаметра колеса та шестерні

Визначаємо приблизне значення початкового діаметра кола, мм:

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$d_w = K_d \sqrt[3]{\frac{T_{1H} \cdot K_{H\beta} \cdot (u+1)}{\Psi_{bd} \cdot \sigma_{HP}^2 \cdot u}}$$

де  $K_d$  допоміжний коефіцієнт для прямозубих передач:  $K_d = 770,0$

$T_{1H}$  - початкове розрахункове навантаження:

$$T_{1H} = \frac{9550 \cdot N_{эл} \cdot u_1}{n_{дв}}$$

$$T_{1H} = \frac{9550,0 \cdot 1,5 \cdot 2,5}{1500,0} = 23,90 \text{ Нм}$$

$K_{H\beta}$  - коефіцієнт, що враховує саме розподіл навантаження по ширині обода:

$$K_{H\beta} = 1,03$$

параметр  $\Psi_{bd}$  визначається так:

$$\Psi_{bd} = \frac{12}{z_1} = \frac{12,0}{20,0} = 0,60$$

$\sigma_{HP}$  - допустиме контактне напруження становить:

$$\sigma_{HP} = \frac{\sigma_{Hlim}}{S_H} \cdot Z_R \cdot Z_V \cdot K_{HL} \cdot K_{XH}$$

$\sigma_{Hlim}$  - позначає межу контактної міцності поверхні зуба:

$$\sigma_{Hlim} = 1,7 \cdot H_{HRC3} + 20$$

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$\sigma_{H\text{lim}} = 1,7 \cdot 36 + 20 = 81 \text{ кгс/мм}^2 \approx 810 \text{ МПа}$$

$S_H$  - коефіцієнт безпеки, для однорядних передач зі структурою матеріалу:

$$S_H = 1,10$$

$Z_R$  - коефіцієнт, що враховує шорсткість визначених взаємодіючих поверхонь зубів:

для  $R_a = 2,50$   $Z_R = 0,950$

$Z_V$  - коефіцієнт, що враховує окружну швидкість:  $Z_V = 1,0$

$K_{XH}$  - коефіцієнт, що враховує розмір шестерні:  $K_{XH} = 1,0$

$K_{HL}$  - визначає коефіцієнт довговічності;

$$K_{HL} = \sqrt[6]{\frac{N_{HO}}{N_{HE}}}$$

$N_{HO}$  - позначення базової кількості циклів напруги;

$$N_{HO} = 10,0 \cdot 10^6$$

$N_{HE}$  - еквівалентна кількість циклів напруги

$$N_{HE} = 24,0 \cdot 10^6$$

Якщо  $N_{HE} > N_{HO}$ , то  $K_{HL} = 1,0$ ;

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$\sigma_{HP} = \frac{81,0}{1,1} \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \approx 70,0 \text{ кгс/мм}^2 \approx 700,0 \text{ МПа}$$

$$d_{w1} = 770,0 \cdot \sqrt[3]{\frac{23,9 \cdot 1,03}{0,60 \cdot 700^{0,02}} \cdot \frac{(3+1)}{3,0}} = 65,60$$

3 Визначення значення модуля за формулою:

$$m = \frac{d_w}{z_1}$$

$$m = \frac{65,60}{20,0} = 3,280 \text{ мм}$$

Пояснимо значення модуля:

$$m = K_m \cdot \sqrt{\frac{T_{1F} \cdot K_{F\beta}}{Z_1^2 \cdot \Psi_{bd} \cdot \sigma_{FP1}} \cdot Y_{F1}};$$

де  $K_m$  позначає допоміжний коефіцієнт для прямозубих передач:  $K_m = 14,0$   
[ 1 ]);

$T_{1F}$  - початкове розрахункове навантаження становить:

$$T_{1F} = 23,90 \text{ Нм};$$

$K_{F\beta}$  - коефіцієнт, що враховує нерівномірний розподіл навантаження по ширині обода: при  $\Psi_{bd} = 0,30$ ;  $K_{F\beta} = 1,02$ ;

$Y_{F1}$  - позначає коефіцієнт, що враховує форму зуба:

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$Y_{F1} = 4,080;$$

$\sigma_{FP1}$  = допустима напруга згину;

$$\sigma_{FP1} = 0,4 \cdot \sigma_{Flimb}^0 \cdot K_{FL};$$

$\sigma_{Flimb}^0$  - базова межа міцності зубів;

$$\sigma_{Flimb}^0 = 0,18 \cdot HB;$$

$$\sigma_{Flimb}^0 = 0,180 \cdot 200,0 = 36,0 \text{ кгс/мм}^2 \approx 360,0 \text{ МПа},$$

$K_{FL}$  - коефіцієнт довговічності становить:  $K_{FL} = 1,0$ ;

$$\sigma_{FP1} = 0,40 \cdot 360,0 \cdot 1 = 144,0 \text{ МПа}.$$

$$m = 14,0 \cdot \sqrt{\frac{23,90 \cdot 1,02}{20^2 \cdot 0,30 \cdot 144,0}} \cdot 4,08 = 3,120 \text{ мм}$$

Приймаємо згідно ГОСТ9563- 60,0  $m = 3,0$  мм.

Пояснюємо значення початкового діаметра кола за формулою:

$$d_w = m \cdot z$$

$$d_w = 3,0 \cdot 20 = 60,0 \text{ мм}.$$

4 Розрахунок контактної міцності робочих поверхонь

Розрахункова контактна напруга в полосі з'єднання:

$$\sigma_H = Z_H \cdot Z_M \cdot Z_\epsilon \cdot \sqrt{\frac{w_{H1}}{d_{w1}} \cdot \frac{u+1}{u}} \leq \sigma_{HP},$$

де  $Z_H$  – коефіцієнт, що враховує форму взаємодіючих поверхонь зубів:

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$Z_H = 1,760;$$

$Z_M$  - позначає коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів, що взаємодіють з передачею:

для сталі  $Z_M = 86,90$ ;

$Z_\varepsilon$  - коефіцієнт, що враховує загальну довжину контактних ліній на кінці коефіцієнта перекриття  $\varepsilon_\alpha = 1,20$ :

$$Z_\varepsilon = 0,98;$$

$w_{H_1}$  - питома розрахункова окружна сила становить:

$$w_{H_1} = \frac{F_{Ht}}{b_w} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{HV}$$

$F_{Ht}$  - попередньо розрахована окружна сила:

$$F_{Ht} = \frac{2000 \cdot T_{1H}}{d_{w_1}} ;$$

$$F_{Ht} = \frac{2000,0 \cdot 23,90}{60,0} = 797,0 \text{ Н}$$

$b_w$  - ширина крони становить:

$$b_w = \psi_{bd} \cdot d_w ,$$

$$b_w = 0,60 \cdot 60,0 = 66,0 \text{ мм},$$

Приймаємо  $b_w = 40,0 \text{ мм}$ ;

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$K_{H\alpha}$  - коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами:

для прямозубих передач  $K_{H\alpha} = 1,0$ ;

$K_{H\beta}$  - коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині обода:

$$K_{H\beta} = 1,04;$$

$K_{HV}$  - коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження, що виникає в редукторі:

$$K_{HV} = 1 + V_H,$$

$V_H$  - динамічне додавання:

$$V_H = \frac{w_{HV} \cdot b_w \cdot d_{w1}}{2000 \cdot T_{1F} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta}},$$

$w_{HV}$  - питома окружна динамічна сила,

$$w_{HV} = \delta_H \cdot q_0 \cdot V \cdot \sqrt{\frac{a_w}{u}},$$

$\delta_H$  - коефіцієнт, що враховує вплив виникнення похибок сітки на динамічне навантаження:

$$\delta_H = 0,006;$$

$q_0$  - означає коефіцієнт, що враховує вплив різниці кроків між зубчастим колесом і колесом, і становить:

з модулем  $m = 3,0$  і ступенем точності 8  $q_0 = 5,60$ ;

$V$  - окружна швидкість:

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V = \frac{\pi \cdot d_w \cdot n_w}{60 \cdot 1000 \cdot u};$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 60,0 \cdot 600,0}{60,0 \cdot 1000,0 \cdot 3} = 0,750 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$a_w$  - відстань від центру:

$$a_w = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2}$$

$$a_w = \frac{3 \cdot (20,0 + 60,0)}{2} = 120,0 \text{ мм}$$

$$w_{HV} = 0,006 \cdot 5,60 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{\frac{120,0}{3}} = 0,160 \frac{\text{кгс}}{\text{мм}} = 1,60 \text{ Н/мм}$$

$$V_H = \frac{0,160 \cdot 40,0 \cdot 60,0}{2000 \cdot 2,390 \cdot 1,0 \cdot 1,04} = 0,080$$

$$K_{HV} = 1,0 + 0,08 = 1,08;$$

$$w_{H_1} = \frac{797,0}{40,0} \cdot 1 \cdot 1,04 \cdot 1,08 = 22,40 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$$

$$\sigma_H = 1,76 \cdot 86,90 \cdot 0,98 \cdot \sqrt{\frac{22,40}{60,0} \cdot \frac{3+1}{3}} = 106,0 \text{ МПа}$$

Отже, порівнюючи розрахункову контактну напругу в полюсі з'єднання  $\sigma_H = 106,0$  МПа та з допустимою контактною напругою  $\sigma_{HP} = 70,00$  МПа, яка є вищою ніж ( $\sigma_H < \sigma_{HP}$ ), тому умова міцності виконана.

#### 5 Розрахунок міцності зубів на вигин

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$\sigma_F = Y_F \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot \frac{w_{Ft}}{m} \leq \sigma_{FP} ;$$

де  $Y_F$  – коефіцієнт, що враховує форму зуба:

$$Y_F = 4,080;$$

$Y_\varepsilon$  – коефіцієнт, що враховує нахлест зубів:

$$Y_\varepsilon = 1,0;$$

$Y_\beta$  – коефіцієнт, що враховує нахил зубів для прямозубих коліс:

$$Y_\beta = 1,0;$$

$w_{Ft}$  – питома розрахункова окружна сила становить:

$$w_{Ft} = F_{Ft} \cdot \frac{K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{FV}}{b_w} ;$$

$K_{F\alpha}$  – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубами:

$$K_{F\alpha} = 1,0;$$

$K_{F\beta}$  – коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження по ширині ободу та становить:

$$K_{F\beta} = 1,050;$$

$K_{FV}$  – коефіцієнт, що враховує динамічне навантаження, що виникає в редукторі:

$$K_{FV} = 1 + \frac{w_{FV} \cdot b_w \cdot d_1}{F_{Ft} \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta}} ;$$

$w_{FV}$  – питома окружна динамічна сила:

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$w_{FV} = 1,60 \frac{H}{\text{мм}}$$

$$K_{FV} = 1 + \frac{0,16 \cdot 40,0 \cdot 60,0}{797,0 \cdot 1 \cdot 1,050} = 1,450$$

$$w_{Ft} = 797,0 \cdot \frac{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,45}{40} = 29,0 \text{ МПа}$$

$$\sigma_F = 4,08 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot \frac{29,0}{3} = 39,40 \text{ МПа}$$

Визначаємо допустиме напруження на вигин зуба:

$$\sigma_{Fp} = \frac{\sigma_{F\text{lim}}}{S_F} \cdot Y_R \cdot Y_S \cdot K_{XF}$$

де  $\sigma_{F\text{lim}}$  – межа міцності зубів при згині, що відповідає базовому числу циклів:

$$\sigma_{F\text{lim}} = \sigma_{F\text{lim}}^0 \cdot K_{Fg} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL}$$

$\sigma_{F\text{lim}}^0$  міцності зуба на руйнування :

$$\sigma_{F\text{lim}}^0 = 36 \text{ кгс} / \text{мм}^2 \approx 360 \text{ МПа}$$

$K_{Fg}$  - коефіцієнт, що враховує вплив шліфування перехідної поверхні зубів шестерні:

$$K_{Fg} = 1 \text{ (для полірованого);}$$

$K_{FC}$  - коефіцієнт, що враховує вплив двостороннього прикладання навантаження:

$$K_{FC} = 1 \text{ – при двосторонньому додатку навантаження,}$$

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$K_{FL}$  - коефіцієнт довговічності передач:

$$K_{FL} = 1,0;$$

$$\sigma_{Flim}^0 = 360 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 360 \text{ МПа}$$

$Y_R$  - коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні переходу:

$$Y_R = 1,0;$$

$Y_S$  - коефіцієнт, що враховує градієнт напружень і чутливість матеріалу до концентрації напружень:

$$Y_S = 1,0;$$

$S_F$  - запас запасу для спорядження:

$$S_F = S_F' \cdot S_F'',$$

$S_F'$  - коефіцієнт, що враховує нестабільність властивостей матеріалу шестерні та відповідальність зубчастої передачі за зубчасті колеса:

$$S_F' = 1,750;$$

$S_F''$  - коефіцієнт, що враховує спосіб отримання об'єкта для пресування:

$$S_F'' = 1,0;$$

$$S_F = 1,75 \cdot 1,0 = 1,750$$

$$\sigma_{Fp} = \frac{360,0}{1,750} \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1 = 206,0 \text{ МПа}$$

Таким чином,  $\sigma_F = 29,0 \text{ МПа} < \sigma_{Fp} = 206,0 \text{ МПа}$  означає, що міцність зубів на вигин гарантована та із ймовірністю не зламати понад 99%.

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 Визначення параметрів передач

Визначаємо параметри зубчастої передачі.

кількість зубів шестерні:  $Z_1 = 20,0$  ;

кількість зубів колеса:  $Z_2 = 60,0$  ;

модуль:  $m = 3,0$ мм;

кут профілю зуба:  $\alpha = 20,0^\circ$

діаметр кроку:  $d_1 = Z_1 \cdot m$  ,

$$d_1 = 20,0 \cdot 3 = 60,0 \text{ мм},$$

$$d_2 = Z_2 \cdot m$$

$$d_2 = 60,0 \cdot 3 = 180,0 \text{ мм},$$

відстань від центру:  $a = \frac{(Z_1 + Z_2) \cdot m}{2}$  ,

$$a = \frac{(20,0 + 60,0) \cdot 3}{2} = 120,0 \text{ мм}$$

діаметр кінчика зуба:  $d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m$  ,

$$d_{a1} = 60,0 + 2 \cdot 3 = 66,0 \text{ мм},$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m$$

$$d_{a2} = 180,0 + 2 \cdot 3 = 186,0 \text{ мм},$$

діаметр ввімок:  $d_{f1} = d_1 - 2 \cdot (c + m)$  ,

$$d_{f1} = 60,0 - 2 \cdot (0,60 + 3) = 52,80 \text{ мм},$$

$$d_{f2} = d_2 - 2 \cdot (c + m)$$

$$d_{f2} = 180,0 - 2 \cdot (0,60 + 3) = 172,80 \text{ мм},$$

де  $C$  - радіальний зазор;

фіксований хорд:  $S_c = S_{c1} = S_{c2} = 1,387 \cdot 3,0 = 4,160 \text{ мм},$

висота до постійної хорди:  $h_c = h_{c1} = h_{c2} = 0,748 \cdot 3,0 = 2,240 \text{ мм}.$

## 7 Розрахунок підшипників коробки передач

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Розрахуємо сили, що діють на вал:

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{N_1}{n_1},$$

$$T_1 = 9550 \cdot \frac{1,50}{600} = 24,0 \text{ Нм}$$

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{N_2}{n_2},$$

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{1,370}{200,0} = 72,0 \text{ Нм}$$

Визначити окружну силу:

$$F_{t_1} = \frac{2 \cdot T_1}{d_{w_1}} = \frac{2,0 \cdot 24,0}{0,06} = 800,0 \text{ Н}$$

$$F_{t_2} = \frac{2 \cdot T_2}{d_{w_2}} = \frac{2,0 \cdot 72,0}{0,180} = 800,0 \text{ Н}$$

Визначити радіальну силу:

$$F_{r_1} = F_{t_1} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 800,0 \cdot 0,364 = 291,0 \text{ Н};$$

$$F_{r_2} = F_{t_2} \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 800,0 \cdot 0,364 = 291,0 \text{ Н}.$$

Визначаємо еквівалентне динамічне навантаження:

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_t) \cdot K_\sigma \cdot K_T,$$

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

де  $X$  - коефіцієнт радіального навантаження:

$$X = 0,45;$$

$Y$  - коефіцієнт осевого навантаження:

$$Y = 1,460;$$

$K_{\sigma}$  - коефіцієнт безпеки:

$$K_{\sigma} = 1,20;$$

$K_T$  - коефіцієнт, що враховує робочу температуру підшипника:

$$K_T = 1,0;$$

$V$  - коефіцієнт обертання:

$V = 1,0$  з внутрішнім обертотвим кільцем відносно навантаження;

$$P = (0,450 \cdot 1,0 \cdot 291,0 + 1,460 \cdot 800,0) \cdot 1,2 \cdot 1 = 1559,0 \text{ Н.}$$

Значення динамічної навантажувальної здатності визначаються виходячи з орієнтовного значення навантаження:

$$C = \frac{f_d}{f_n} \cdot P,$$

де  $f_d$  - коефіцієнт динамічного навантаження з урахуванням безпеки та надійності механізму:

$$f_d = 4,50;$$

$f_n$  - коефіцієнт частоти обертання:

$$f_n = 0,382;$$

$$C = \frac{4,50}{0,382} \cdot 1559,0 = 18365,0 \text{ Н}$$

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

За динамічною вантажопідйомності  $C = 1\,836,50$  кгс.

Вибираємо однорядний радіальний підшипник легкої серії 60 20 8 за ГОСТ з розмірами  $d \times D \times B = 40,0 \times 80,0 \times 18,0$ .

Ресурс підшипника визначається за формулою:

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left( \frac{C}{P} \right)^p,$$

$p$  – показник степеня для шарикопідшипників:

$$p = 3,0;$$

$$L_h = \frac{10,0^6}{60,0 \cdot 600,0} \left( \frac{18\,365}{1\,559} \right)^3 = 45\,416,0 \text{ год}$$

Отже ресурс обраного підшипника становить 45416,0 годин.

### 8 Розрахунок циліндричного ключа

Ця шпонка фіксує кільце, встановлене на валу, і втулку, встановлену в отворі шестерні. Діаграма наведена на ( рис. 6, додаток Б).

Діаметральний поперечний переріз перевіряють на зріз, а бічну поверхню – на здавлювання.

Умова міцності діаметрального перерізу на зсув:

$$M_{кр} = 0,5 \cdot d \cdot d_1 \cdot l \cdot [\tau_{срез}],$$

Де  $d$  – діаметр деталі:

$$d = 46,0 \text{ мм};$$

$d_1$  – діаметр шпонки:

$$d_1 = 12,0 \text{ мм};$$

$l$  – довжина ключа:

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$l = 84,0 \text{ мм};$$

$[\tau_{\text{срез}}]$  - допустима напруга зсуву,  $\text{кгс/см}^2$ :

$$[\tau_{\text{срез}}] = 0,20 \div 0,30 \cdot \sigma_T;$$

$\sigma_T$  - межа текучості при розтягуванні:

для сталі 45  $\sigma_T = 353,0 \text{ МПа}$ ;

$$[\tau_{\text{срез}}] = 0,30 \cdot 353,0 = 106,0 \text{ МПа},$$

$$M_{\text{кр}} = 0,50 \cdot 4,60 \cdot 1,20 \cdot 8,40 \cdot 10,60 = 246,0 \text{ кгс/см} \approx 24,60 \text{ Нм}.$$

Умова міцності бічної поверхні на роздавлювання:

$$M_{\text{кр}} \approx 0,2 \cdot d \cdot d_1 \cdot l \cdot [\sigma_{\text{см}}],$$

$[\sigma_{\text{см}}]$  - допустима напруга згортання ключа:

$$[\sigma_{\text{см}}] \approx (0,30 \div 0,50) \cdot \sigma_T \approx 0,50 \cdot 353,0 = 177,0 \text{ МПа},$$

$$M_{\text{кр}} \approx 0,20 \cdot 4,60 \cdot 1,20 \cdot 8,40 \cdot 17,70 = 164,0 \text{ кгс/см} \approx 16,40 \text{ Нм}.$$

Отже після виконання цих умов ключ забезпечує надійну роботу з'єднання.

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

## 3 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ

### 3.1 Безпека під час експлуатації обладнання

Вібрації на машині. Віброізолятори слугують для активної та пасивної ізоляції від вібрацій різних типів середніх машин з жорсткими рамами, що мають різний ступінь точності. Використання віброопор є найпростішим, швидким, якісним та водночас економічним способом монтажу промислового обладнання й захисту його від вібрацій.

Віброопори застосовуються як при стаціонарних, так і при випадкових коливаннях. Вони також використовуються для регулювання висоти під час встановлення на верстатах. Для гасіння вібрацій також використовують гумові климки.

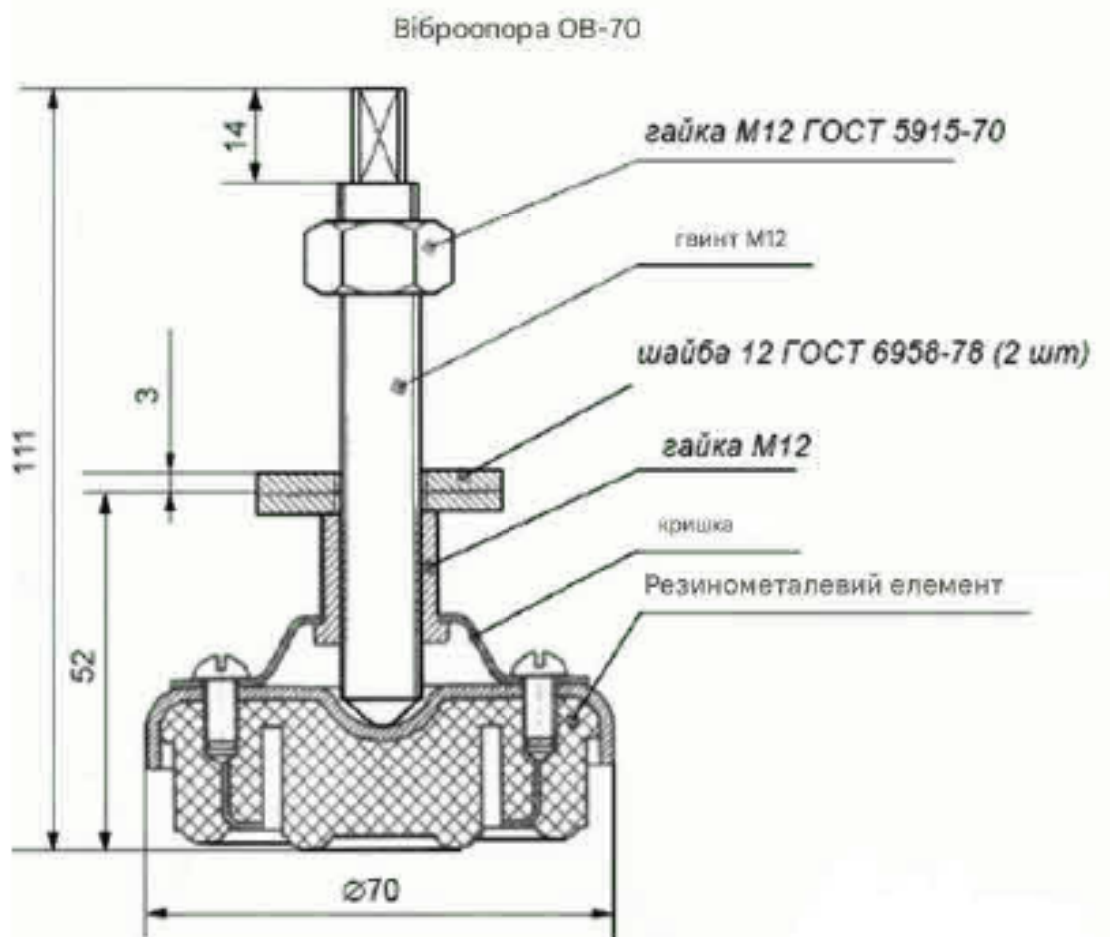


Рисунок 3.1 – Вібраційна основа ОВ-70

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Акустичний коефіцієнт під час роботи машини. Основними джерелами шуму в деревообробних верстатах є динамічні навантаження в зубчастих передачах, що виникають внаслідок певних похибок у їх виготовленні; зміни навантаження, яке сприймають кульки або ролики підшипників кочення; динамічні удари кульок або роликів по нерівній поверхні доріжок кочення зовнішніх і внутрішніх кілець підшипників тощо.

У зв'язку з цим, основними шляхами зниження шуму деревообробних верстатів є використання високоякісних підшипників, безшумних редукторів та електродвигунів, дотримання технологічної дисципліни при виготовленні та складанні деталей машин, застосування раціональних конструкцій різальних інструментів і кріплень, жорсткість їхнього кріплення та інше.

Зниження шуму в джерелі досягається вдосконаленням конструкції машини або зміною технологічного процесу.

На зменшення шуму також впливає відповідне планування підприємства, тобто звукоізоляція приміщення.

Основними засобами захисту механізатора та персоналу від шуму є: протишумні вкладиші (беруші) та навушники.

Електричні вимоги. Електричні пристрої повинні відповідати таким вимогам: ізоляція електричних пристроїв має бути розрахована залежно від умов можливих перенапруг, які можуть виникнути під час експлуатації. Пристрої, призначені для частих увімкнень та вимкнень, повинні характеризуватися високою стійкістю до механічного та електричного зносу, а температура струмопровідних елементів не повинна перевищувати допустимих значень. При короткому замиканні струмопровідна частина приладу зазнає значних теплових і динамічних навантажень, викликаних великим струмом. Ці навантаження не повинні перешкоджати подальшій роботі пристрою.

Монтаж двигунів та електроприладів повинен здійснюватися таким чином, щоб вони були доступні для огляду та заміни з метою ремонту. Електродвигуни повинні бути заземлені або занулені відповідно до вимог ПУЕ. На комутаційних апаратах, баластах, запобіжниках тощо повинні бути написи, що вказують, до якого

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

електродвигуна вони належать.

### 3.2 Загальні вимоги безпеки під час експлуатації

Особи, які досягли 18 років, можуть працювати на деревообробних верстатах за умови, що вони пройшли відповідне навчання, отримали допуск, інструктаж з охорони праці та медичний огляд, а також не мають протипоказань за станом здоров'я. Працівники повинні проходити навчання щокварталу. Заборонено допускати до роботи на верстаті осіб, які не ознайомлені з правилами безпеки та інструкцією з експлуатації обладнання. У майстерні обов'язково має бути аптечка з повним комплектом необхідних медикаментів та перев'язувальних засобів для надання першої допомоги при травмах. У разі поранення слід негайно надати потерпілому першу медичну допомогу, за потреби направити його до найближчого медичного закладу та повідомити адміністрацію. Працівники зобов'язані дотримуватися правил пожежної безпеки та знати розташування основних засобів пожежогасіння. Майстерня повинна бути обладнана пінним, вуглекислотним або порошковим вогнегасником, а також ящиком з піском. У випадку загоряння електрообладнання машини необхідно негайно її вимкнути та розпочати гасіння вуглекислим газом, порошковим вогнегасником або піском.

1. Працювати на верстатах дозволяється особам без медичних протипоказань, які пройшли:
  - вступний інструктаж;
  - інструктаж з пожежної безпеки;
  - первинний інструктаж на робочому місці;
  - навчання безпечним методам і прийомам праці за спеціальною програмою для тих, хто пройшов стажування та має посвідчення на право керування певним видом механізмів. Також обов'язковим є інструктаж з електробезпеки на виробництві та перевірка знань його змісту.
2. Під час роботи на кромкообрізнних верстатах персонал повинен проходити:

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

- повторний інструктаж з питань охорони праці на робочому місці щонайменше раз на три місяці;
- позаплановий інструктаж: у разі зміни технологічного процесу або правил охорони праці, заміни чи модернізації виробничого обладнання, пристосувань та інструментів, зміни умов та організації праці, порушення правил охорони праці, а також перерв у роботі понад 60 календарних днів (для робіт з підвищеними вимогами безпеки – 30 календарних днів).

3. Персонал, що обслуговує верстати для обробки кромки, зобов'язаний:

- дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку, що діють на підприємстві;
- виконувати вимоги цієї інструкції, інструкцій з пожежної безпеки та інструкцій з електробезпеки;
- відповідати вимогам до продуктивності обладнання;
- використовувати засоби індивідуального захисту за призначенням та дбайливо ставитися до наданих ЗІЗ.

4. Працівники, які обслуговують кромкообрізні верстати, повинні:

- вміти надавати першу (долікарську) допомогу потерпілому в нещасному випадку;
- знати розташування пунктів надання першої медичної допомоги, основних засобів пожежогасіння, основних та запасних виходів, а також шляхів евакуації у разі аварії чи пожежі;
- виконувати лише доручену роботу і не передавати її іншим особам без згоди майстра або начальника цеху;
- під час роботи бути уважними, не відволікати та не відволікати інших, не допускати на робоче місце осіб, не пов'язаних з роботою;
- підтримувати робоче місце в чистоті та порядку.

5. Обрізний верстат повинен бути обладнаний запобіжними пристроями, які під час роботи запобігають:

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



відпочивати дозволяється лише у спеціально відведених приміщеннях та місцях. Пити воду слід тільки зі спеціально призначених для цього установок.

14. У разі виявлення на робочому місці несправностей обладнання, приладів, інструментів або інших недоліків чи шкідливостей необхідно негайно повідомити про це майстра або начальника цеху. Приступати до роботи можна тільки за їх згоди, після усунення всіх недоліків.

### 3.3 Екологічність проекту

Щоб забезпечити чисте виробниче середовище для верстата, була обрана та встановлена відповідна система витяжки безпосередньо над валом ножа. Планується, що до неї в майбутньому підключать УВВ (установку видалення відходів) або систему відведення стружки.

Пристрій для видалення стружки, або відсмоктувач, є по суті промисловим пирососом. Його призначення — збирати дрібну стружку з дерева, пластику та металу, а також пил, що утворюється під час розпилювання каменю та плитки.

Для забезпечення безпечної роботи верстата швидкість повітря у системі має бути не менше 18 м/с.

Необхідна продуктивність повітря ( Q ) розраховується за формулою:

$$Q=V \times S$$

де V – швидкість потоку повітря;

S – площа приймального отвору.

Площа приймального отвору ( S ) розраховується як:

$$S=a \times b$$

Приймаємо ширину b =0.60 м, враховуючи довжину хвостовика ножа.

$$\text{Тоді } S =0.250 \times 0.60 = 0.150 \text{ м}^2.$$

Підставляючи значення, отримуємо:

$$Q= 18,0 \times 0.150= 2.70 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Продуктивність УВВ за секунду становить:

$$Q = 2\,700,0 / 3\,600,0 = 0.710 \text{ м}^3/\text{с.}$$

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

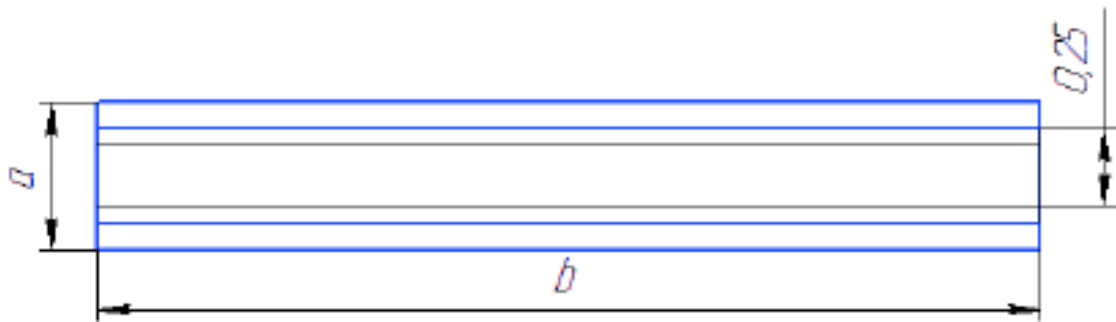


Рисунок 3.2 – Приймач

Виходячи з цих розрахунків, можна підібрати УВВ серед наявних аналогів.

Вентиляційний пиловловлювач У В В – С 3 000 К відповідає вимогам діючого в даний час ТУ і призначений для видалення неліпких матеріалів у режимі безперервної експлуатації в столярних та лісопильних умовах з обробкою пиломатеріалів природної вологості. Ця установка видаляє стружку, тирсу та пил з деревообробного обладнання шляхом їх відсмоктування із зони різання, подальшої фільтрації повітря та збору відходів у спеціальні мішки для зберігання.

Технічні характеристики:

- Максимальна пропускна здатність: 3150,0 м<sup>3</sup> /год
- Максимальна швидкість потоку: 22,0 м/с
- Діаметр входної труби: 225,0 мм
- Об'єм мішків для зберігання: 0.50 м<sup>3</sup>
- Швидкість обертання вентилятора: 88,0 об/ хв
- Номінальна потужність: 3,0 кВт
- Вага: 98.0 кг

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## ВИСНОВКИ

В рамках цього проекту розроблено пристрій для обрізання кромки деталей, які є тілами обертання, зокрема труб, втулок та подібних конструктивних елементів. Проведений аналіз чітко показує значні технологічні, експлуатаційні та економічні переваги запропонованого рішення.

Насамперед, пристрій враховує специфічну геометрію тіл обертання – наявність осі симетрії суттєво спрощує процес орієнтації, а закріплення заготовки відбувається на спеціальному пристосуванні. Це дозволяє точно позиціонувати інструмент відносно оброблюваної кромки, гарантуючи стабільну якість по всьому периметру. Крім того, розроблений вузол фіксації є універсальним, що дає змогу швидко адаптувати пристрій під різні діаметри деталей без складного переналаштування.

Однією з ключових переваг пристрою є поєднання простоти конструкції з високою надійністю. Обертання деталі може здійснюватися як вручну, так і за допомогою електропривода, а ріжучий інструмент можна встановлювати на регульованій напрямній. Таке рішення дозволяє ефективно працювати як у дрібносерійному, так і в серійному виробництві, зберігаючи при цьому високу точність та продуктивність.

Значну увагу було приділено питанням безпеки праці та ергономіки. Завдяки закритій робочій зоні та системі швидкого затиску значно знижується ризик контакту оператора з рухомими або ріжучими елементами. Конструкція також передбачає можливість інтеграції системи стружковідведення та пиловловлення, що покращує екологічні показники робочого місця.

Розроблена конструкція проєктованого верстата для обрізування кромки, що функціонує в напівавтоматичному режимі. Це дало змогу розвантажити ріжуче обладнання від ручного циклу обробки та затиску заготовки. Нова конструкція дозволила підвищити продуктивність роботи та якість отриманого результату завдяки усуненню деформації деталі під час її затиску.

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Отже, спроектований пристрій показує сукупність важливих переваг, таких як технічну доцільність, безпечність, універсальність та просту ремонтнопридатність завдяки простоті його конструкції. Це робить його конкурентоспроможним рішенням для широкого спектра виробничих завдань, пов'язаних з підготовкою деталей типу тіл обертання до зварювання, монтажу або подальшої обробки.

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



# ДОДАТКИ

					КРБ 0004.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48