

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

Розробка конструкції верстата для обробки
дерев'яних деталей

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти
групи М-41
Німець Богдан Русланович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Муравинець Юлія Вікторівна

(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 інж енерія*

Спеціальність: *133 Галузеве машинобудування*

Освітня програма: *«Галузеве машинобудування»*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ *В. Пуць*

«___» _____ 2025 р.

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

Німця Богдана Руслановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи *«Розробка конструкції верстата для обробки
дерев'яних деталей».*

Керівник роботи: ктн., доц. Муравинець Ю.В.

затверджені наказом закладу вищої освіти 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 *Технічна документація. Патентні матеріали. Технічні умови.*

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

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

5. Перелік графічного матеріалу:

ІлфА1 Схема функціональна

ІлфА1 Схема кінематична

ІлфА1 Вал конвеєра складальний кресленик

ІлфА1 Складальне креслення

ІлфА1 Ножовий вал Складальний кресленик

4л ф А1 Деталювання

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Муравинець Ю.В.		
Розділ 2	Муравинець Ю.В.		
Розділ 3	Муравинець Ю.В.		

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 модернізованої машини</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) _____ (Німець Б.Р.)
(прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ (підпис) _____ (Муравинець Ю.В.)
(прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Німець Богдан Русланович, Розробка конструкції верстата для обробки дерев'яних деталей. 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 розроблено конструкцію верстата з нестандартним різальним інструментом, що забезпечує необхідну шорсткість.

Ключові слова: верстат, деталі, розробка, конструкція

ANNOTATION

Nimets Bohdan Ruslanovich, Development of a machine tool design for processing wooden parts. Manuscript.

Qualification work of a bachelor of the specialized educational institution "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 recommendations for the operation of equipment, conclusions, a list of sources used, and appendices. The work developed a machine tool design with a non-standard cutting tool that provides the necessary roughness.

Keywords: machine tool, parts, development, design

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ			
Зм.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.		Німець			Розробка конструкції верстата для обробки дерев'яних деталей	Літ.	Лист.	Листів
Перевір.		Муравинець						
Н. Контр.		Мартинюк				ЛНТУ, ФТМІ, ст.гр М-41		
Затверд.		Пуць						

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	3
ЗМІСТ	4
ВСТУП	5
1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА	9
1.1 Пошук патентної інформації	6
1.2 Розробка технічної пропозиції	15
1.2.1 Огляд верстатів-аналогів проектованого верстата	15
1.2.2 Вимоги до проектованої машини.....	18
1.2.3 Аналіз варіантів прототипу та нових варіантів рішення.....	19
1.2.4 Аналіз остаточного варіанту разом з розробкою технологічної схеми.....	19
2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	21
2.1 Розрахунок умов різання.....	21
2.2 Розв'язування оберненої задачі	25
2.3 Кінематичні розрахунки.....	30
2.4 Розрахунок сили тяги	32
2.5 Розрахунок на міцність валу конвеєра.....	36
2.6 Розрахунок підшипників валу ножа.....	38
3 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ	42
ВИСНОВКИ	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48
ДОДАТКИ	

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасний етап розвитку машинобудування характеризується зростанням економічних та науково-технічних вимог до виробництва. На першому плані висунувся економічний чинник, зокрема вимоги до виробництва за умов ринкової економіки, тобто, щоб залишатися конкурентоспроможним, виробництво має здійснюватися з максимально раціональним використанням різних видів ресурсів, а для цього необхідно знижувати не собівартість продукції, а матеріало- та трудомісткість виробництва, покращувати використання фінансових ресурсів, скорочувати терміни окупності.

Реалізація всіх перерахованих заходів не повинна відбиватися на якості продукції, що випускається, навпаки, вимога конкурентоспроможності продукції ставить завдання підвищення якості продукції, розширення асортименту при зниженні її собівартості.

У даній роботі розглядається конструкція двостороннього рубанка та його еквівалентів, які вже доступні в усьому світі.

Робота представляє розробку конструкції верстата, що дозволяє обробляти деталі за розміром із заданою товщиною та шорсткістю.

Метою роботи є розробка конструкції верстата для обробки деталі розміром із заданою шорсткістю. Також розробка ножового валу для обробки деталі.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Пошук патентної інформації

Патентний пошук або пошук патентної інформації відноситься до пошуку патентів та іншої інформації на певну тему. Тема пошуку визначається предметом пошуку, яким може бути, наприклад, технічне рішення: спосіб або пристрій та його компоненти.

При пошуку патентів або пошуку патентної інформації патентна інформація включає зареєстровані технічні та інші рішення щодо патентів на винаходи, корисні моделі, промислові зразки, а також усі опубліковані заявки на такі патенти. Під іншою інформацією ми маємо на увазі будь-яку загальнодоступну інформацію, яку можна знайти, наприклад, у літературі компанії чи рекламних матеріалах.

Застосування: у деревообробній промисловості. Метою винаходу є розширення функціональних можливостей відомого ножового стрижня за рахунок надійного закріплення вузьких ножів з фігурною ріжучою кромкою за допомогою клинів.

Суть: стрижень ножа включає корпус з трапецієподібними і прямокутними пазами, клини зі стопорними гвинтами, які мають можливість спиратися головками на менший бік трапецієподібного паза, ножі з фігурною ріжучою кромкою, ширина якого не перевищує глибини прямокутного паза, а кріпильні гвинти мають можливість спиратися своєю стрижневою частиною на велику сторону трапецієподібного паза.

Пропонований вал вигідно відрізняється від відомого більшою універсальністю, що обумовлено розширенням номенклатури розмірів та змін змінних ножів.

Винахід відноситься до різального інструменту для обробки деревини та деревних матеріалів і може бути використане у фугувальних верстатах та універсальних деревообробних верстатах побутового призначення.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У існуючих ножових валах умовою їхньої надійної роботи є затискання ножів по всій довжині клинів, т.е. е. довжина ножів та довжина клинів однакові. У цьому випадку ножі можуть мати закруглені або прямі ріжучі кромки.

Якщо спробувати затиснути клинами вузький ніж (ширина якого значно менше довжини клинів), то надійність фіксації такого ножа буде низькою через перекосяк клина і, як наслідок, затискна поверхня клина не повністю відповідатиме площині ножа.

Даний винахід вирішує задачу надійного кріплення вузьких ножів за допомогою довгих клинів і, як наслідок, розширює функціональні можливості відомих рукояток ножів.

Відомий стрижень ножа включає корпус з трапецієподібними та прямокутними пазами та ножі (див. АН СРСР N 882746, кл. Б 27 Г 13/00, видавничий бюлетень N 43, 1981).

У відомому ножовому валу ножі мають Г-подібні отвори, через які проходять гвинти для їхнього осевого кріплення, закріплені в планках кріплення ножів. Конструкція ножів з отворами та планками для їхнього кріплення робить відому конструкцію ненадійною при кріпленні вузьких ножів.

Причина у результуючому зміщенні притискних стрижнів. Якщо затискач затягнутий, смуги можуть деформуватися та пошкодитися.

Найбільш близьким технічно і досягається результатом є рукоятка ножа, що містить корпус з трапецієподібними пазами і прямокутними клинами з гвинтами кріплення, мають можливість спиратися головкою на меншу сторону трапецієподібного паза, ножі з профільованою ріжучою кромкою (див. АН СРСР, № 905079, кл. 27 Г 13/00, вид. № 6, 1982 р.) Недоліком є неможливість надійного закріплення.

Метою винаходу є розширення функціональних можливостей відомої рукояті ножа за рахунок надійного закріплення вузьких ножів з фігурною ріжучою кромкою за допомогою клинів.

Поставлена мета досягається тим, що відомі рукоятки ножів містять корпус з трапецієподібними і прямокутними пазами, клини з гвинтами кріплення, які мають

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можливість спиратися головками на менший бік трапецієподібного паза, ножі з фігурною ріжучою кромкою, ширина якої не перевищує глибини, а кріпильні гвинти мають можливість спиратися своєю стрижневою частиною на велику сторону трапецієподібного паза. Такий вибір ширини ножа виключає його виступ за межі рукоятки при розміщенні ножа у прямокутному пазу, коли бічна частина ножа паралельна нижній частині цієї рукоятки.

Таке положення ножа обумовлено необхідністю балансування валу, коли один з ножів у пазу встановлений нормально (вертикально), а інший у другому, протилежному пазу, встановлений горизонтально і втоплений прямокутний паз врівень з поверхнею паза валу.

Для запобігання перекосу клинів кріпильні гвинти можуть спиратися на велику сторону трапецієподібного паза. Це також підвищує безпеку роботи на робочому валу, оскільки унеможлиблює випадковий викид довгих клинів при затиску вузьких ножів.

Ножовий вал містить корпус 1 з трапецієподібними пазами 2 і прямокутними пазами 3, клини 4 з кріпильними гвинтами 5,6,7, які можуть спиратися головками 8 на меншу сторону 9 трапецієподібного паза 2, а стрижневою частиною 10 на більшу сторону 1 Н прямокутного паза 3 (рис. 1.1).

На валу можуть бути встановлені додаткові ножі 13, 14, 15 з різною конфігурацією ріжучої кромки. (Мал. 1.1) Збирають вал ножа в такий спосіб. Клини 4 з гвинтами кріплення 5, 6, 7 встановлюють в один із прямокутних пазів 3 в розміщенні для обробки заготовки (на кресленні не показано), відвернувши гвинт кріплення 5 до упору головки 8 збоку. 9 ніж 12 притискається гвинтом 6 до зіткнення його стрижневої частини 10 зі стінкою 11. Повертаючи гвинт 7 до упору його головки 8 в стінку 9, замикають вільну (від кріплення ножа) частина клина 4. Прикріплюють її в трапецеидальном пазу 2 . обертання 1, тобто. підвищується безпека роботи валу.

У прямокутному пазу 3, навпроти місця, де вже закріплений ніж 12, навпроти цього ножа того ж 12 ножа горизонтально вставлений клин 4 з гвинтами кріплення

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5,6,7 (див. рис. 2). Вся операція затиску цього ножа 12 і фіксації вільної частини клину 4 аналогічна описаної вище.

У цьому випадку роль балансира виконує ніж 12, розміщений горизонтально. Якщо ширина h ножа 12 менша за глибину H каналу 3, то при розміщенні ножа 12 як балансир його слід встановлювати від центру в радіальному напрямку, але не виходити за поперечні габарити валу (Рисунок 1.2).

Залежно від умов експлуатації ножі 12 можуть бути розташовані по довжині валу або виконані в один ряд в одному з пазів 2 з балансуванням валу такими ж виступами протилежному пазу.

Для балансування необхідно не розташовувати ножі горизонтально, а фіксувати їх один під одним у положенні обробки заготовки (обидва ножі працюють). У цьому випадку збільшується час, необхідний для встановлення ножів для забезпечення однакової конфігурації ріжучої кромки.

Ніж, довжина якого пропорційна довжині клинів, кріпиться звичайним способом, відгвинчуванням гвинтів кріплення до упору головок в меншу сторону трапецієподібного паза.

Пропонований вал вигідно відрізняється від відомого більшою універсальністю, що обумовлено розширенням номенклатури типорозмірів та змін змінних ножів.

Формула винаходу

Хвостовик ножа, який містить корпус з трапецієподібними і прямокутними каналами, клині зі стопорними гвинтами, який може мати можливість спиратися своїми головками на менший бік трапецеїдальних каналів, а також з фігурним регулюванням кромкою, що відрізняється тим, щоб ширина ножа не перевищувала глибину прямокутного паза, а стопорні гвинти мали можливість упиратися своєю стрижневою частиною у велику сторону трапецієподібного паза.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

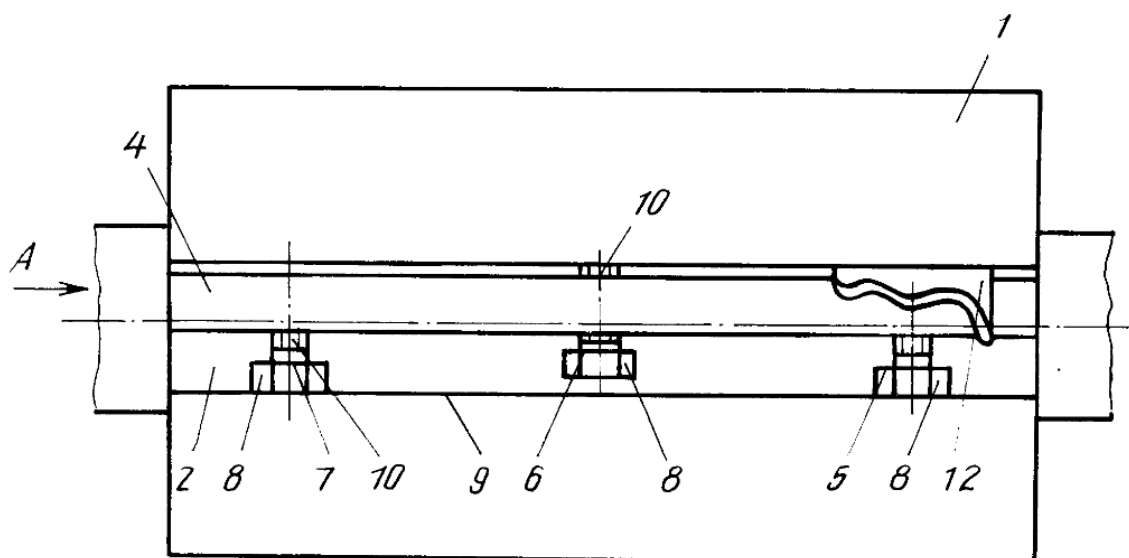


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд споруди

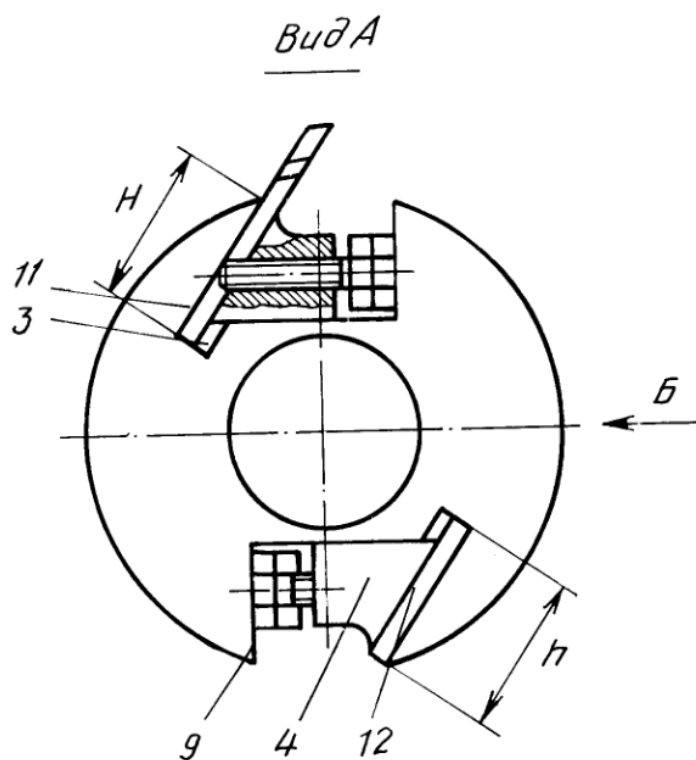


Рисунок 1.2 – Поперечний розріз валу ножа

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

10

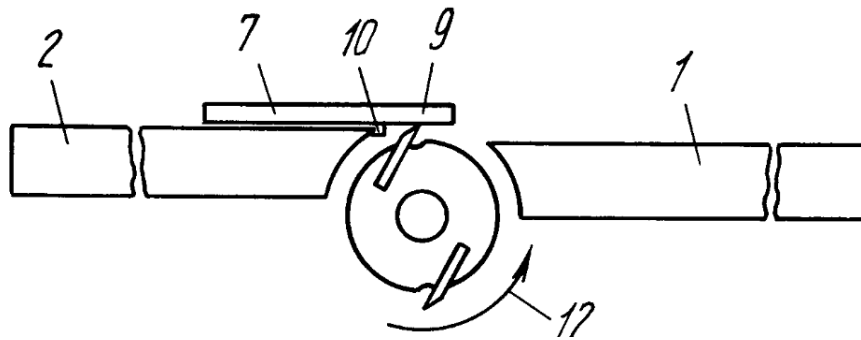


Рисунок 1.3 – Загальний вигляд машини з пристроєм, вид збоку

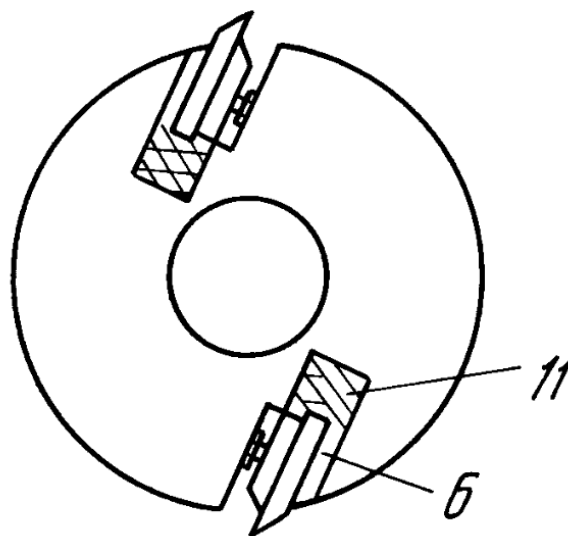


Рисунок 1.4 – Точка кріплення ножа в рукоятці ножа

Застосування: у деревообробці, зокрема у стругально-рейсмусних верстатах. Суть винаходу: верстат включає корпус, ножовий вал 8 з приводом, стругальні столи 6 і 7, стругальний стіл 11, механізм підйому та опускання стругального столу та привід подачі заготовки.

Потовщуючий стіл 11 та механізм підйому та опускання об'єднані в блокову касету. Остання встановлена в пазах різної висоти та кроку в бічних стінках корпусу. Механізм підйому та опускання утворених шарнірів 12 та гвинтом 13 з гайкою 14. Шарніри з'єднують потовщуючий стіл 11 з основою 15 блоку касети. Гайка шарнірно закріплена на основі касети.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Бічні стінки корпусу, сполучні та товсті столи виконані з екструдованих алюмінієвих профілів. 2 пацієнти. Винахід відноситься до верстатобудування, а саме до верстатів, що використовуються в деревообробній промисловості.

Відомий універсальний комбінований деревообробний верстат марки КП261 [1], що включає корпус, ножовий блок з приводом, стругальні столи, фугувальний стіл, механізм підйому і опускання фугувального столу, привід подачі заготовок.

Стругальний стіл в цьому верстаті кріпиться до стійки великого діаметру, яка виконує роль напрямної, а механізм підйому і опускання стругального столу складається з гайки і ходового гвинта, що приводиться в рух маховиком . Недоліком такої конструкції є висока трудомісткість виготовлення корпусів рихтувально-стовщувальних столів і можливість деформації стругального столу під дією зусиль різання при обробці зміщених відносно центру столу заготовок.

Відомий рейсмусовий верстат «Сунгир-04» [2] включає корпус, ножовий вал з приводом, стругальні столи, стіл глибиноміру, механізм підйому і опускання столу глибиноміру, привід подачі заготовки.

Недоліком даної конструкції є висока трудомісткість виготовлення корпусу, столів для з'єднання і потовщення, одержуваних спочатку в процесі лиття, а потім механічної обробки, і низька продуктивність під час стовщення. Іншим недоліком є складність конструкції, складання та налагодження механізму підйому та опускання рейсмусового столу, який складається з чотирьох гайок, встановлених на рейсмусовому столі, чотирьох ходових гвинтів, встановлених у кориті верстата та приведених в обертання роликів ланцюгом. через шестерні, закріплені на них за допомогою маховичка . Складна також конструкція роликів ланцюга приводу і натягу, що включає ланцюгове колесо, конічну передачу, вісь і маховик з валом.

Винахід спрямовано на зниження трудомісткості виробництва та створення спрощеної конструкції машини, що підвищує продуктивність чорнових робіт.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Суть вина ходу показана в тому, що в рубанку-рейкувальному положенні, що омиває корпус, фрезований блок з приводом, рубальні столи, рейсмусовий стиль, механізм підйому та падіння рейсмусового столу, при подачі компонентів, на відмітку від відповідного маршрутного столу, і Механізм підйому і опускання зібраний в блок-касеті, встановленої в пазах однакової висоти і ходу в бічних стінках корпусу, а механізм підйому і опускання складається з шарнірів, що з'єднують згущує стіл з основою блок-касети, і гвинта з гайкою, шарнірно закріплений виходячи з касети. Крім того, бічні стінки корпусу, стругальні та ребристі столи виготовлені з екструдованих алюмінієвих профілів.

Конструкція рейсмусного столу та підйомно-опускного механізму у вигляді блок-касети дозволяє встановлювати касету за один прийом у необхідні пази однакового кроку та висоти на бічних стінках корпусу, що прискорює обслуговування рейсмусного верстата та спрощує конструкцію.

Пази однакового кроку та висоти забезпечують паралельність площини вимірювального столу ножовому блоку при встановленні касети блоку будь-які пази.

Конструкція підйомно-опускного механізму з шарнірів, що з'єднують стіл, що згущує, з основою блок-касети і підвішеного до нього гвинта з гайкою, значно спрощує конструкцію.

У відомих технічних рішеннях корпусу, сполучні та товсті столи виготовляються методом лиття з необхідністю механічної обробки. Згідно винаходу граничні відхилення розмірів та якості поверхонь пресованих профілів за ГОСТ 8617-81.

Отримання основних деталей корпусу на верстаті без подальшої обробки, за винятком різців за мірками та обробки кріпильних деталей, що дозволяє знизити витрати, продуктивність та собівартість.

На рис. 1.6 показана машина з частковим розбиранням, загальний вигляд; - вигляд по стрілці А на рис. 1.7.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Між стругальними столами на опорах 9, які прикріплені до стінок корпусу, встановлений фрезерний вал 8. В опорах 9 встановлені приводні ролики 10 подачі заготовок. Приводи фрезерного валу та подачі заготовок відомі (не показано).

У пазах 3 встановлена блок-касета, що складається з товщинного столу 11 і підйомно-опускного механізму. Підйомно-опускний механізм складається з шарнірів 12, гвинта 13 і гайки 14, яка закріплена шарнірно в основі 15 блок-касети.

Шарніри 12 забезпечують підйом і опускання стола товщиноміра 11 на величину, що перевищує крок пазів 3. Притискний елемент і гвинти кріплення для кріплення блок-касети не показані.

Робота на верстаті – з'єднання заготовок – проводиться відомим способом. При потовщенні використовується шкала 5, на якій вказаний діапазон висоти (товщини) заготовок, що обробляються в кожному пази 3. Блок-касета встановлюється в потрібний паз і закріплюється (фіксується).

Залежно від товщини заготовки, що встановлюється, гвинт 13 піднімає або опускає вимірювальний стіл 11, підводячи площину оброблюваної заготовки до фрезерного столу 8.

Потім вмикається привід вала фрези і подача заготовки. Верстат, що містить корпус, ножовий блок з приводом, стругальні столи, стругальний стіл, механізм підйому та опускання стругального столу і привід подачі заготовки, який відрізняється тим, що стругальний стіл і механізм підйому та опускання виконані у вигляді блок-касети, яка встановлена в пази однакової висоти і кроку, зроблені в бічних стінках касети, а механізм підйому і опускання виконаний у вигляді шарнірів, що з'єднують товщувальний стіл з основою блок-касета і гвинт з гайкою шарнірно кріпляться до основи касети, при цьому бічні стінки касети, з'єднувальні і згущувальні столи виконані у вигляді екструдованих алюмінієвих профілів.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

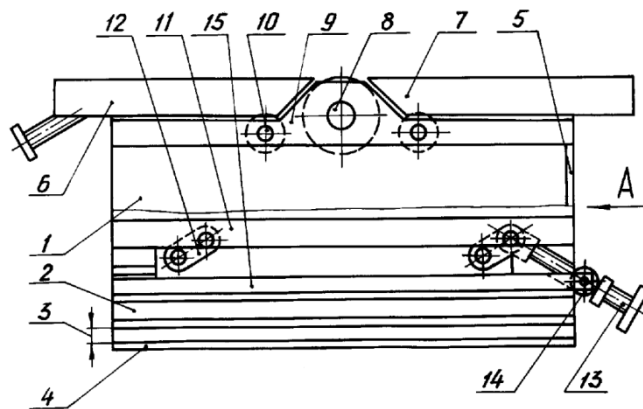


Рисунок 1.7 – Загальний вигляд машини

1.2 Розробка технічної пропозиції

1.2.1 Огляд верстатів-аналогів проектованого верстата

Двосторонній рубанок С2П8 (рис. 1.9) має два ножових вала верхній і нижній. Вал нижнього ножа встановлений на опорі, розташованій у нижньому столі. Супорт висувається, що полегшує заміну та заточування ножів. Висота столу машини встановлюється за допомогою клинового пристрою. Подаючий механізм машини складається з восьми роликів, два з яких сегментовані спереду . Розроблено двосторонні товщики з шириною стругання 800 мм . Також були випущені більш потужні двосторонні рубанки С2П12-1 і С2П16. Ці машини мають пристрій у вигляді кігтів або секторів, що запобігає відбраковування матеріалу. Верстати оснащені пристроєм для заточування та підключення ножів. Верстати одночасно стругають дерев'яні панелі, дошки і бруси з обох сторін на задану товщину. Ширина стругання 1200 мм, швидкість подачі 8, 12, 16 і 24 м / хв.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

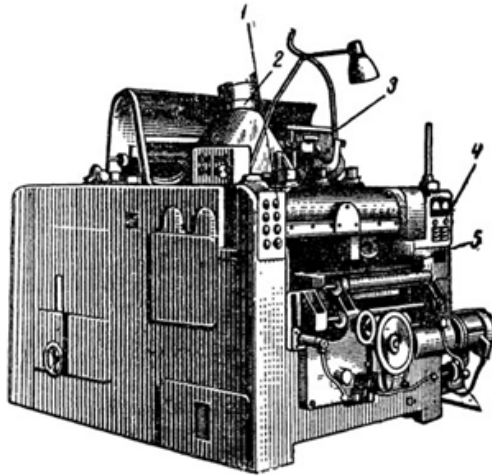


Рисунок 1.9 – Двосторонній рубанок S2P8

1 – кнопкова станція; 2 – ресивер відпрацьованих газів; 3 – заточувальний пристрій; 4 – прилади; 5 – стіл.

Технічні дані:

Максимальна ширина обробки, мм 800,0

Товщина заготовки, мм 10,0-150,0

Мінімальна довжина заготовки, мм 450,0

Товщина шару, що знімається валом верхнього ножа, мм 0-5,0

Товщина шару, що знімається валом нижнього ножа, мм 0-3,0

Частота обертання ножових валів, об/хв – 4360,0

Швидкість різання ножових валів, м/с-33,0

Кількість ножів в рукоятці ножа, шт. 4,0

Швидкість подачі, мм 4,0-25,0

Загальна потужність електродвигунів, кВт 30,24

Вага, кг 3500,0

Розміри, мм 1735,0x1970,0x1590,0

Двосторонній стругальний верстат Beaver S2RK650:

Використання для пізнього двостороннього фрезерування плоских дерев'яних виробів широкого діапазону розмірів.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Підприємства та цехи, що займаються виробництвом столярно-будівельних виробів, клеєної плити, виробництвом меблів, будівництвом дерев'яних будинків та іншими видами деревообробної промисловості



Рисунок 1.10 – Beaver S2RK650

Технічні дані:

Розміри оброблюваних деталей, мм:

- довжина , найменша 310,0

- ширина , найменша 25,0

Кількість стрижнів ножів , шт. 2,0

Діаметр хвостовика ножа, мм 127,0

Швидкість обертання ножових валів, об/хв 6000,0

Товщина знімається шару, мм:

- на нижньому шпинделі 11,0

- на верхньому шпинделі 7,5

Швидкість подачі (безступінчаста), м/хв 4,0-16,0

Загальна встановлена потужність, кВт 21,45

Вага , кг 4820,0

Товщик SUPERMAC 163

Призначений для обробки деревини та напівфабрикатів з деревини заданої товщини методом циліндричного фрезерування.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Область застосування верстата – підприємства та цехи з виробництва столярно-будівельних виробів, виставкової продукції, елементів меблів та інші галузі деревообробної промисловості.

Технічні дані:

Ширина частини, мм 630,0

Довжина заготовки, мм 295,0

Товщина припуску, мм 5,0

Кількість ножів, мм 4,0

Швидкість обертання валу ножа, мм 4800,0

Вага, кг 110,0



Рисунок 1.11 – Згущувач SUPERMAC 163

1.2.2 Вимоги до проектованої машини

Проаналізувавши аналоги верстатів, можна висунути конкретні вимоги до розробленого верстата.

Ширина заготовки, мм 600,0

Товщина заготовки, мм від 10,0 до 100,0

Регульована швидкість подачі, м/хв до 20,0

Шорсткість обробленої деталі, мкм 60,0

Глибина фрезерування, мм 5,0

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

1.2.3 Аналіз варіантів прототипу та нових варіантів рішення

Як прототип візьмемо двосторонній товщиномір С2П8.

Провівши повний аналіз верстата, приходимо до висновку, що верстат не забезпечує необхідної шорсткості на великих подачах.

Верстат буде оснащений конвеєрним механізмом подачі, оснащеним різними типами пружинних пальців, які подають заготовку під дією сил тертя. Завдяки тому, що конвеєр одночасно переносить заготовку багатьма пальцями, заготовку на передньому столі прогинається значно менше, що позитивно позначається на усуненні початкового відхилення від площини заготовки.

Провівши також інструментальні розрахунки, отримані дані, що вказують на те, що при діаметрі різку $D = 125$ мм та кількості ножів, що дорівнює 4 шт. шорсткість також перевищує допустимі 60 мкм. Для усунення цієї проблеми буде розроблено ріжучий інструмент з великим діаметром та великою кількістю ножів $D_{cp} = 350$ мм, $z = 12$ дюймів.

1.2.4 Вибір остаточного варіанту разом з розробкою технологічної схеми

За прототип беремо машину S2P8.

Двосторонні рейсмусові верстати, на яких за один прохід послідовно знімаються шари деревини з протилежних сторін заготовки, тим самим створюючи товщину деталі, можуть виготовлятися за однією з основних схем: рейсмусовий верстат, дворейсовий верстат.

За аналогію візьмемо схему рубанка-товщина на рис. 1.12.

Проаналізувавши цю схему, замість передніх верхніх затискачів (12) і рифленого подаючого ролика було вирішено встановити конвеєр з пружинними пальцями (рис. 1.13).

Ролик над переднім столом певною мірою згинає заготовку. Після виходу з верстата заготовка випрямляється, тому повного усунення площинності не досягається. Для усунення цього дефекту ми використовуємо конвеєрний механізм подачі. Завдяки тому, що конвеєр переносить заготовку багатьма пальцями

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одночасно, заготовка менше згинається. Що позитивно позначається на усуненні нерівностей заготовки.

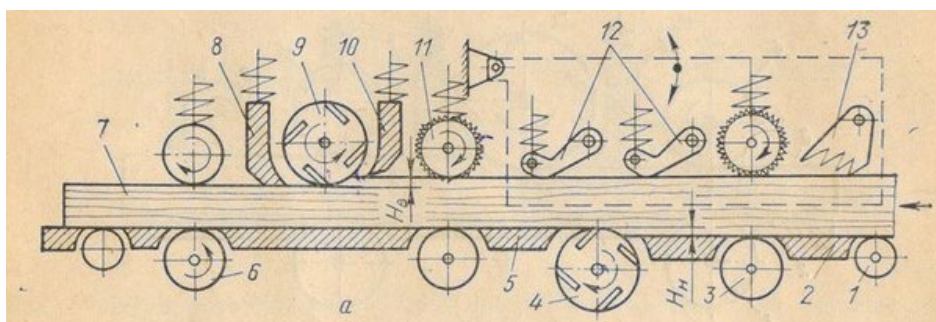


Рисунок 1.12 – Принципова схема рубанка-товщина

1 – опорний ролик; 2 – передній стіл; 3 – гладкий непривідний ролик; 4-ніж нижній вал; стіл з 5 опорами; 6 – гладкий подаючий ролик; 7 – деталь; 8,10 – верхні задні хомути; Верхній вал з 9 ножами; 11 – зубчастий секційний подаючий ролик; 12 – верхній передній хомут; Захист 13 кігтів.

Враховуючи всі особливості верстата, було розроблено та модернізовано функціональну схему, представлену на малюнку 1.13. Перевагою даної схеми є те, що вона забезпечує точну рівномірну товщину обробку по всій довжині

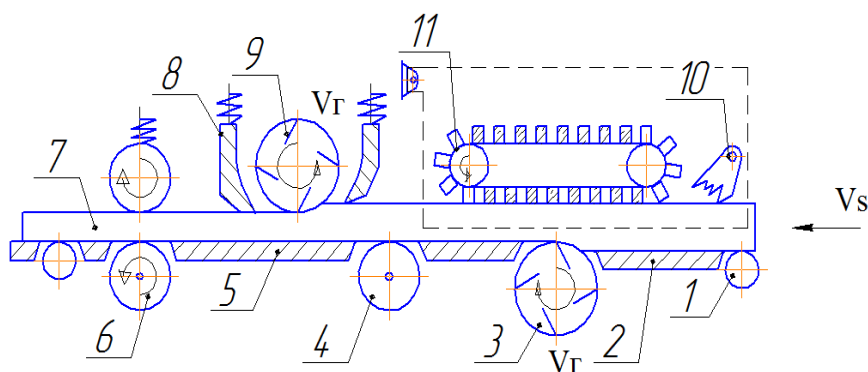


Рисунок 1.13 – Функціональна схема

1 – опорний ролик; 2 – передній стіл; 3-ніж нижній вал; 4 – гладкий приводний вал; 5 – задній стіл; 6 – гладкий приводний вал; 7 – порожній; 8 – задні верхні хомути; Верхній вал з 9 ножами; Фіранка з 10 кігтиками; 11 – конвеєр .

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок умов різання

Режим різання – це сукупність елементів, що визначають умови процесу різання. До елементів режиму різання відносяться глибина різання, подача, стійкість різального інструменту, швидкість різання, стабільність швидкості обертання шпинделя та потужність різання.

Фрезерування - це процес обробки матеріалу фрезами, що обертаються, при якому надлишки матеріалу видаляються шляхом послідовного зрізання окремих стружок у формі півмісяця.

Фрезерування з кінематики схоже на різання дисковою пилкою. Ці види деревообробки відрізняються лише призначенням різального інструменту. Якщо пиляння має на меті поділ матеріалу на частини, то фрезерування застосовується для надання предметам певної форми, розміру та шорсткості.

При циліндричному фрезеруванні як ріжучий інструмент використовують фрези або фрезові вали.

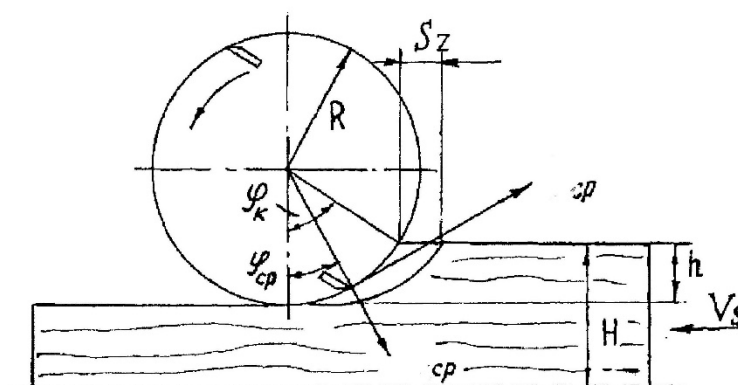


Рисунок 2.1 – Зусилля різання та геометрія ріжучого шару при циліндричному фрезеруванні

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

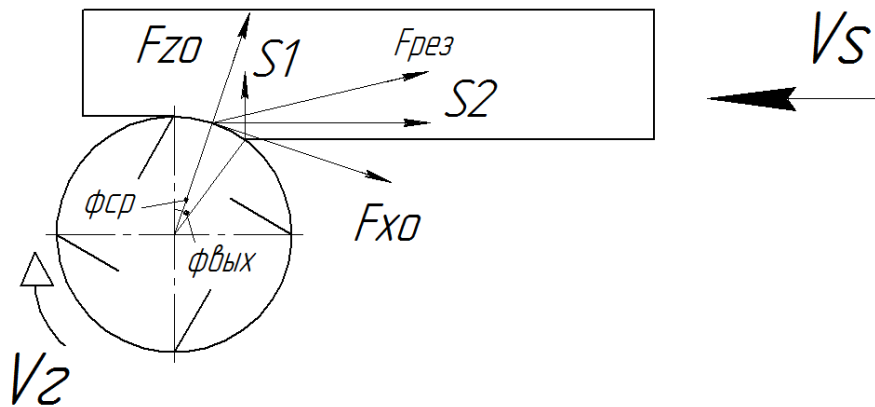


Рисунок 2.2 – Кінематика процесу різання

Вихідні дані для розрахунку режиму різання:

основа С – заготовка; ширина $b = 600,0$ мм; товщина заготовки – $200,0$ мм; вологість $W = 15,0\%$, глибина фрезерування $t = 5,0$ мм. Діаметр кола різання хвостовика ножа $D = 350,0$ мм, кількість ножів $z = 12,0$, початкова гострота ножів $\rho_0 = 5,0$ мкм; швидкість різання – $50,0$ м/с; швидкість подачі – $25,0$ м/хв. Якість обробленої поверхні становить $R_{m\max} \leq 60,0$ мкм.

1.) Швидкість валу ножа

$$n = \frac{60000,0 * V_{\Gamma}}{\pi * D}; \quad (2.1)$$

$$n = \frac{60000,0 * 50,0}{3,14 * 350,0} = 2729 \text{ хв}^{-1} \quad (2.1.1)$$

Де D - діаметр хвостовика ножа;

V_{Γ} - швидкість головного руху;

2.) Кут контакту між лезом і деревом

$$\varphi_k = 115,0 \sqrt{t/D} \quad (2.2)$$

$$\varphi_k = 115,0 \sqrt{5,0/350,0} = 13,75^{\circ}, \quad (2.1.2)$$

Де t - глибина фрезерування;

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.) Довжина контактної дуги за формулою

$$l = \frac{\pi * D * \varphi_k}{360,0}; \quad (2.1.3)$$

$$l = \frac{3,14 * 350,0 * 13,75}{360,0} = 41,96 \text{ мм}$$

4.) Корм на зуб

$$S_z = \frac{V_s * 1000,0}{n * z}, \quad (2.1.4)$$

$$S_z = \frac{25,0 * 1000,0}{2729,0 * 12,0} = 0,76 \text{ мм}$$

Де z – кількість ножів.

5.) Середнє значення товщини стружки за формулою

$$a_c = S_z \sin \frac{\varphi_k}{2} = 0,09 \text{ мм}$$

6.) Фіктивна влада

$$P = 1,57 + 0,0353\varphi_b, \quad (2.1.4)$$

$$P = 1,57 + 0,0353 * 6,87 = 1,81 \text{ Н}$$

7.) Кут зустрічі в центрі дуги контакту

$$\varphi_b = \frac{\varphi_k}{2,0}, \quad (2.1.5)$$

$$\varphi_b = \frac{13,75}{2,0} = 6,87^\circ$$

8.) Тангенціальний тиск стружки на передній край зуба

$$K = (0,196 + 0,0039\varphi_b)6 + (0,069 + 0,0014\varphi_b)V_1 - (5,4 + 0,158\varphi_b), \quad (2.1.6)$$

$$K = (0,196 + 0,0039 * 6,87) * 40,0 + (0,069 + 0,0014 * 6,87) * 50,0 - (5,4 + 0,158 * 6,87) = 6,4 \text{ МПа}$$

Де b – кут різання;

9.) Коефіцієнт тьмяності ріжучої кромки

$$\alpha_p = 1,0 + \frac{0,2\Delta p}{p_0}, \quad (2.1.6)$$

$$\alpha_p = 1,0 + \frac{0,2 * 29,68}{5,0} = 2,1$$

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Де ρ_0 - початкова гострота при пилянні $\rho_0 = 5$ мкм;

10) Підвищене затуплення ножів під час роботи перед заточуванням

$$\Delta\rho = \frac{\gamma\Delta\ln Tk_n k_i}{1000,0}, \quad (2.1.7)$$

Де $\gamma\Delta$ – величина затуплення різальної кромки на 1 м шляху в деревині, для сталі 9НФ $\gamma\Delta = 0,001$ мкм/м;

T – час між заточуваннями пилки, припустимо $T = 400,0$ хв;

k_n – коефіцієнт використання робочого часу;

k_i – коефіцієнт використання машинного часу.

$$\Delta\rho = \frac{0,0008 * 41,96 * 2729,0 * 400,0 * 0,9 * 0,9}{1000,0} = 29,68 \text{ мкм}$$

11) Питома сила різання

$$F_{уд} = \left(K + \frac{\dot{\alpha} p * p}{a} \right) a_n a_w, \quad (2.1.7)$$

$$F_{уд} = \left(6,4 + \frac{2,19 * 1,81}{5,0} \right) * 1,0 * 1,0 = 7,19 \text{ Н}$$

12) Моментальна сила різання на контактній дузі

$$F_{хмг} = F_{уд} ab, \quad (2.1.8)$$

$$F_{хмг} = 7,19 * 5,0 * 600,0 = 21570,0 \text{ Н}$$

Де a - товщина зрізаного шару;

b – ширина заготовки.

13) Середня сила різання на дузі контакту

$$F_{x \text{ зуб}} = F_{уд} a_c b, \quad (2.1.9)$$

$$F_{x \text{ зуб}} = 7,19 * 0,09 * 600,0 = 388,26 \text{ Н}$$

14) Окружна сила різання

$$F_{xo} = \frac{F_{уд} b t V_S}{60,0 V_T}, \quad (2.1.10)$$

$$F_{xo} = \frac{7,19 * 600,0 * 5,0 * 25,0}{60,0 * 50,0} = 179,5 \text{ Н}$$

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

15) Потужність фрезерування

$$P = \frac{F_{уд}btV_s}{60000,0}, \quad (2.1.11)$$

$$P = \frac{7,19 * 600,0 * 5,0 * 25,0}{600,0} = 7,9 \text{ кВт}$$

16) Окружна нормальна сила різання

$$F_{zo} = 0,8F_{xo}, \quad (2.1.12)$$

$$F_{zo} = 179,8 * 0,8 = 143,8 \text{ Н}$$

2.2 Розв'язування оберненої задачі

Умова зворотного завдання має включати силові параметри механізму головного руху, глибину та ширину фрезерування, шорсткість обробленої поверхні.

Вихідні дані:

Вологість $W = 15\%$, діаметр фрези $D = 350$ мм, частота обертання $n = 2729$ мин^{-1} , кількість зубів $z = 12$, календарний час роботи $T = 400$ хв, шорсткість обробленої поверхні $R_m = 60$ мкм, глибина фрезерування $t = (2, 4, 5)$ мм, ширина фрезерування $b = 200, 400, 600$ мм, розрахункова швидкість подачі $V_s = 25$ м/хв.

З урахуванням аналогів прийнято, що потужність електродвигуна механізму головного руху $P = 8$ кВт.

1) Основна швидкість руху :

$$V_T = \frac{\pi * D * n}{60000,0}, \quad (2.2.1)$$

$$V_T = \frac{3,14 * 350,0 * 2729,0}{60000,0} = 49,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Де D - діаметр хвостовика ножа;

n – частота обертання.

2) Кут змочування ріжучої кромки:

$$\varphi_k = 115,0 \sqrt{\frac{t}{D}}, \quad (2.2.2)$$

$$\varphi_k = 115,0 \sqrt{2,0/350,0} = 8,69^\circ$$

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Де t – глибина фрезерування.

Результати розрахунків зведені в таблицю 1.1.

3) Довжина контактної дуги :

$$l_k = \sqrt{tD}, \quad (2.2.3)$$

$$l_k = \sqrt{2,0 * 350,0} = 26,45 \text{ мм}$$

4) Подача на зуб з обмеженням шорсткості:

$$S_z = \frac{l_B}{z}, \quad (2.2.4)$$

$$S_z = \frac{8,47}{12,0} = 0,7 \text{ мм}$$

5) Підвищена тупість леза в процесі експлуатації:

$$\Delta_p = \frac{\gamma \Delta l_k n T K_{\Pi} K_{И}}{1000,0}, \quad (2.2.5)$$

$$\Delta_p = \frac{0,008 * 26,45 * 2729,0 * 400,0 * 0,9 * 0,9}{1000,0} = 20,22 \text{ мкм}$$

Де K_{Π} – коефіцієнт продуктивності машини;

$K_{И}$ – коефіцієнт використання машини .

6) Тупий фактор :

$$\alpha_p = 1,0 + \frac{0,2 \Delta_p}{p_0}, \quad (2.2.6)$$

$$\alpha_p = 1,0 + \frac{0,2 * 20,22}{5,0} = 1,8$$

Де p_0 знаходиться початковий фокус.

7) Фіктивна сила різання:

$$p = 1,565 + 0,0353 \left(\frac{\varphi_k}{2} \right), \quad (2.2.7)$$

$$p = 1,565 + 0,0353 \left(\frac{8,69}{2} \right) = 1,71 \text{ Н/мм}$$

8) Тангенціальний тиск стружки на передню поверхню:

$$k = \left(0,196 + 0,00392 \frac{\varphi_k}{2,0} \right) 6,0 + \left(0,0686 + 0,0147 \frac{\varphi_k}{2,0} \right) V_T - \left(5,39 + 0,147 \frac{\varphi_k}{2,0} \right)$$

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$k = \left(0,196 + 0,00392 \frac{8,69}{2,0}\right) * 55,0 + \left(0,0686 + 0,0147 \frac{8,69}{2,0}\right) * 50,0$$

$$- \left(5,39 + 0,147 \frac{8,69}{2,0}\right) = 8,05 \text{ Мпа}$$

9) Окружна тангенціальна сила різання :

$$F_{xo} = \frac{1000,0P\eta}{V}, \quad (2.2.9)$$

$$F_{xo} = \frac{1000,0 * 8,0 * 0,93}{50,0} = 176,5$$

Де η ефективність?

10) Середня сила різання на контактній дузі:

$$F_{хзуб} = \frac{F_{xo} \Pi D}{l_{kz}}, \quad (2.2.10)$$

$$F_{хзуб} = \frac{176,5 * 3,14 * 350,0}{26,45 * 12,0} = 515,2 \text{ Н}$$

11) Середня товщина зрізаного шару при $b = 200,0$ мм:

$$a_c = \frac{F_{хзуб}}{a_{\Pi} a_B b} - \alpha_p p, \quad (2.2.11)$$

$$a_c = \frac{515,2}{1,0 * 1,0 * 200,0} - 1,8 * 1,71 = 0,27 \text{ мм}$$

12) Подача на зуб, обмежена потужність приводу:

$$S_{z2} = \frac{a_c}{\sqrt{\frac{t}{D}}}, \quad (2.2.12)$$

$$S_{z2} = \frac{0,12}{\sqrt{2/350}} = 3,5 \text{ мм}$$

Розрахована подача на зуб приймається як найменше значення подачі, отримане в межах обмежень шорсткості та потужності приводу.

13) Швидкість подачі

$$V_s = \frac{S_{zp} z n}{1000,0}, \quad (2.2.13)$$

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_s = \frac{0,12 * 12,0 * 2729,0}{1000,0} = 55,1 \text{ м /мин}$$

Таблиця 1.1 – Результати розрахунків

Опції	Маркування	Розмір	Глибина фрезерування		
			2	4	5
Швидкість різання	V_f	РС	50	50	50
Мокрий кут	φ_k	град	8,69	12.29	13.74
Довжина дуги	l_k	мм	26.45	37.41	41,83
Підвищена тупість	Δp	мкм	20.22	28.6	31.9
Коеф . сірість	α_r	-	1.8	2.1	2.2
Корм на зуб	S_{z1}	мм	0,7	0,7	0,7
Фіктивна влада	П	Н/мм	1.71	1.78	1,80
Тиск зсуву	k	МПа	8.05	9.61	9.8
Периферійна сила припиняється.	F_{xo}	Н	148.8	148.8	148.8
Середня міцність вирізати по кривій	$F_{хзуб}$	Н	515.2	364.2	325.7
товщина зрізу b = 200 b = 400 b=600	a_c	мм	0,27 0,22 0,06	0,30 0,27 0,19	0,34 0,32 0,23
Корм на зуб b = 200 b = 400 b=600	S_{z2}	мм	3.5 1.4 0,7	2.8 1.5 1.6	2.8 2.6 1.4

Таблиця продовження. 1.1

Норма подачі $b = 200$	V_s	м/хв	55,67	55,67	55,67
$b = 400$			49.8	45.12	35,67
$b = 600$			52.9	42.3	22.9

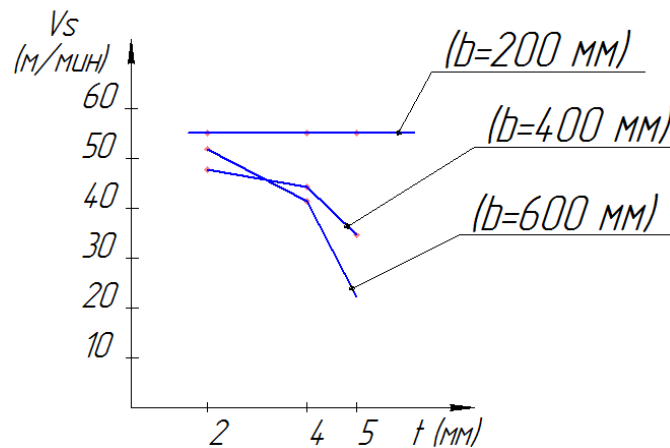


Рисунок 2.3 – Графік залежності між швидкістю подачі та глибиною фрезерування та шириною заготовки (розраховано)

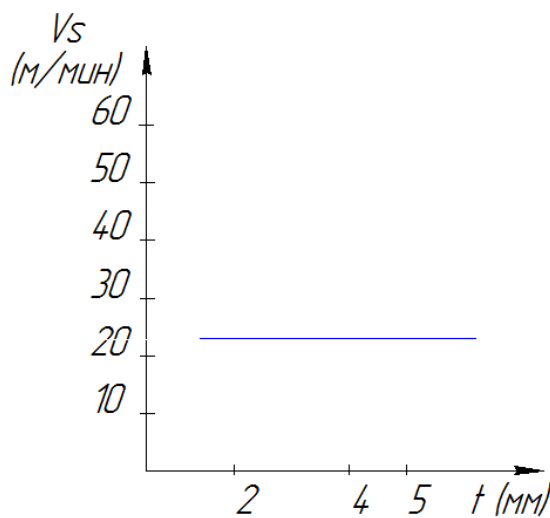


Рисунок 2.4 – Графік залежності подачі від глибини фрезерування та ширини заготовки, при заданій подачі

Виходячи з даних, отриманих у результаті розрахунків, можна зробити висновок, що при проектуванні верстата ми будемо керуватися прийнятою швидкістю подачі 25 м/с.

2.3 Кінематичні розрахунки

Тоді приймемо швидкість подачі рівною $V_s = 25$ м/хв

$$V_s \frac{\pi * D_5 * n_{VII}}{1000,0} = \frac{\pi * D_7 * n_{VI}}{1000,0} = \frac{\pi * D_6 * n_V}{1000,0} \quad (2.1.1)$$

Де D_5 діаметр зірочки конвеєра;

D_7 – діаметр валу нижнього конвеєра;

D_6 – діаметр верхнього живильного валу;

n_{VII} – швидкість обертання вала конвеєра;

n_{VI} – нижчі обороти;

n_V – швидкість обертання зубчастого колеса;

Знайдемо діаметр зірочки конвеєра:

$$D_5 = \frac{T_{зв5} * Z_{зв}}{\pi}, \quad (2.1.2)$$

Де $T_{зв5}$ крок зубчастої передачі;

$Z_{зв}$ – кількість зубів.

$$D_5 = \frac{25,4 * 17}{3,14} = 130, \text{ мм}$$

Приймаємо стандартну ручну зірочку Анур'єва діаметром 149 мм.

Так як ми припускаємо однакову кількість зубів і крок, то діаметри шестерень будуть рівні

$$D_1 = D_2 = D_3 = D_4 = 91, \text{ мм}$$

Де D_1, D_2, D_3, D_4 – діаметри шестерень?

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Швидкість валу n_{vII} :

$$n_{vII} = \frac{1000,0 * V_s}{\Pi * D_5}, \quad (2.1.3)$$

$$n_{vII} = \frac{1000,0 * 25,0}{3,14 * 149,0} = 53,4, \text{ об/хв}$$

Коефіцієнт передачі :

$$U_{\text{привода}} = U_{\text{цеп}} * U_{\text{ред}}, \quad (2.1.4)$$

$$U_{\text{привода}} = 1,0 * 40,0 = 40,0$$

Коефіцієнт ланцюга :

$$U_{\text{цеп}} = \frac{n_{IV}}{n_{VII}} = \frac{Z_{зв4}}{Z_{зв1}}, \quad (2.1.5)$$

$$U_{\text{цеп}} = \frac{15,0}{15,0} = 1,0$$

Передаточне число :

$$U_{\text{ред}} = \frac{n_{III}}{n_{IV}}, \quad (2.1.6)$$

$$U_{\text{ред}} = \frac{3000,0}{75,0} = 40,0$$

Швидкість валу n_{Iv} :

$$n_{Iv} = \frac{n_{III}}{U_{\text{ред}}}, \quad (2.1.7)$$

$$n_{Iv} = \frac{3000,0}{40,0} = 75,0, \text{ об/хв}$$

Швидкість подачі :

$$V_s = \frac{\Pi * D_6 * n_v}{1000,0}, \quad (2.1.8)$$

$$V_s = \frac{3,14 * 120,0 * 66,34}{1000,0} = 24,99, \text{ м/хв}$$

Швидкість валу n_v :

$$n_{vII} = \frac{1000,0 * V_s}{\Pi * D_6}, \quad (2.1.9)$$

$$n_{vII} = \frac{1000,0 * 25,0}{3,14 * 120,0} = 66,34, \text{ об/хв}$$

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Розрахунковий діаметр шківів двигунів ножового вала приймається на основі кінематичних розрахунків:

$$U = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_{11}}{d_{10}}, \quad (2.1.10)$$

Где n_1 – частота вращения ведущего;

n_2 – частота вращения ведомого;

З розрахунків різання відомо, що частота обертання $n_1 = 2950,0 \text{ хв}^{-1}$, то

$$n_{\text{нож.вал}} = n_2 = \frac{60,0 * 1000,0 * V_{\Gamma}}{\pi * D}, \quad (2.1.11)$$

Где V_{Γ} – скорость главного движения;

D – диаметр ножового вала.

$$n_2 = \frac{60,0 * 1000,0 * 50,0}{3,14 * 350,0} = 2729,0 \text{ хв}^{-1}$$

Передаточне число :

$$U = \frac{n_1}{n_2}, \quad (2.1.12)$$

$$U = \frac{2950,0}{2729,0} = 1,08$$

Тому діаметр ведучого шківа :

$$d_{10} = \frac{d_{11}}{U}, \quad (2.1.13)$$

Де d_{11} діаметр шківа.

$$d_{10} = \frac{250,0}{1,08} = 221,0 \text{ мм}$$

Виходячи з розрахункового діаметра ведучого колеса за довідником В.І.Анурієва беремо зі стандартного ряду діаметр 224,0 мм.

2.4 Розрахунок сили тяги

$G = 500,0 \text{ Н}$ обробляється на двосторонньому рейсмусі,

зі швидкістю різання $V_{\Gamma} = 50,0 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, з потужністю $P_1 = 10,0 \text{ кВт}$. Розрахунок

виконується для двох станів, гострих і тупих ножів.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$F_{x2} = \frac{P_2 * 1000,0}{V_r}, \quad (2.2.7)$$

$$F_{x2} = \frac{10,0 * 1000,0}{50,0} = 200,0 \text{ Н}$$

$$F_{z2} = 0,2F_{x2}, \quad (2.2.8)$$

$$F_{z2} = 0,8 * 200,0 = 40,0 \text{ Н}$$

$$F_2^I = F_{x2} \sin u - F_{z2} \cos u, \quad (2.2.9)$$

$$F_2^I = 200,0 \sin 6,87 - 40,0 \cos 6,87 = -15,86 \text{ Н}$$

Вважаємо, що сила притискання в 2 рази більша.

$$F_1^I = F_x \cos u + F_z \sin u, \quad (2.2.10)$$

$$F_1^I = 200,0 \cos 6,87 - 40,0 \sin 6,87 = 203,3 \text{ Н.}$$

Через стан гострих ножів.

Прийmemo силу затиску 30,0 Н.

Тоді $30 * 0,2 = 6,0 \text{ Н}$.

Тягова сила $F_t = Q\varphi$. Сила опору потужності

$$F_t = \varphi F_c \quad (2.2.11)$$

$$F_c = F_1 + F_1^I + (G + F_2 + F_2^I + Q + 2Q) * f_{\text{тр}}, \quad (2.2.12)$$

Тоді ми знаходимо $Q\varphi$ звідси :

$$Q\varphi = F_c [(F_1 + F_1^I + (G - F_2 + Q + 2Q)) f_{\text{тр}}$$

Де $f_{\text{тр}}$ – коефіцієнт тертя (приmemo 0,3)

Визначимо Q з отриманого рівняння, вважаючи $\alpha = 0,7$

$$Q = \frac{f_{\text{тр}} * F_1 + f_{\text{тр}} * F_1^I + G * f_{\text{тр}} - F_2 * f_{\text{тр}} + 2Q * f_{\text{тр}}}{\varphi * f_{\text{тр}}} \quad (2.2.13)$$

$$Q = \frac{0,3 * 217,5 + 0,3 * 203,3 + 500 * 0,3 - 134 * 0,3 + 2,0 * 6,0 * 0,3}{0,7 - 0,3} = 597,1 \text{ Н.}$$

Сила тяги :

$$F_t = Q\varphi, \quad (2.2.14)$$

Де φ – умовний коефіцієнт = 0,7

$$F_t = 597,1 * 0,7 = 417,9 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, знаходячи і підставляючи силу тяги:

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$P = \frac{F_T * V_s}{60000,0}, \quad (2.2.15)$$

$$P = \frac{417,9 * 25,0}{60000,0} = 0,17 \text{ кВт}$$

Сила опору :

$$F_c = F_2^I - F_1^I + 2Q + Q_3 + G, \quad (2.2.16)$$

$$F_t = \varphi Q$$

$$Q_3 = F_c \varphi = \frac{(F_2^I - F_1^I + 2Q + Q_3 + G) f_{тр}}{\varphi}$$

$$Q_3 = \frac{F_2^I * f_{тр} - F_1^I * f_{тр} + 2Q * f_{тр} + Q_3 * f_{тр} + G * f_{тр}}{\varphi}$$

$$Q_3 - \frac{Q_3 * f_{тр}}{\varphi} = F_2^I * f_{тр} - F_1^I * f_{тр} + 2Q f_{тр} + G f_{тр}$$

$$Q_3 - \frac{Q_3 * 0,3}{0,7} = [-15,86 * 0,3 - 203,3 * 0,3 - 2,0 * 6 * 0,3 + 500,0 * 0,3]$$

$$Q_3 - 0,42Q_3 = 80,8$$

$$Q_3 = 139,0 \text{ Н}$$

Знайдемо силу тяги F_t :

$$F_t = Q\varphi, \quad (2.2.17)$$

$$F_t = 139,0 * 0,7 = 93,7 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, знаходячи і підставляючи силу тяги:

$$P = \frac{F_T * V_s}{60000,0}, \quad (2.2.18)$$

$$P = \frac{93,7 * 25,0}{60000,0} = 0,04 \text{ кВт}$$

Базується на обчисленнях, які будуть розраховані, ми клацніть високої потужності для автомобіля. Залежно від потребуєної напруги, ми вибираємо стандартний synchronous electric motor with squirrel-cage rotor of AIR71V2U3 series with power of 1 kW.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

2.5 Розрахунок на міцність валу конвеєра

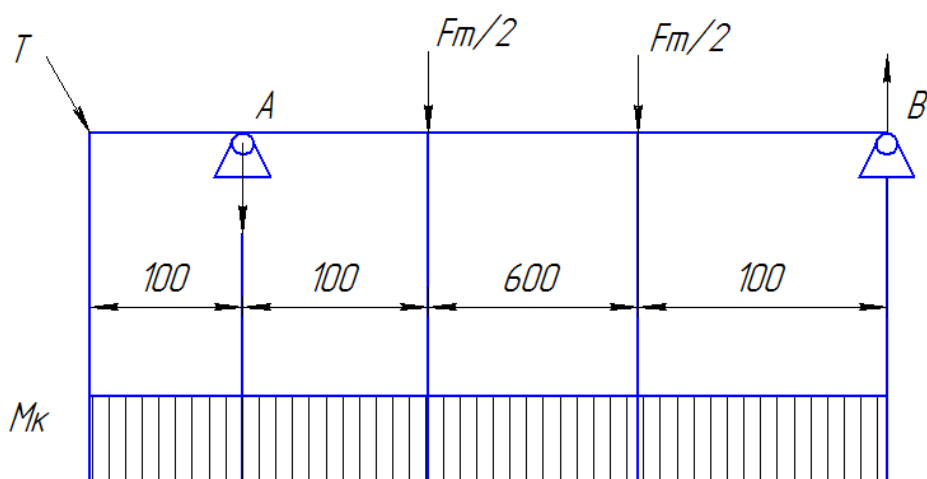


Рисунок 3.2 – Діаграма сил

Де T - сила, що діє з боку зірочки;

F_T – тягова сила;

Крутний момент:

$$M_K = F_T * r_{зв}, (2.3.1)$$

Де звучить r - Радіус зірочки конвеєра.

$$M_K = 417,9 * 74,5 = 31133,0 \text{ Н}$$

Сила, що діє від зубчастого колеса, T

$$T = \frac{M_K}{r_{зв}^I}, (2.3.2)$$

Де $r_{зв}^I$ радіус шестерні ведучого вала.

$$T = \frac{31133,0}{45,47} = 684,7 \text{ Н}$$

Розрахунок на міцність вала виконується в двох проєкціях горизонтальній і вертикальній.

По горизонталі:

$$\sum M = 0;$$

$$\frac{F_T}{2,0} * a + \frac{F_T}{2,0} * (a + l) - Rb * (a + b + l) = 0;$$

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$Rb = \frac{\frac{F_T}{2,0} * a + \frac{F_T}{2,0} * (a + l)}{(a + b + l)}, \quad (2.3.3)$$

Реакція підтримки в точці b :

$$Rb = \frac{208,9 * 100,0 + 208,9 * (100,0 + 600,0)}{100,0 + 600,0 + 100,0} = 208;$$

$Ra = Rb$;

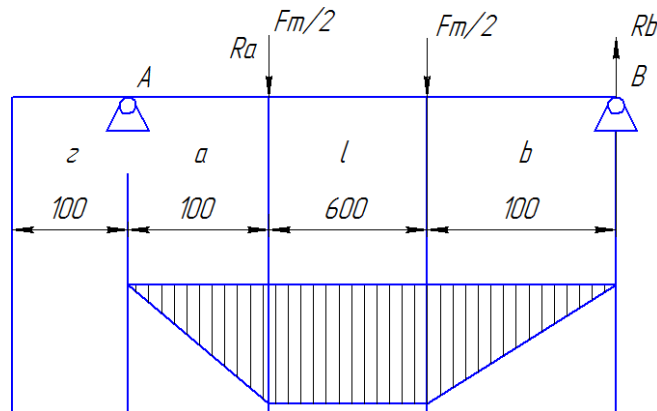


Рисунок 3.3 – Діаграма сил в горизонтальній площині

Вертикальний:

$$\sum M = 0;$$

$$T * r - Rb * (a + l + b) = 0;$$

Реакція підтримки в точці b :

$$Rb = \frac{T * r}{a + l + b}, \quad (2.3.4)$$

$$Rb = \frac{684,7 * 100,0}{100,0 + 600,0 + 100,0} = 255,5$$

$$M_{из.с}^{вер} = -T * (r + a) + Ra * a, \quad (2.4.5)$$

$$M_{из.с}^{вер} = -684,7 * 200,0 + 255,5 * 100,0 = 111,4$$

$$M_{ЭКВ} = \sqrt{M_{из.с}^{гор2} + 0,75M_{из.с}^{гор2}}, \quad (2.3.5)$$

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$M_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{208,8^2 + 0,75 * 111,4^2} = 187,1 \text{ Н}$$

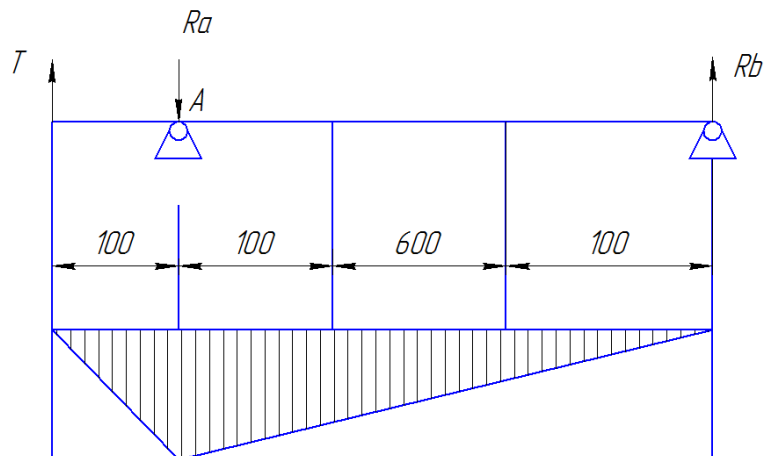


Рисунок 3.4 – Діаграма сил у вертикальній площині

Визначимо діаметр валу :

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{ЭКВ}} 1000,0}{0,1[\sigma] - 1,0u}}, \quad (2.3.5)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{187,1 * 1000,0}{0,1 * 50,0}} = 28,7, \text{ мм}$$

Де $[\sigma] - 1u = 50,0$ мПа

Цей вал, отриманий розрахунковим методом, повністю відповідає всім вимогам. На основі розрахунків можна приступати до проектування шахти конвеєра.

2.6 Розрахунки вибору підшипників валу ножа

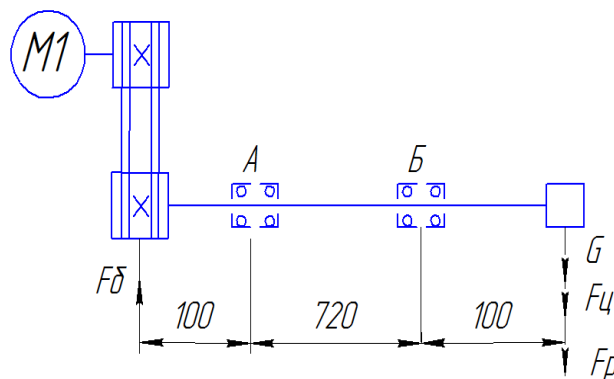


Рисунок 3.5 – Маркування підшипників

						КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			38

Окружна сила різання:

$$F_x = 179,0 \text{ Н (із розрахунку на різання)}$$

Окружна нормальна сила :

$$F_z = 0,5F_x, \quad (2.4.1)$$

$$F_z = 0,5 * 179,0 = 89,5 \text{ Н}$$

Результуюча сила :

$$F_p = \sqrt{F_x^2 + F_z^2}, \quad (2.4.2)$$

$$F_p = \sqrt{179,0^2 + 89,5^2} = 189,9 \text{ Н}$$

Відцентрова сила, викликана дисбалансом інструменту:

$$F_{ц} = m * w^2 * r, \quad (2.4.3)$$

$$w = \frac{\pi * n}{30,0}, \quad (2.4.4)$$

Де n - частота обертання вала ножа.

$$w = \frac{3,14 * 2729,0}{30,0} = 285,0 \text{ (с}^{-1}\text{)}$$

$$F_{ц} = 0,5 * 285,0^2 * 0,003 = 121,8 \text{ Н}$$

Загальне навантаження на робочий орган:

$$F = G + F_p + F_{ц}, \quad (2.4.4)$$

$$F = 500,0 + 189,9 + 121,8 = 811,7 \text{ Н}$$

Окружна швидкість стрічки :

$$V_p = \frac{\pi * D_{ш} * n}{60000,0}, \quad (2.4.5)$$

Де $D_{ш}$ діаметр шківів:

$$V_p = \frac{3,14 * 250,0 * 2729,0}{60000,0} = 35,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Міцність ременя:

$$F_T = \frac{1000,0 * P}{V_p}, \quad (2.4.6)$$

Де P - потужність двигуна.

$$F_T = \frac{1000,0 * 8,0}{35,1} = 227,8 \text{ Н}$$

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Сила на валу від плоского ременя:

$$F_{\text{б}} = 10,0F_{\text{т}}, \quad (2.4.7)$$

$$F_{\text{б}} = 10 * 227,8 = 2278,0 \text{ Н}$$

Реакція підтримки R_a :

$$R_a = \frac{(G + F_{\text{ц}} + F_{\text{п}}) * c + F_{\text{б}}(a + l)}{l}, \quad (2.4.7)$$

$$R_a = \frac{(500,0 + 121,8 + 189,9) * 100,0 + 2278,0(100,0 + 720,0)}{720,0} = 4780,0 \text{ Н}$$

Вибір підшипника

На підставі отриманих даних вибираємо сферичний підшипник. Для нього знайдемо еквівалентне динамічне навантаження:

$$F_{\text{д}} = (XVF_r + YF_a)K_{\text{д}}K_{\text{т}}, \quad (2.4.8)$$

Де X - коефіцієнт радіального навантаження, згідно довідкових таблиць $X = 1,0$;

V – коефіцієнт обертання (при обертанні внутрішнього кільця $V = 1,0$);

Y – коефіцієнт осевого навантаження, $Y = 0$;

F_r – радіальне навантаження, $F_r = F_A = 4780,0$ (Н);

$K_{\text{б}} = 1,3$ (вібрації);

$K_{\text{т}} = 1,05$ (при температурі 125,0).

$$F_{\text{д}} = (1,0 * 1,0 * 4780,0 + 0 + 0) * 1,3 * 1,05 = 6524,0 \text{ Н}$$

Динамічна несуча здатність :

$$c = F_{\text{д}}^3 \sqrt{L_h * 60,0 * \frac{n}{10,0^6}}, \quad (2.4.9)$$

L_h - довговічність

$$c = 6524,0^3 \sqrt{5000,0 * 60,0 * \frac{2729,0}{10,6}} = 62630,0$$

На підставі даних, отриманих з посібника Анурієва, виберемо дворядний сферичний роликпідшипник типу 1000,0 серії 3,0 діаметром $d = 75,0$ мм, $D = 150,0$ мм, $B = 35,0$ мм.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Виходячи з розрахункових значень, можна приступати до розробки валу ножа і валу конвеєра.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

3 РЕКОМЕНДАЦІ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ

У розділі про порядок налаштування на верстаті.

Налаштування верстата для регулювання та регулювання взаємодії всіх вузлів, завдання режимів різання, пробного отвору, налаштування розмірів верстата, обробки деталей та перевірки їх розмірів та шорсткості поверхні.

Нижче наведено опис планово-попереджувального ремонту із зазначенням видів ремонтів, структури ремонтного циклу, тривалості ремонтних циклів, інтервалів між ремонтами та оглядами, категорій складності ремонту. Наведено вибір мастильного матеріалу для машини, складено схему і карту мастила.

3.1 Налаштування двостороннього рубанка

При налагодженні рейсмусу необхідно правильно закріпити затискачі, ролики подачі і опорні ролики по відношенню до валу ножа.

1) Встановлення ножів на вал ножа.

При заміні ножів карданного вала стіл необхідно опустити в крайнє нижнє положення. Перш ніж знімати ножі, відключіть машину від джерела живлення. Ножі змінюються послідовно в нижній і верхній ножових валах.

Встановлення ножів складається з розміщення та кріплення їх у корпусі валу ножа. До встановлення ножів пред'являються такі вимоги:

– лезо ножа повинно знаходитися на одному різальному колі з точністю $\Delta \leq 0,02-0,05$ мм;

– ріжучі кромки ножів повинні виступати над стружколомом на 1–2 мм для забезпечення достатньої жорсткості його робочої частини.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

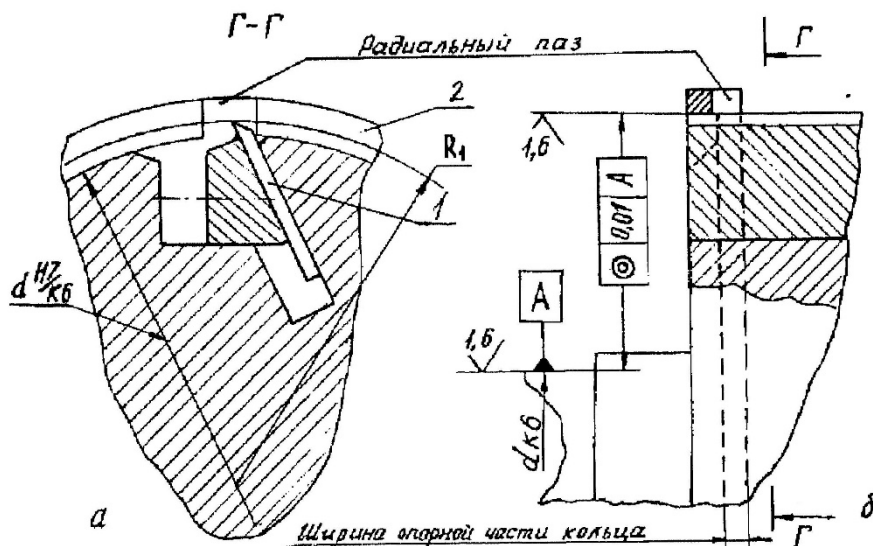


Рисунок 3.1 – Встановлення ножів методом кільцевої основи

2) Встановлення верхніх подаючих роликів і притискних колодок.

За допомогою блоку управління здійснюється площина, дотична до кола обертання верхніх ріжучих кромки ножів. Нижче цієї площини встановіть задній ролик подачі на 1,5 мм, передній затиск на 1 мм і задній на 0,5 мм.

При пробній обробці регулюють тиск подавальних роликів, щоб вони не прослизали під час роботи. Величина тиску регулюється затягуванням роликової пружини.

3) Установка нижніх роликів над рабочей поверхнею стола

При обробці листяних порід нижні ролики повинні виступати над столом на 0,1-0,2 мм.

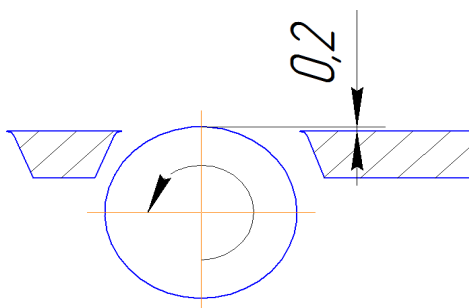


Рисунок 3.2 – Вузол нижнього ролика

4) Установка опорных роликов.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Висота опорних роликів повинна бути встановлена так, щоб їх утворювальна була паралельна робочій поверхні столу. Непаралельність роликів усувається гвинтами та перевіряється лінійкою та щупом. Лінійку встановлюють на опорні ролики і вимірюють щупом зазор між нижнім краєм лінійки і робочою поверхнею столу. Перевірку проводять по краях столу. 5) Встановлення кришок та стружколому. 6) Припасування столу під розміри заготовки. Стіл попередньо необхідно підняти на розмір, що трохи перевищує зазначений. Під час обробки пробних деталей розмір деталі підганяється під зазначений розмір. Установку можна виконувати вручну.

3.2 Інструкції з технічного нагляду та таблиця змащення

Вказівки щодо технічного нагляду за машиною наведені в таблиці 3.1. У ньому вказується пріоритетність нагляду, зміст роботи, періодичність виконання та на що слід звернути увагу. Інструкції створює головний інженер-механік, який стежить за справністю машини.

Карта змащування наведена в таблиці 3.2. Інструкції розроблені з урахуванням слюсарів і оповідачів.

Таблиця 3.1 – Інструкція з технічного нагляду за машиною

Послідовність нагляду	Зміст роботи з технічних питань. нагляд	Періодичність виконання - ніа	На що звернути увагу	Технологічні методи нагляду	
				Коригувальні заходи	Методи перевірки
Верхній подаючий ролик	Надійна подача заготовки	Один раз на зміну	Надійна подача заготовки на виході	Відрегулюйте верхній тиск	Візуально

Продовження таблиці 3.1

Нижній ролик подачі	Перевірте стабільність роботи заготовки	Один раз на зміну	Від якості вихідної заготовки	Відрегулюйте нижній тиск	Візуально
Стовбури ножів (верхній і нижній)	Нагрівання підшипників, шум, вібрація	Один раз на зміну	Відсутність мастила, незбалансований інструмент	Заміна мастила, заправка мастила, заміна інструменту	Візуально
Механізм управління	Перевірте всі перемикачі механізму	Один раз на зміну	Плавне перемикання, продуктивність	Заміна несправних деталей	Візуально
Статус ланцюга	Змащення під напругою	Один раз на зміну	Кількість мастила Натяг ланцюга	Натяг ланцюга забезпечення необхідної кількості мастила	Візуально
Стан ременя	Напруга Цілісність пояса	Один раз на зміну	цілісність і напруженість	Заміна або натяг ременя	Візуально
Земля	цілісність і видимість	Один раз на зміну	пошкодження ланцюга	Встановити зв'язок	Візуально

3.3 Графік технічного обслуговування

Планово-попереджувальні ремонти (ППР) — комплекс організаційно-технічних заходів щодо нагляду, технічного обслуговування та всіх видів ремонтів, що проводяться періодично за заздалегідь розробленим планом, з метою попередження передчасного зносу обладнання, усунення та попередження аварій, підтримки систем протипожежного захисту у постійній готовності.

Щоб скласти графік технічного обслуговування, необхідно розрахувати інтервал ремонту :

1) Тривалість циклу ремонту

$$T_{\text{цр}} = 11200,0 * K_{\text{ро}} * K_{\text{д}}, (3.1)$$

де $K_{\text{ро}}$ – коефіцієнт ремонтної властивості;

$K_{\text{д}}$ - коефіцієнт довговічності.

$$T_{\text{цр}} = 11200,0 * 1,0 * 1,4 = 15680,0$$

2) Міжремонтні

$$T_{\text{мр}} = T_{\text{цр}} \setminus n, (3.2)$$

де n – кількість ремонтів у ремонтному циклі.

$n = 6$ для обладнання масою до 5 тонн,

$n = 9$ для обладнання вагою понад 5 тонн.

$$T_{\text{мр}} = 15680,0 \setminus 6,0 = 2613,0$$

3) Міжакзаменаційний період

$$T_{\text{мо}} = T_{\text{мр}} \setminus 3,0, (3.3)$$

$$T_{\text{мо}} = 2613,0 \setminus 3,0 = 871,0$$

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

ВИСНОВКИ

Розроблено конструкцію верстата з нестандартним різальним інструментом, що забезпечує необхідну шорсткість. Підвищення продуктивності обробки деталі на верстаті дозволяє підвищити якість виробу, а також усунуто проблему неплоскостності заготовлі на виході.

Розробка сучасного двостороннього стругального верстата дозволить покращити якість оброблюваної заготовки на виході завдяки розробленому нестандартному різальному інструменту. Такий дефект, як неплоскостність заготовки, був усунений конструкторським рішенням. Цей проект має всі шанси конкурувати з аналогами.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Janchikoski, Aline Ribeiro, and José Filipe Bizarro Meireles. "Dynamic analysis of a free vibrating cantilever beam." *Núcleo do Conhecimento* 01, no. 06 (June 16, 2023): 123–42. <https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engineering-mechanical-engineering/dynamic-analysis>.

2. Moreira, Júnior Apparício Ramalho. "Integration management – adaptive life cycle approach in solar plant construction project – experience report." *Núcleo do Conhecimento* 01, no. 09 (September 6, 2021): 58. <https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/engineering-mechanical-engineering/integration-management>.

3. NAGATOMO, Makoto. "Macro Engineering and Mechanical Engineering (Macro Engineering and Mechanical Engineering)." *Journal of the Society of Mechanical Engineers* 91, no. 834 (1988): 427–32. http://dx.doi.org/10.1299/jsmemag.91.834_427.

4. Thareja, Priyavrat. "Mechanical Engineering Needs to Pursue Excellence." *Journal of Advanced Research in Mechanical Engineering and Technology* 06, no. 1&2 (September 26, 2019): 1–3. <http://dx.doi.org/10.24321/2454.8650.201901>.

5. ISHIKAWA, Michio. "Ambition of Mechanical Engineering from Power Engineering : Ambition of Mechanical Engineering." *Journal of the Society of Mechanical Engineers* 91, no. 830 (1988): 102–3. http://dx.doi.org/10.1299/jsmemag.91.830_102.

6. Nakashima, Kohei, Yoshio Murakami, and Soichi Ishihara. "Educational Fuel Cells for Mechanical Engineering Students." *International Conference on Business & Technology Transfer* 2012.6 (2012): 101–7. http://dx.doi.org/10.1299/jsmeicbtt.2012.6.0_101.

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КРБ 0020.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49