

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

_____ Я. М. Корнієнко

(підпис)

“ ” _____ 20__ р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 13 — Машинобудування

Спеціальність: 133 — Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання лісового комплексу

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології целюлозно-паперового виробництва

на тему: Модернізація поворотного преса картоноробної машини

Виконав студент IV курсу, групи ЛБ-51

Войтюк Вадим Олегович

Керівник проекту

ст. викладач, канд. техн. наук О.А. Новохат
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:

Охорона праці

канд. техн. наук, доцент І. М.Ковтун
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Очікувані

техніко-економічні

показники

ст. викладач, канд. техн. наук С.В. Гулієнко
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент:

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____ В. О. Войтюк

Київ – 2019

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

Імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Рівень вищої освіти — перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки: 13 — Машинобудування

Спеціальність: 133 — Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Обладнання лісового комплексу

Спеціалізація: Інжиніринг, обладнання та технології целюлозно-паперового виробництва

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я. М. Корнієнко

“ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Войтюку Вадиму Олеговичу

1. Тема проекту: Модернізація поворотного преса картоноробної машини.

Керівник проекту Новохат О.А.

Затверджена наказом по університету від “22” травня 2019 р. №1323-с.

2. Термін подання студентом проекту: 31 травня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту: швидкість картоноробної машини – 500 м/хв; сировина – картон; маса метра квадратного картону – 180 г/м²; початкова сухість картонного полотна $S_{поч} = 17\%$; кінцева сухість картонного полотна $S_{кін} = 31\%$.

4. Зміст пояснювальної записки:

а) основна частина: розглянути існуючі конструкції поворотних пресів, обґрунтувати вибір конструкції апарата; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що

підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апарату; виконати складальне креслення пресової частини та її основних складальних одиниць і деталей; розробити рекомендації щодо монтажу та експлуатації пресової частини; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки.

б) економічна частина: обґрунтувати модернізацію установки та оцінити її ефективність;

в) охорона праці: провести аналіз відповідності апарату до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації апарата.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): складальні креслення: поворотний прес – А2×3; відсмоктувальний вал – А2×3; гумований вал – А1; нагрівач – А1.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І. М.		
Очікувальні техніко-економічні показники	Гулієнко С.В.		

6. Дата видачі завдання: 15 квітня 2019 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник дипломного проекту
_____ О.А Новохат

15 квітня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

виконання дипломного проекту

студентом Войтюком Вадимом Олеговичем

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Терміни виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту.	16.04.19	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів).	17.04.19	
3	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції.	25.04.19	
4	Технічна характеристика установки, апарату. Вибір матеріалів.	28.04.19	
5	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів відсмоктувального вала.	01.05.19	
6	Розробка складальних креслень і його складальних одиниць. Вибір конструктивних параметрів конструктивних елементів конструкції	10.05.19	
7	Виконання необхідних розрахунків.	18.05.19	
8	Розробка вимог до конструкції з питань охорони праці	20.05.19	
9	Розрахунок економічної частини	25.05.19	

1	2	3	4
10	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	27.05.19	
11	Попередній захист проекту	06.06.19	
12	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	07.06.19	

Студент _____ Войтюк В.О.
(підпис)

Реферат

УДК 676.2.052

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” на тему "Модернізація поворотного преса картоноробної машини" / КПП ім. Ігоря Сікорського; Керівник Новохат О.А. – К., 2019. – 74 с.: іл. – Викон. Войтюк В.О.– Бібліогр.: с. 73.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань. Загальний обсяг записки становить 118 сторінок основного тексту, 29 рисунків, 8 таблиць.

Метою роботи є модернізація поворотного преса картоноробної машини, яка полягає у розробці пристрою для підігріву картонного полотна перед пресуванням. Модернізована конструкція поворотного преса дозволяє збільшити величину і рівномірність сухості картонного полотна по всій ширині та зменшити ймовірність обривів. Розраховано економічну доцільність від модернізації.

Записка містить опис технологічного процесу, вибір та обґрунтування пресової частини картоноробної машини, технічну характеристику, принцип дії основних складових частин, що проектуються і їх складальних одиниць та деталей, обґрунтування вибраних матеріалів, порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами, відомості про використані винаходи та патентну чистоту. Виконано розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції та визначено очікувані техніко-економічні показники від впровадження модернізації. Графічна частина проекту складається з креслень еквівалентного формату 5А1, серед яких: складальні креслення поворотного преса, відсмоктувального вала, гумованого вала та нагрівача. До кожного складального креслення складені специфікації.

Зазначена модернізація може бути рекомендована для впровадження у виробництво. Визначено рівень стандартизації та уніфікації. Розроблено пристрій для підігріву картонного полотна.

КАРТОНОРОБНА МАШИНА, ПОВОРОТНИЙ ПРЕС,
ВІДСМОКТУВАЛЬНИЙ ВАЛ, ПРЕСОВИЙ ВАЛ, ПРЕСУВАННЯ,
ЗНЕВОДНЕННЯ.

Реферат

УДК 676.2.052

Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня "бакалавр" на тему "Модернизация поворотного пресса картоноделательной машины" / КПП ім. Ігоря Сикорського ; Руководитель Новохат О.А. - К., 2019. - 74 с.: Ил. - Выполн. Войтюк В.О.- Библиогр.: с. 73.

Пояснительная записка состоит из вступления, восьми разделов, выводов и списка ссылок. Общий объем записки представляет 118 страницы основного текста, 29 рисунков, 8 таблиц.

Целью работы является модернизация поворотного пресса картоноделательной машины, которая заключается в разработке устройства подогрева для нагрева картонного полотна перед прессованием. Модернизированная конструкция поворотного пресса позволяет увеличить величину и равномерность сухости картонного полотна по всей ширине и уменьшить вероятность обрывов. Рассчитано экономическую целесообразность от модернизации.

Записка содержит описание технологического процесса, выбор и обоснование прессовой части, техническую характеристику, принцип действия основных составных частей, которые проектируются и их сборочных единиц и деталей, обоснование выбранных материалов, сравнения основных показателей разработанной конструкции с аналогами, сведения об использованных изобретениях и патентной чистоте. Произведено расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции и определенно ожидаемые технико-экономические показатели от внедрения модернизации. Графическая часть проекта состоит из чертежей эквивалентного формата 5А1, среди которых: сборочные чертежи поворотного пресса, вала отсасывающего, вала обрезающего и нагревателя. К каждому чертежу составлена спецификация.

Отмеченная модернизация может быть рекомендована для внедрения в производство. Определено уровень стандартизации и унификации. Разработано устройство для подогрева картонного полотна.

КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНАЯ МАШИНА, ПОВОРОТНЫЙ ПРЕСС,
ОТСАСИВАЮЩИЙ ВАЛ, ПРЕСОВЫЙ ВАЛ, ПРЕСОВАНИЕ,
ОБЕЗВОЖИВАНИЕ.

Abstract

UDK 676.2.052

Diploma project of educational level " bachelor" on the theme "Modernization of rotary press cardboard machine" / KPI the name of Igor Sikorsky; Scientific supervisor Novohat O.A. - K., 2019. - 74 pp.: Ill. - Developer. Voitiuk V.O.-Bibliogr.: p. 73.

The project consists of entry, eight chapters, conclusions and list of references. The total volume of message presents a 118 page of the main text, 29 figures, 8 tables.

The Purpose of the work is a modernization thumb press paperboard made machine, which is concluded in development steam box for heating cardboard linen before pressing. Modern design thumb press will allow enlarging the value and uniformity to dryness of the cardboard linen on the whole width and reducing its tear. The economic feasibility of modernization is calculated.

The project contains description of technological process, choice and ground of press part of cardboardmaking machine, technical description, principle of action of basic component parts that is designed their frame-clamping units and details, explanation of the chosen materials, comparisons of basic indexes of the worked out construction with analogues, information about the used inventions and patent cleanness. Calculations that produced, shows confirmative the capacity of construction, there were also designed drawings of the modernisated press part of cardboardmaking machine and certainly expected technical-economy indexes are conducted from introduction of modernisation. The graphic part of the project consists of equivalent drawings 5A1, including: assembly drawings rotary press, suction shaft, wear rubber shaft and heater. Each assembly drawing drawing up specifications.

The marked modernisation can be recommended for applying in industry. The level of standardization and unitization is certain. The device for warming of a cardboard canvas has been developed..

MACHINE CARDBOARD, ROTARY PRESS, SACTION ROLL, PRESSURE ROLL, PRESSING, REMOVING.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

на здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 13 — **Машинобудування**

Спеціальність: 133 — **Галузеве машинобудування**

Програма професійного спрямування: **Обладнання лісового комплексу**

Спеціалізація: **Інжиніринг, обладнання та технології целюлозно-паперового виробництва**

на тему: Модернізація поворотного преса картоноробної машини.

Комплексний

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	14
Вступ.....	15
1 Призначення та область застосування преса поворотного.....	17
1.1 Опис технологічного процесу.....	17
1.2 Вибір типу поворотного пресу та його місце в технологічній схемі.....	18
2 Технічна характеристика.....	20
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції.....	21
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей.....	21
3.2 Вибір матеріалів.....	23
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами.....	24
3.4 Патентне дослідження.....	26
4 Охорона праці.....	31
4.1 Небезпека ураження електричним струмом.....	31
4.2 Віброзахист.....	33
4.3 Виробничий шум.....	33
4.4 Освітлення на робочих місцях.....	34
4.5 Пожежна безпека.....	35
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції.....	36
5.1 Технологічний розрахунок.....	36
5.2 Розрахунок оболонки пресового відсмоктувального вала.....	39
5.3 Розрахунок приводної цапфи пресового відсмоктувального вала.....	43
5.4 Розрахунок оболонки гумованого гладкого верхнього вала.....	46
5.5 Вибір і розрахунок підшипників.....	51
5.6 Розрахунок потужності привода.....	54
6 Рекомендації, щодо монтажу і експлуатації.....	58
6.1 Монтаж.....	58

					ЛБ51.705431.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Войтюк			Модернізація поворотного преса картоноробної машини	Літ.	Лист	Листів
Перев.		Новохат				12	118	
Н.Контр.					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ			
Затв.								

6.2 Вказівки по технічному обслуговуванню.....	58
7 Рівень стандартизації та уніфікації	60
8 Очікувані техніко – економічні показники	61
8.1 Обґрунтування необхідності модернізації.....	61
8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по удосконаленню базової конструкції поворотного преса	62
Висновки	67
Выводы	69
Conclusion.....	71
Перелік посилань	73
Додаток А. Документація до патентного дослідження.....	75
Додаток Б. Програма розрахунку приводної цапфи нижнього відсмоктувального вала	81
Додаток В. Патенти, які використані в патентному дослідженні	86
Додаток Г. Публікації автора	99
Додаток Д. Специфікації	109

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні скорочення:

КРМ – картоноробна машина;

ККПК – Київський картонно - паперовий комбінат;

ЦПВ – целюлозно - паперове виробництво;

ГОСТ – державний стандарт;

ДСТУ – державний стандарт України;

ДСН – державно санітарні норми;

СНиП – будівельні норми і правила;

ПрАТ – Приватне акціонерне товариство.

Умовні позначення:

B – ширина картонного полотна, м;

V – швидкість, м/с;

D, d – діаметри, м;

m – маса, кг;

N – потужність, Вт;

n – частота обертання, 1/с;

t – температура, °С;

τ – час, с;

S – сухість полотна, %;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

I – момент інерції, м⁴;

W – момент опору, м³;

M – момент згинальний, Н·м;

σ – напруження при згині, Па;

E – модуль пружності матеріалу, Па;

ρ – густина матеріалу, кг/м³.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Процес пресування картонного полотна є невід’ємною технологічною частиною целюлозно-паперового виробництва. Пресова частина КРМ вирішує важливе технологічне завдання – безперервне механічне зневоднення картонного полотна за допомогою пресів, зокрема поворотного пресу, до максимальної сухості.

В процесі пресування картон набуває позитивних змін: збільшується густина, прозорість, гладкість та механічна міцність на розрив, злам і протиснення, а також зменшується пористість.

Пресова частина КРМ виконує велику роль у зменшенні енергозатрат завдяки зниженню витрат грійної пари в сушильній частині. Тому модернізація поворотного преса зі збільшенням інтенсивності зневоднення є актуальною задачею.

Метою дипломного проекту є модернізація поворотного преса картоноробної машини з розробкою пристрою для попереднього підігріву картонного полотна, що забезпечить рівномірну сухість та зневоднення картонного полотна по ширині та збільшить інтенсивність пресування.

Для досягнення мети поставлені такі задачі:

- описати конструкцію пресової частини картоноробної машини та основні її складальні одиниці та деталі;
- обґрунтувати вибір матеріалів;
- порівняти основні показники розробленої конструкції з аналогами;
- провести патентні дослідження;
- навести заходи по охороні праці;
- виконати параметричний розрахунок поворотного преса та розрахунки на міцність основних деталей та вузлів конструкції;
- надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації;
- визначити рівень стандартизації та уніфікації розробленої конструкції;

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виконати техніко-економічне обґрунтування модернізації поворотного преса;
- розробити необхідні креслення;

Завдання на дипломний проект одержано 15 квітня 2019 року, після чого була пройдена виробнича практика в ПрАТ «Київський картонно-паперовий комбінат» в м. Обухів.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

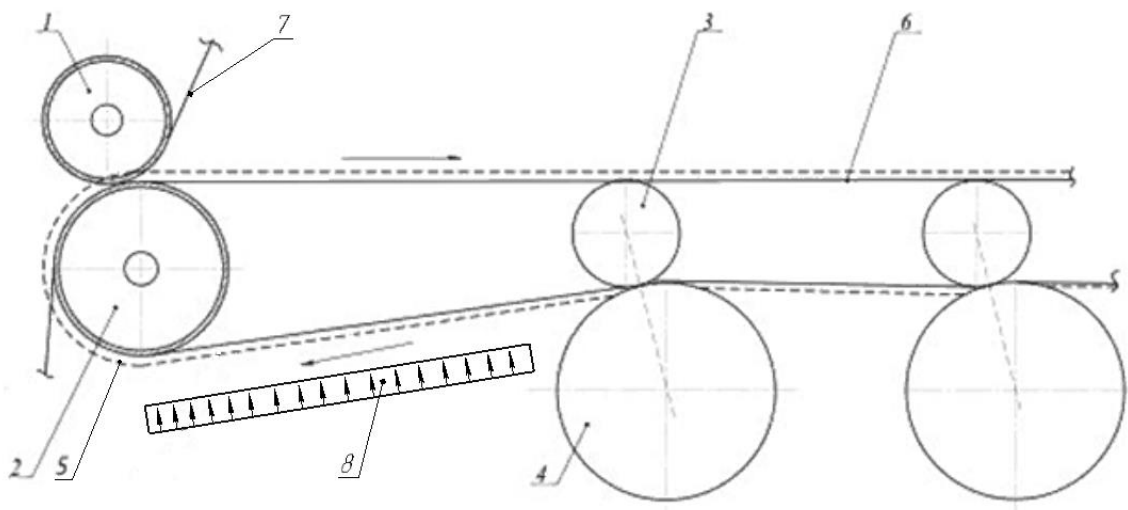
1 Призначення та область застосування преса поворотного

Поворотний прес картоноробної машини призначений для видалення вологи з картонного полотна. Поворотний прес використовують для виготовлення картонних та паперових виробів у целюлозно-паперовій промисловості.

Пресування картонного полотна відбувається між двома валами верхнім гладким гумованим валом та нижнім відсмоктувальним валом, які огинаються сукнами. Завдяки чому покращується рівномірність зневоднення картонного полотна і забезпечується однакова гладкість картону після пресу з обох сторін.

1.1 Опис технологічного процесу

Схема поворотного преса показана на рисунку 1.1.



- 1 – вал гладкий гумований; 2 – вал відсмоктувальний; 3 – знімальний валик;
4 – вакуум-формер; 5 – картонне полотно; 6 – нижнє сукно;
7 – верхнє сукно; 8 – нагрівач

Рисунок 1.1 – Схема поворотного преса

Формування картонного полотна відбувається в сітковій частині картоноробної машини, яка складається з плоского формуючого пристрою, оснащеного напірним ящиком та п'ятьма послідовними циліндричними вакуум-

						ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			17

формерами 4, кожен з яких може відлити шар картону з масою в межах 25-115 г/м².

Після формування картонного полотна 5, яке лежить на нижньому сукні 6, полотно проходить через нагрівач 8 та прямує до поворотного пресу, де картонне полотно зневоднюється механічним способом.

Зневоднення картонного полотна відбувається в пресовому захваті між верхнім гладким гумованим валом 1 та нижнім відсмоктувальним валом 2, які притискаються один до одного за допомогою механізму прижиму. Одночасно з прижимом працює вакуум-камера відсмоктувального валу, всмоктуючи воду з картонного полотна через нижнє сукно та перфорацію оболонки та здійснюючи поперечну фільтрацію води. Сукна очищуються за допомогою щілинних сукномийок.

Нагрівач, що встановлений перед поворотним пресом призначений для часткового нагріву картонного полотна. Це необхідно для збільшення інтенсивності процесу зневоднення під час пресування

1.2 Вибір типу поворотного пресу та його місце в технологічній схемі

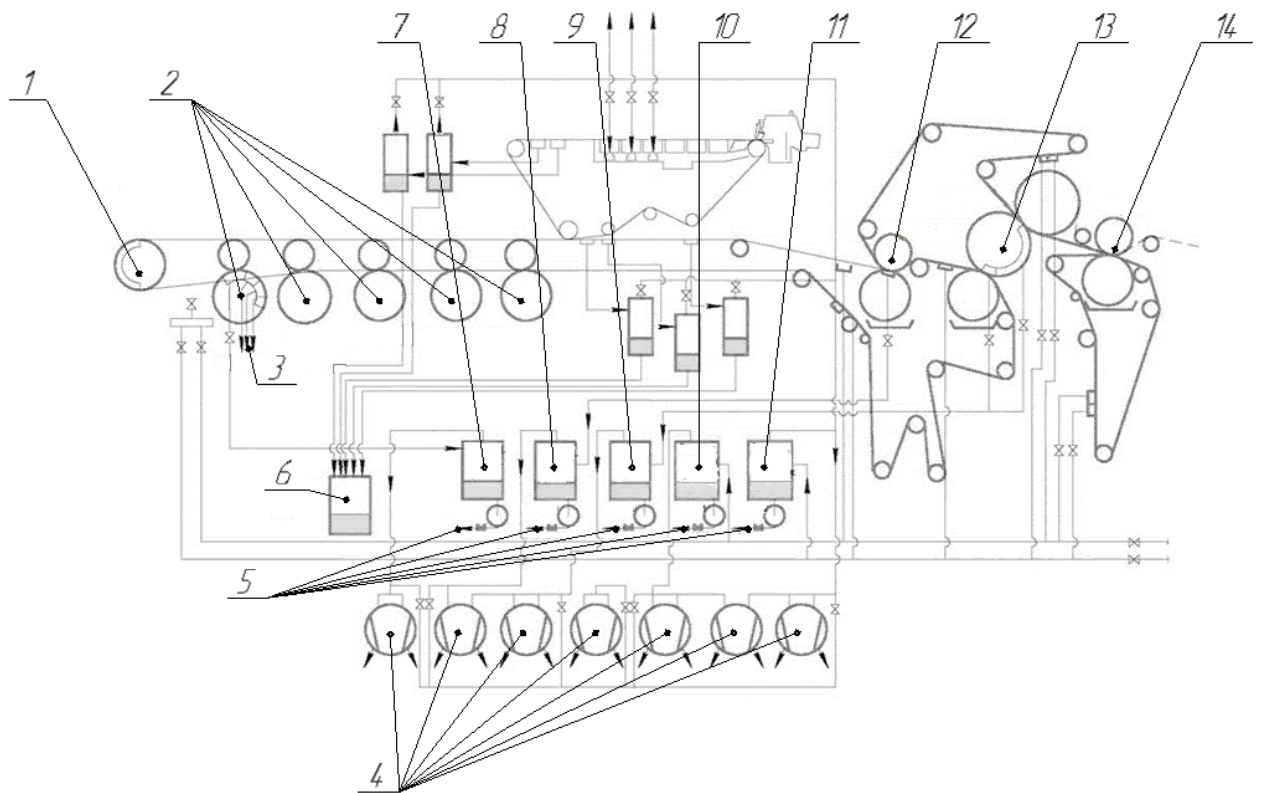
Схему розміщення поворотного пресу показано на рисунку 1.2.

Використання вакуум-формерів потребує зміни напрямку картонного полотна на протилежний, тому після них потрібно використовувати поворотний прес.

Для покращення зневоднення картонного полотна його попередньо підігрівають та направляють до пресового захвату. Нижній вал оснащено відсмоктувальною камерою, за допомогою якої збільшується різниця тисків, і волога краще видаляється з картонного полотна.

Верхній вал – це сталевий вал, покритий гладкою гумою для захисту від корозії, а всередині має порожнину.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18



1 – поворотний прес; 2 – вакуум-формуючі циліндри; 3 – напрямок до вакуум-вентилятора; 4 – вакуумні насоси; 5 – напрямок до каналізації;
 6 – посудина для збору води з сукон; 7 – водовідвід поворотного пресу;
 8 – водовідвід гауч-преса; 9 – водовідвід комбі-преса; 10,11 – водовідвід щілинних сукномийок; 12 – гауч прес; 13 – комбіпрес; 14 – прес з глухими отворами;

Рисунок 1.2 – Схема розміщення поворотного преса

Проектована конструкція поворотного пресу картоноробної машини підвищить кінцеву сухість картонного полотна перед сушильною частиною. Адже збільшення кінцевої сухості перед сушильною частиною на 1% збільшує її продуктивність на 5% [8].

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ51.705431.001 ПЗ

Арк.

19

2. Технічна характеристика

Технічна характеристика поворотного преса КРМ наведена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика пресової частини КРМ

Найменування параметру	Одиниця вимірювання	Величина
1. Швидкість машини	м/с (м/хв.)	8,3 (500)
2. Діаметр оболонки нижнього вала	м	0,85
3. Діаметр оболонки верхнього прижимного вала	м	0,7
3. Обрізна ширина картонного полотна	м (мм)	4,2 (4200)
4. Маса 1 м ² картону	кг/м ² (г/м ²)	0,18 (180)
5. Сухість картонного полотна:		
Початкова	%	17
кінцева		31
6. Габаритні розміри:		
довжина	м	6,8
висота		4,35
ширина		7,24
7. Маса	кг	54600
8. Потужність приводів		
Відсмоктувального валу	кВт	204
Гладкого гумованого валу		111

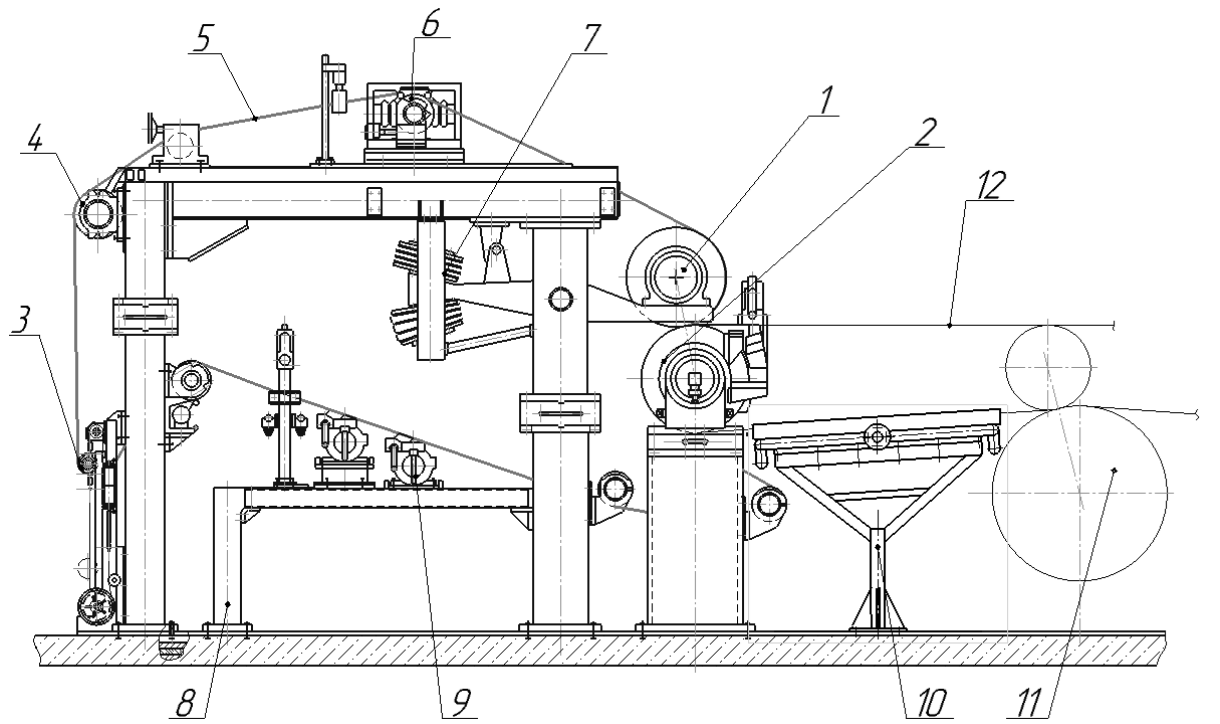
Розроблена конструкція поворотного преса та її показники відповідають сучасним закордонним аналогам.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей

Проектований поворотний прес КРМ (рис. 3.1) вальцевого типу з відсмоктуючим валом використовують в якості першого пресу після формуючої частини [1]. Такий прес використовує дію перепаду тисків завдяки відсмоктувальній камери та лінійного тиску між валами в пресовому захваті.



- 1 – гумований гладкий вал; 2 – відсмоктувальний вал;
3 – сукнонатяжка; 4 – сукноведучий валик; 5 – верхнє сукно;
6 – автоматична сукноправка; 7 – механізм прижиму верхнього валу;
8 – станина; 9 – щільова сукномийка; 10 – розроблений пристрій для підігріву картону; 11 – вакуум-формер; 12 – нижнє сукно.

Рисунок 3.1 – Прес поворотний

Поворотний прес КРМ (рис. 3.1) складається з таких деталей та складальних одиниць: гладкого гумованого валу 1, який огинається верхнім сукном 5, відсмоктувального валу 2, який огинається нижнім сукном 12,

									Арк.
									21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Матеріал сукон виготовляємо шерстяними з 20 % синтетичних волокон, таких як нейлон та капрон.

Матеріал для болтів обираємо якісну Сталь 35 з підвищеними вимогами за ГОСТ 7798-70.

Матеріал цапф валу конструкційна сталь 40 X за ГОСТ 7417-75, яка задовільняє всі умови міцності та жорсткості.

3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

Аналогом розробленої конструкції є поворотний прес фірми «Ешер – вісс», встановлений на Київському картонно-паперовому комбінаті (ККПК) в цеху КРМ.

Недоліки цієї конструкції в тому, що вона має велику енергоємність, нерівномірну сухість по всій ширині картонного полотна, а також складна в ремонті та обслуговуванні.

У дипломному проекті розроблений поворотний прес картоноробної машини з пристроєм для попереднього підігріву картонного полотна. Така конструкція покращує рівномірність сухості картонного полотна та створює більший лінійний тиск в захваті преса, і краще зневоднює картонне полотно, завдяки чому відбувається інтенсифікація процесу пресування. Пресування відбувається по всій ширині картонного полотна, що дозволяє вирівнювати профіль вологості і ліквідувати вірогідність обривів. Збільшення інтенсивності пресування сприяє зростанню швидкості машини. Тому збільшено товщини оболонок валів для забезпечення стійкості конструкцій при підвищених швидкостях машини.

Крім того, розроблена конструкція поворотного пресу має сукно з більшим кутом огинання нижнього відсмоктувального валу, що покращує видалення вологи та зменшує вірогідність обривів картонного полотна. Разом з попереднім підігрівом відстань між молекулами води збільшується та

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищується текучість води. Через це вода гірше зв'язана між собою і її видалення проходить швидше. Порівняння основних показників наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1– Порівняння основних показників поворотного преса КРМ

Параметр	Розроблена конструкція	Аналог 1	Аналог 2
1	2	3	4
Швидкість машини, м/с (м/хв)	8,3 (500)	7,5 (450)	7 (420)
Обрізна ширина картону, м	4,2	4,2	4.2
Лінійний тиск в захваті преса, Н/м	70000	60000	45000
Продуктив- ність машини (по масі картону 180г/ м ²), кг/с (кг/год)	5,96 (21456)	5,38 (19391)	5,02 (18098)
Сухість полотна перед пресом, %	17	17	17
Сухість полотна після преса, %	31	30	29
Маса, кг	54600	52500	65800

Висновки: Аналіз показників, зазначених в таблиці 3.1, показує, що, порівняно з аналогами, спроектована конструкція поворотного преса КРМ дозволяє збільшити на 9,7 % продуктивність КРМ по масі картону, збільшити

швидкість картоноробної машини та сухість картонного полотна після пресування на 1 % і зменшити кількість обривів картонного полотна.

3.4 Патентне дослідження

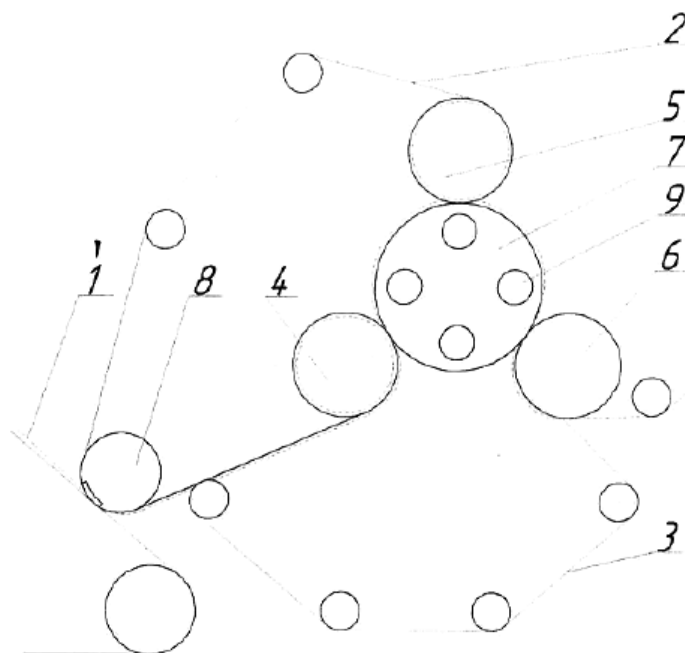
В дипломному проекті розроблена модернізація поворотного пресу КРМ, а саме пристрій для попереднього підігріву картонного полотна, який інтенсифікує процес пресування. Предметом пошуку є поворотний прес, пресова частина КРМ, відсмоктувальний вал та гарячі преси.

Пошук виконуємо за такими джерелами інформації: патент на винахід, патент на корисну модель

Для аналізу прототипів конструкції обираємо джерела інформації [2 – 6].

Пресова частина картоноробної машини [2].

Схема конструкції пресової частини показана на рис 3.2.



1 – картонне полотно; 2 – верхнє сукно; 3 – нижнє сукно; 4, 5 – жолобчасті віджимні вали; 6 – гладкий гумований вал; 7 – гарячий вал; 8 – пересмоктуючий вал; 9 – нагрівальні елементи.

Рисунок 3.2 – Схема пресової частини картоноробної машини

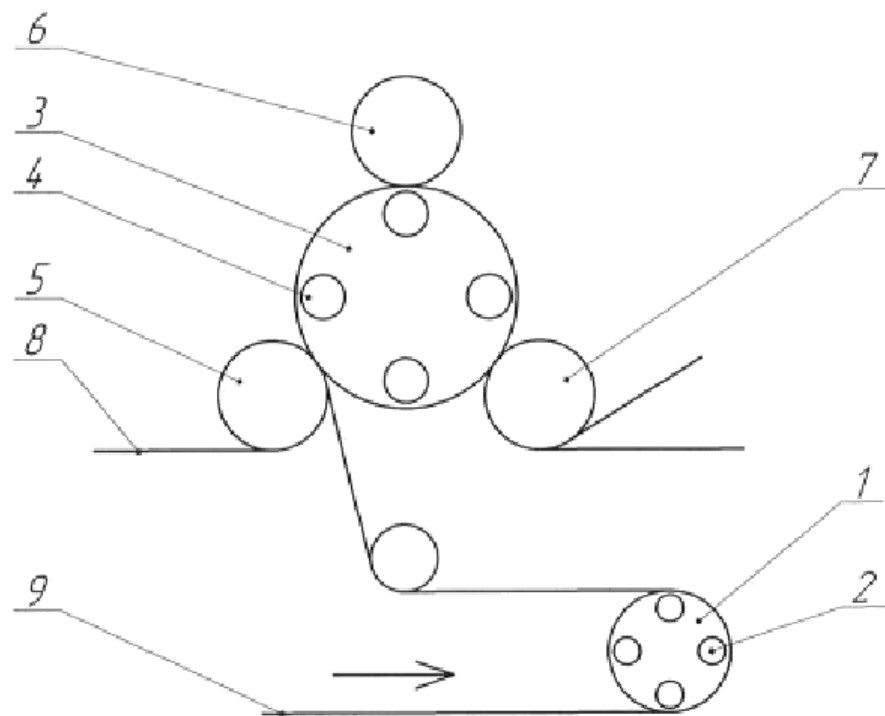
Картонне полотно пересмоктується валом на сукно, потім проходить через трьохвальний захват з центральним гарячим валом.

Перевага такої конструкції в підвищенні кінцевої сухості картонного полотна та покращенні економічних показників.

Недоліки такої конструкції в частих обривах картонного полотна після гладкого гумованого валу та прилипання картонного полотна на гладкий гумований вал через відсутність сукна.

Пресова частина картоноробної машини [3].

Схема конструкції пресової частини показана на рис. 3.3.



1 – поворотний вал; 2 – нагрівальні елементи поворотного валу; 3 – гарячий вал; 4 – нагрівальні елементи центрального валу; 5,6,7 – жолобчасті віджимні вали; 8 – сукно; 9 – паперове полотно.

Рисунок 3.3 – Схема пресової частини картоноробної машини

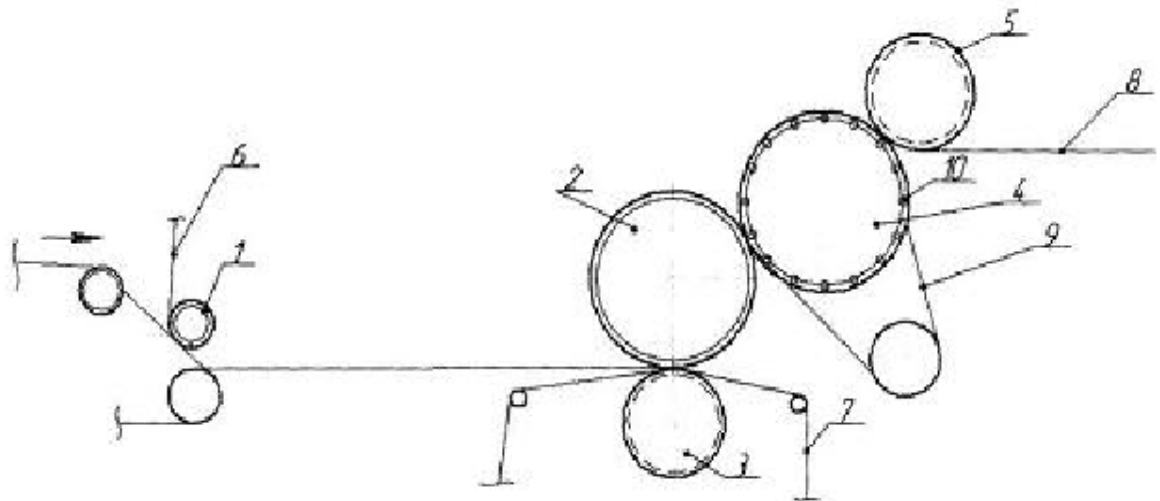
Паперове полотно потрапляє на гарячий поворотний вал, нагрівається до зазначеної температури та рухається в трьохвальний захват з центральним гарячим валом.

Переваги такої конструкції в покращенні видалення води з картонного полотна за рахунок попереднього підігріву та відсутність прилипання до жолобчастих валів.

Недоліки такої конструкції в великому проміжку між гарячим поворотним валом та трьохвальним пресом, що зменшить ступінь нагрівання полотна перед надходженням до пресового захвату. Також відсутність підтримуючого сукна збільшує вірогідність обриву полотна.

Пресова частина картоноробної машини [4].

Схема конструкції пресової частини показана на рис. 3.4



1 – пересмоктуючий вал; 2,3 – вали; 4 – центральний вал; 5 – пресовий вал; 6,7 – сукна; 8 – паперове полотно; 9 – термопластична стрічка; 10 – нагрівальні елементи.

Рисунок 3.4 – пресова частина картоноробної машини

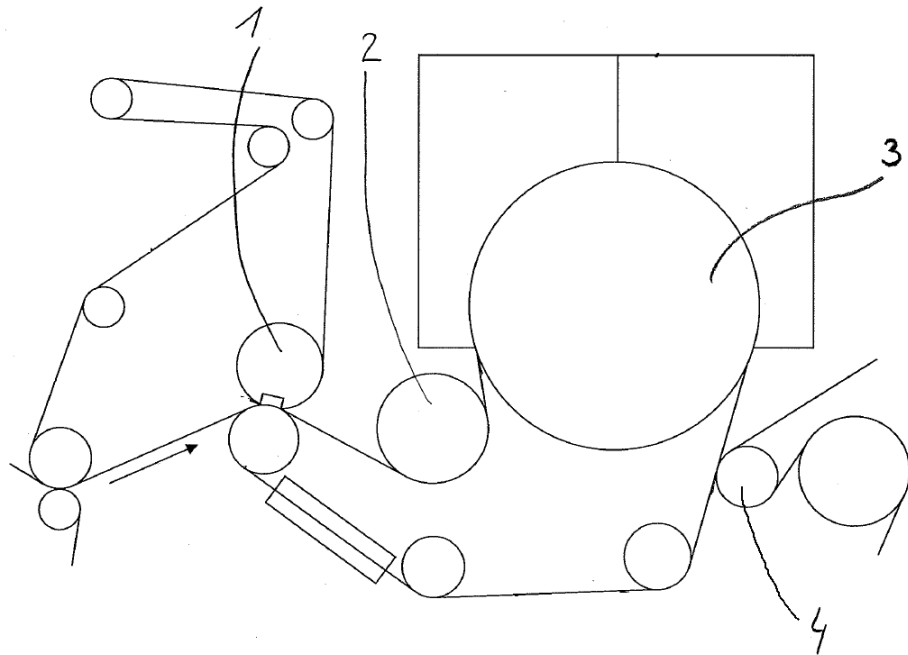
Паперове полотно пересмоктується валом та разом з сукном прямує в пресовий захват, утворений пресовими валами. Далі полотно рухається на пресовий захват, утворений останнім пресовим валом і центральним валом,

останній з яких підігрівається.

Переваги такої конструкції в можливості регулювання лінійного тиску, збільшення міцності полотна після пресу та підвищення кінцевої сухості.

Недоліки такої конструкції в частій заміні термопластичної стрічки.

Пресова частина папероробної машини [5].



- 1 – пресовий вал; 2 – відсмоктувальний вал; 3 – лоцильний циліндр;
4 – пересмоктувальний нижній вал.

Рисунок 3.5. – Схема пресової частини папероробної машини

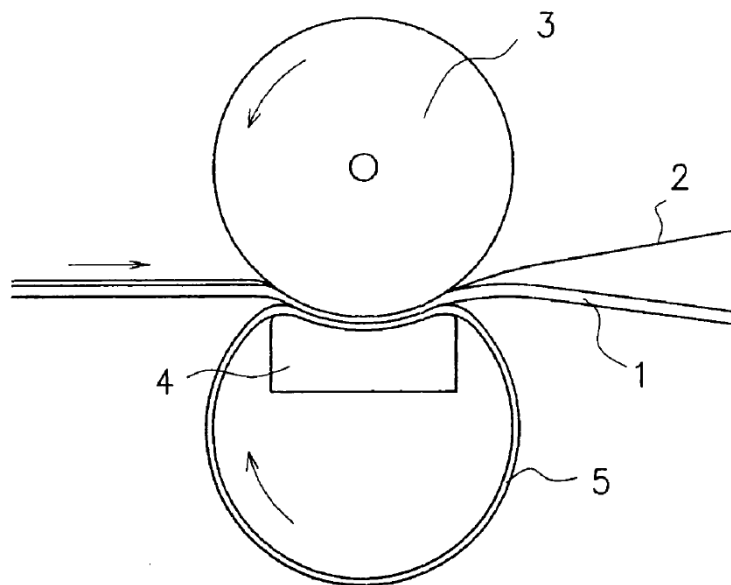
Паперове полотно, проходячи через перший пресовий захват, частково зневоднюється та прямує на відсмоктувальний вал, після чого підігрівається на лоцильному циліндрі та ще раз проходить через відсмоктувальний нижній вал.

Переваги такої конструкції в можливості виготовлення тонкого паперу, збільшення кінцевої сухості полотна.

Недоліки такої конструкції в великій металоємності та неможливості використання її для виготовлення картону.

Пресова частина папероробної машини [6].

Паперове полотно разом з підтримуючим сукном прямує в пресовий захват утворений верхнім пресовим валом, який зверху тисне на башмак.



1 – паперове полотно; 2 – сукно; 3 – верхній пресовий вал;
4 – башмак; 5 – металева стрічка.

Рисунок 3.5. – Схема пресової частини папероробної машини

Переваги такої конструкції в збільшеній площі пресування та підвищенні кінцевої сухості полотна

Недоліки такої конструкції в швидкому зносі стрічки та унеможливленні використання в якості першого пресу.

Висновок: в результаті патентного аналізу з'ясовано, що в розроблюваній конструкції не використовуються технічні рішення захищені правами інтелектуальної власності. Також встановлено, що сучасні розробки пресових частин, в основному, стосуються збільшення кінцевої сухості полотна після пресування.

Регламент патентного пошуку наведено в додатку А. Копії аналізованих патентів наведено в додатку Б.

В модернізації поставлена задача інтенсифікації зневоднення картонного полотна шляхом попереднього підігріву.

4 Охорона праці

Одним з найважливіших завдань держави є захист життя і здоров'я громадян у своїй роботі. Основним правовим документом у цій сфері є Закон України «Про охорону праці» [15].

Охорона праці повинна визначати й досліджувати причини нещасних випадків на виробництві, вибухів, отруень, професійних хвороб, пожеж тощо. За результатами дослідження буде розроблено порядок заходів і потреб для позбавлення цих причин, створення безпечних умов праці та їх пом'якшення для людей.

Тема дипломного проекту: «Модернізація поворотного пресу картоноробної машини».

Обслуговування поворотного пресу виконує оператор який перебуває в операторній площі $S = 10 \text{ м}^2$ та об'ємом $V = 40 \text{ м}^3$.

При обслуговуванні поворотного пресу існують такі небезпечні промислові фактори:

- електричний струм;
- виробничі вібрації;
- виробничий шум;
- виробниче освітлення;
- пожежна безпека.

Ретельно розглянемо зазначені вище небезпечні та шкідливі фактори.

4.1 Небезпека ураження електричним струмом

З класифікації приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом визначаємо, що цех, в якому встановлена картоноробна машина, відповідає класу приміщень високого ризику (підвищена вологість майже до 80 %).

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У приміщенні, де розташований поворотний прес, використовується напруга $U = 220/380$ В, частота $f = 50$ Гц, із застосуванням трифазної мережі з ізолюваною нейтралю.

Причини ураження електричним струмом:

- пошкодження ізоляції дротів;
- напруга, яка з'явилась на корпусі через пошкодження ізоляції та пробої;
- випадкове торкання до оголених дротів;
- несправність захисних засобів або випадкове ввімкнення напруги під час ремонту;
- неспрацьовування автоматичного вимкнення електричного струму через несправність.

Захист від ураження електричним струмом:

- надійне ізолювання дротів, якими проходить електричний струм (опір ізоляції $R \geq 0,5$ МОм);
- забезпечення захисного обладнання для персоналу (рукавички, діелектричні затискачі, індикатори напруги та ін);
- підключення автоматичного вимкнення електричного струму до всіх струмоведучих частин;
- встановлення додаткового захисного заземлення;
- використовувати попереджувальні знаки та сигнали, відповідні таблички (про проведення ремонтних робіт, високу напругу та ін);
- монтаж дротів проводити в металевих трубах для захисту від пошкоджень;
- виконувати перевірки всіх автоматичних вимикачів на справний стан та їх вчасна заміна;
- у випадку надзвичайної ситуації використати захисне заземлення ГОСТ 121030 – 86/96.

Всі контрольовані струмом компоненти вище 42 В в системі автоматичного керування мають захист від випадкового дотику під час роботи.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимоги з безпеки встановлюються спеціальним розділом посадових інструкцій і інструкцій з експлуатації технічних засобів.

4.2 Віброзахист

Джерела вібрації в цеху – це даталі поворотного пресу які рухаються і обертаються. В основному – це пресові вали, проміжні вали, насоси, електродвигуни. В цих деталях виникають незрівноважені сили, що призводить до появи вібрації.

Вібрація спричиняє шкідливу дію на організм людини. Водночас дія виробничого шуму та відносної вологості призводить до змін в опорно-руховому апараті.

Для послаблення вібрації потрібно врівноважити всі сили що викликані динамічними навантаженнями.

Для запобігання вібрації виконуємо такі дії:

- надійне закріплення рознімних частин обладнання (кришок підшипників, з'єднувальних фланців трубопроводів);
- центрування муфтових з'єднань з електродвигуном;
- ліквідацію перекосів та великих зазорів у підшипниках;
- динамічне балансування обертових частин агрегатів.

Рівень вібрації на частоті $f = 4$ Гц не перевищує 90 дБ, що відповідає нормам ДСН 3.3.6.039-99.

4.3 Виробничий шум

У цеху закритого типу, де встановлена КРМ, а саме конструкція поворотного пресу викликає безперервний шум. Максимально допустимі рівні шуму близько 97 дБА не відповідають вимогам.

Для зменшення рівня шуму необхідно:

- динамічно збалансувати вали;

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- слідкувати за технічним станом обладнання, вчасно замінювати мастила;
- очищувати деталі які рухаються і обертаються від забруднень таких як пил, бруд, залишки волокна з картонного полотна;
- для оператора встановити звукоізолюючу кімнату, в якій потрібно забезпечити мінімальний рівень шуму, менше 65 дБА, для контролю за всіма параметрами пресової частини;
- видати персоналу, який працює в цеху картоноробної машини, навушники ПШН-Б ГОСТ 12.4.051.87.

Після виконання всіх дій зазначених вище максимально допустимий рівень шуму відповідає вимогам DSN 3.3.6.037-99 [15].

4.4 Освітлення на робочих місцях

В цеху, де знаходиться поворотний прес передбачено штучне та природне освітлення.

Для штучного освітлення оптимальними є світлодіодні світильники з лампами типу LED з мінімальним світловим потоком 90 лм/вт і більш тривалим терміном служби 26 тис. годин. Відповідно до стандартів освітлення, нормоване значення освітленості становить $E_n = 200$ лк, а коефіцієнт резервування – $k = 1,8$ відповідно до ДБН2,5.28-2006.

Для освітлення цеху використовуємо світлодіодний світильник LPV 90 з світловим потоком 131 лм/вт з розмірами 3000x73x70 мм. Для рівномірного освітлення розміщуємо їх в три ряди.

Лампи виробляють світло, близьке до природної яскравості.

Для досягнення природного освітлення удень в цеху встановлені вікна, що відповідають стандартам.

Дійсна освітленість таких ламп становить 270 лк, що відповідає ДБН2,5.28-2006.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.5 Пожежна небезпека

В процесі експлуатації основним технологічним матеріалом є картон з низькою температурою займання (близько 250 ° С).

Відповідно до ОНТП 24 – 86 приміщення для поворотного преса відносять до категорії В – пожежонебезпечні та СНиП2.01.02. – 85 клас зони П-Па (ПУЕ), цех КРМ відноситься до другого ступеня вогнетривкості[15].

Причинами виникнення пожежі можуть бути:

- порушення технології виготовлення;
- розряди статичної електрики;
- несправність електромережі та обладнання;
- паління в невстановленому місці.

Для запобігання та зупинення пожежі передбачені такі заходи:

- встановлення димових пожежних сповіщувачів;
- заземлення поверхонь на яких може виникати статична електрика;
- встановлення автоматичного пожежогасіння;
- обладнання цеху двома виходами для евакуації.

На рисунку 4.1 наведено схему евакуації при пожежі.

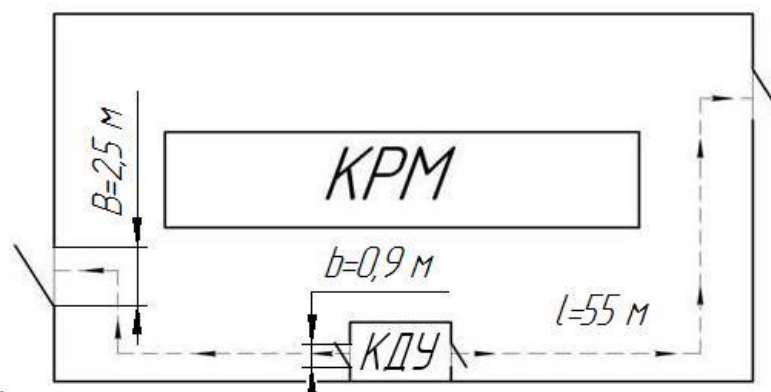


Рисунок 4.1 - Схема евакуації

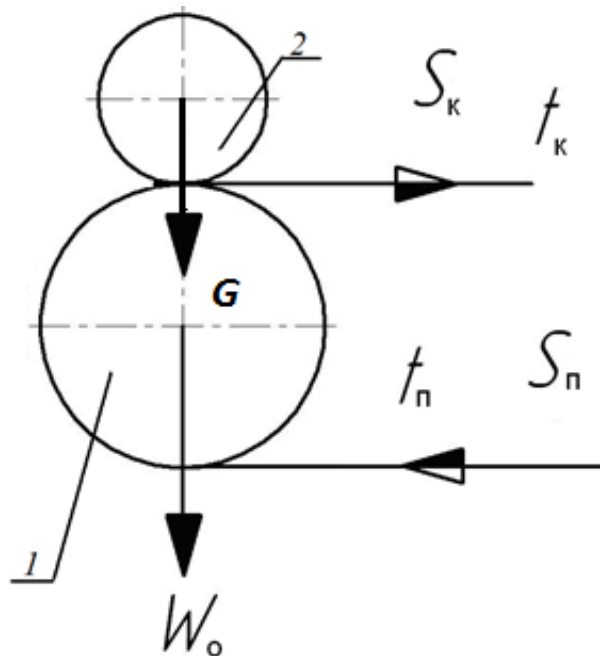
- встановлення в цеху достатньої кількості вогнегасників САМ-6 – 25 шт., ящиків з піском та пожежних гідрантів;

										Арк.
										35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛБ51.705431.001 ПЗ					

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

5.1 Технологічний розрахунок

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.1.



1 – вал відсмоктувальний; 2 – вал гумований

Рисунок 5.1 – Розрахункова схема

Мета розрахунку: визначення лінійного тиску в захваті поворотного преса, необхідного для досягнення заданої сухості картонного полотна.

Вихідні дані:

швидкість картоноробної машини V , м/с (м/хв)	8,3 (500)
маса 1 м^2 картону g , кг/м ² (г/м ²)	0,18 (180)
сухість картону перед пресом S_n , %	17
сухість картону після відсмоктувального вала S_k , %	31
обрізна ширина картону B , м	4,2

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [7].

Баланс складається на 1 кг абсолютно сухого картону.

Продуктивність картоноробної машини:

									Арк.
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛБ51.705431.001 ПЗ				

$$Q = VBgS_H = 8,3 \cdot 4,2 \cdot 0,18 \cdot 0,95 = 5,96 \text{ кг/с,}$$

де S_H – сухість картону на накаті.

Сухість картонного полотна при пресуванні між двома сукнами знаходимо за рівнянням:

$$S = 36,33 - 0,538x_1 + 1,77x_2 + 0,907x_3 - 0,534x_1^2 - 0,432x_2^2 \quad (5.1)$$

Коефіцієнти з рівняння (4.1) x_1, x_2, x_3 визначають із співвідношень:

$$x_1 = \frac{V - 5}{1,6} = \frac{8,3 - 5}{1,6} = 2,062$$

$$x_2 = \frac{q_L - 70}{25} = \frac{70 - 70}{25} = 0,$$

де q_L – попередньо заданий лінійний тиск в захваті поворотного преса, кН/м.

$$x_3 = \frac{S_{\Pi} - 22}{2} = \frac{17 - 22}{2} = -2,5.$$

Підставимо отримані значення коефіцієнтів x_1, x_2, x_3 в формулу (5.1):

$$S'_K = 36,33 - 0,538 \cdot 2,062 + 1,77 \cdot 0 + 0,907 \cdot (-1,5) - 0,534 \cdot 2^2 - 0,432 \cdot 0^2 = 31,5\%.$$

Маємо:

$$S'_K \cong S_K,$$

$$31,5 \% \approx 31 \%.$$

Для збільшення продуктивності пресової частини попередньо підігріємо картонне полотно. Адже відомо, що збільшення температури картонного полотна на 7°C збільшує сухість полотна перед сушінням на $1 - 1,5\%$ [7].

Загальна кількість вологи перед пресом:

$$G_{\text{вол}} = \frac{Q(1 - S_{\Pi})}{S_{\Pi}} = \frac{5,96 \cdot (1 - 0,17)}{0,17} = 29,1 \text{ кг/с.}$$

Кількість теплоти, яку потрібно підвести грійним пристроєм для підігріву картонного полотна на 7°C :

$$Q_{\Pi} = \Delta t(c_B G_{\text{вол}} + c_K Q)\eta = 7 \cdot (4,19 \cdot 29,1 + 1,43 \cdot 5,96) \cdot 1,05 = 958,65 \text{ кВт;}$$

де c_K – питома теплоємність абсолютно сухого картону, кДж/(кг \cdot °C) [11];

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

c_v – питома теплоємність води, кДж/(кг·°С) [11];

η – коефіцієнт на втрати теплоти від пари [11].

Кількість пари, що необхідна для нагрівання картонного полотна до заданої температури:

$$G_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{п}}}{r} = \frac{958,65}{2086} = 0,46 \text{ кг/с,}$$

де r – питома теплота конденсації пари при $P = 0,6$ МПа та $t = 158^\circ\text{C}$, кДж/кг [11].

Об'ємні витрати пари:

$$G_v = \frac{G_{\text{п}}}{\rho} = \frac{0,46}{3,258} = 0,141 \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

де ρ – густина пари при $P = 0,6$ МПа [11].

Діаметр трубопровода для підведення пари:

$$d = \sqrt{\frac{4G_v}{v\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,141}{30 \cdot 3,14}} = 0,077 \text{ м.}$$

Товщина стінки трубопровода для підведення пари.

$$S_{\text{т}} = \frac{Pd}{2[\sigma] - P} + C_{\text{к}} = \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,077}{2 \cdot 138,7 \cdot 10^6 - 0,6 \cdot 10^6} + 0,0016 = 0,001766 \text{ м,}$$

де σ – границя міцності матеріалу при $t = 158^\circ\text{C}$, Па [12];

$C_{\text{к}}$ – поправочний коефіцієнт на корозію матеріалу, м [12].

Обираємо трубу з внутрішнім діаметром $d = 0,08$ м та товщиною стінки $S_{\text{т}} = 3,5$ мм за ГОСТ 3262-75.

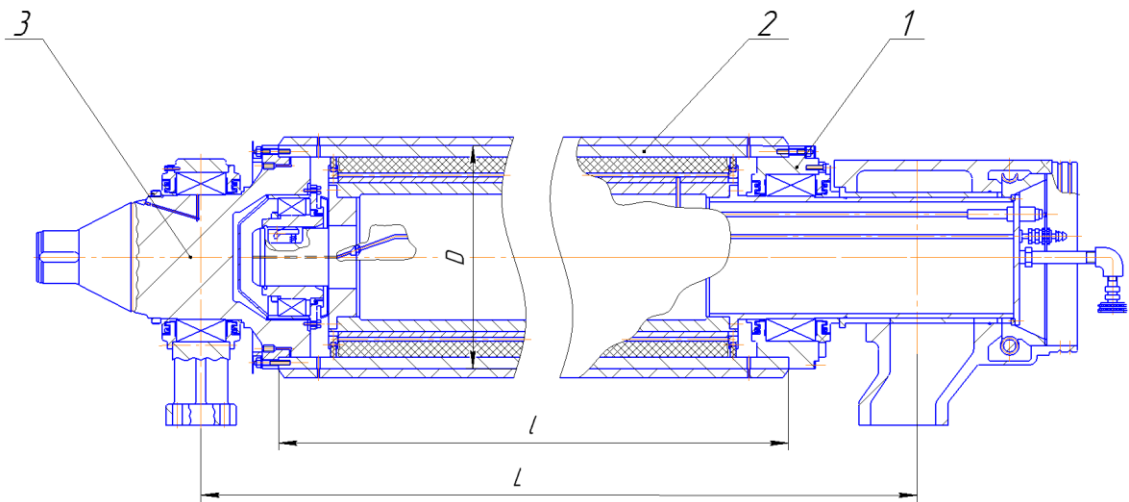
Обираємо приварний фланець DN = 80, PN = 0.6 МПа з внутрішнім діаметром $d_{\text{ф}} = 0,091$ м за ГОСТ 12820-80.

Висновок: отримане значення сухості картонного полотна досягнуто, за підбраною величиною лінійного тиску між валами преса 70000 кН/м. Встановлена кількість теплоти та витрата грійної пари для попереднього підігріву картонного полотна на 7°C .

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Розрахунок оболонки пресового відсмоктувального вала

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.2 та 5.3.



1 – цапфа лицьова; 2 – оболонка; 3 – цапфа привідна

Рисунок 5.2 – Схема відсмоктувального пресового вала

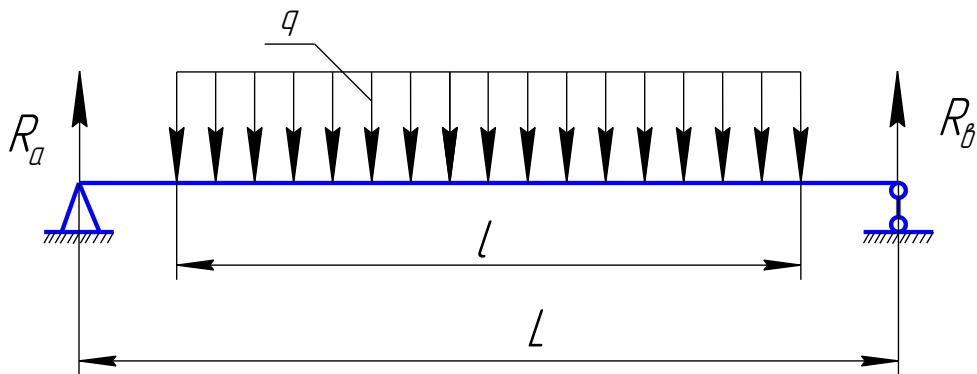


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема навантаження відсмоктувального вала

Мета розрахунку: перевірка оболонки пресового відсмоктувального вала на міцність і жорсткість.

Вихідні дані:

швидкість картоноробної машини V , м/с	8,3
зовнішній діаметр оболонки вала D , м	0,85
внутрішній діаметр оболонки вала d , м	0,75
довжина зони відсмоктування $l_{отс}$, м	4,6
ширина зони відсмоктування $b_{отс}$, м	0,75

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛБ51.705431.001 ПЗ

Арк.

39

натяг сукна S , Н/м	2·10 ³
довжина оболонки вала l , м	4,910
відстань між опорами вала L , м	5,550
лінійний тиск $q_{л}$, Н/м	70000
сила тяжіння оболонки вала G_1 , Н	39790
сила тяжіння відсмоктувальної камери G_2 , Н	15920
сила тяжіння лицьової сторони вала G_3 , Н	7310
сила тяжіння цапфи приводної сторони вала G_4 , Н	7310
сила тяжіння вала без підшипникових вузлів G_5 , Н	57910
прискорення вільного падіння g , м/с ²	9,81
величина вакууму в камері P_1 , Па	63700
матеріал оболонки вала	сталь 10X12НДЛ

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [8].

Оболонка пресового відсмоктувального вала працює під навантаженням від сили тяжіння, зусилля притискання від вакууму у камері, натягу пресового сукна, сили тяжіння верхнього вала і величини додаткового прижиму.

Прижим оболонки вала до камери при вакуумі в ній:

$$P_{в} = P_1 b_{отс} l_{отс} = 63700 \cdot 0,75 \cdot 4,6 = 219765 \text{ Н.}$$

Навантаження від натягу сукна:

$$P_{с} = 2Sl_{с} = 2 \cdot 2000 \cdot 4,5 = 18000 \text{ Н,}$$

де $l_{с}$ – ширина пресового сукна, м.

Навантаження від сили тяжіння верхнього вала і додаткового прижиму:

$$P_{п} = q_{л} l = 70000 \cdot 4,91 = 343700 \text{ Н.}$$

Для розрахунку приймаємо, що сили $P_{с}$, $P_{п}$, $P_{в}$, G_1 діють в одній вертикальній площині, тоді:

Сумарне вертикальне навантаження оболонки вала:

$$P = P_{с} + P_{п} + P_{в} + G_1 = 18000 + 343700 + 219765 + 39790 = 621255 \text{ Н.}$$

Реакція опори корпусу вала з лицьової сторони:

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$R_1 = \frac{P}{2} + G_3 = \frac{621255}{2} + 7310 = 317937\text{Н.}$$

Реакція опори корпусу вала з приводної сторони за відсутністю вакууму як найгірший випадок:

$$R_2 = \frac{P - P_B + G_2}{2} + G_4 = \frac{621255 - 219765 + 15920}{2} + 7310 = 216000\text{Н.}$$

Коефіцієнт послаблення перетину вала від перфорації:

$$\eta = \frac{i(S_0 - d_0)n_0}{\pi D} = \frac{5 \cdot (0,0159 - 0,005) \cdot 59}{3,14 \cdot 0,85} = 1,204,$$

де i – кількість однакових відрізків, які складають ламану лінію;

S_0 – відстань між суміжними отворами, м;

d_0 – діаметр отворів перфорації оболонки, м;

n_0 – число отворів, що попадають в поперечний перетин оболонки (рисунок 5.4).

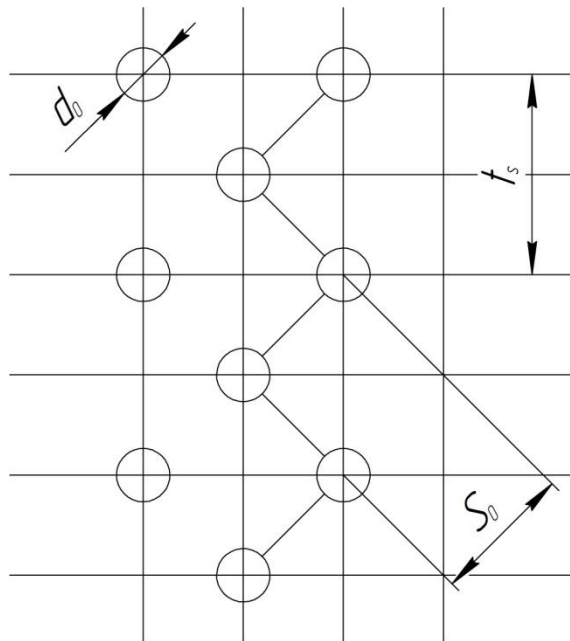


Рисунок 5.4 – Схема перфорації оболонки

Максимальний згинаючий момент:

$$M_{зг} = \frac{P}{4} \left(L - \frac{l}{2} \right) = \frac{621255}{4} \cdot \left(5,55 - \frac{4,91}{2} \right) = 480696\text{Н} \cdot \text{м.}$$

Момент інерції оболонки вала:

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$I = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) = \frac{3,14}{64} \cdot (0,85^4 - 0,75^4) = 0,01 \text{ м}^4.$$

Момент опору оболонки вала:

$$W = \frac{2I}{D} = \frac{2 \cdot 0,01}{0,85} = 0,024 \text{ м}^3.$$

Напруження згинання з врахуванням послаблення перетину перфорацією:

$$\sigma = \frac{M_{зг}}{W\eta} = \frac{342900}{0,024 \cdot 1,204} = 16,6 \text{ МПа}.$$

де η – коефіцієнт послаблення перетину вала від перфорації [8].

Коефіцієнт концентрації для перетину оболонки вала:

$$[K_{\sigma}]_д = \frac{K_{\sigma} + K_{\sigma}^n - 1}{\epsilon_{\sigma}} = \frac{2,1 + 1,05 - 1}{0,54} = 3,98,$$

де K_{σ} – коефіцієнт концентрації в галтелі при згинанні;

K_{σ}^n – коефіцієнт стану поверхні;

ϵ_{σ} – масштабний фактор.

Границя витривалості оболонки вала:

$$[\sigma_{-1}]_д = \frac{\sigma_{\text{в}}}{[K_{\sigma}]_д} = \frac{450}{3,98} = 113 \text{ МПа}.$$

Де $\sigma_{\text{в}}$ – границя міцності матеріалу оболонки, МПа [13].

Запас міцності по границі витривалості:

$$n = \frac{[\sigma_{-1}]_д}{\sigma} = \frac{113 \cdot 10^6}{16,6 \cdot 10^6} = 6,8.$$

Умова міцності:

$$n \geq [n],$$

$$6,8 > 3,$$

Де $[n]$ – мінімальний допустимий запас міцності [13],

тобто умова міцності виконується.

Прогин оболонки вала з врахуванням перфорації:

$$f = \frac{Pl^2(12L - 7l)}{384EI(1 - K)} = \frac{621255 \cdot 4,91^2 \cdot (12 \cdot 5,55 - 7 \cdot 4,91)}{384 \cdot 2,5 \cdot 10^{11} \cdot 0,01 \cdot (1 - 0,25)} = 6,7 \cdot 10^{-4} \text{ м},$$

де E – модуль пружності матеріалу оболонки, Па [13];

									Арк.
									42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛБ51.705431.001 ПЗ				

K – коефіцієнт живого перетину отворів оболонки вала.

Відносний прогин:

$$\varepsilon = \frac{f}{l} = \frac{6,7 \cdot 10^{-4}}{4,91} = 1,36 \cdot 10^{-4} \text{ м/м.}$$

Умова жорсткості:

$$\varepsilon \leq [\varepsilon],$$

$$1,36 \cdot 10^{-4} \text{ м/м} < 1,67 \cdot 10^{-4} \text{ м/м,}$$

де $[\varepsilon] = \frac{1}{6000} \dots \frac{1}{7000}$ – допустимий відносний прогин, м/м.

Прогин вала під дією сили тяжіння:

$$f_{\text{ст}} = \frac{5G_5 L^3}{384EI} = \frac{5 \cdot 57910 \cdot 5,55^3}{384 \cdot 2,5 \cdot 10^{11} \cdot 0,01} = 5,15 \cdot 10^{-5} \text{ м,}$$

де E – модуль пружності матеріалу оболонки, Па [13].

Критична частота обертання вала:

$$n_{\text{кр}} = \frac{30}{\sqrt{f_{\text{ст}}}} = \frac{30}{\sqrt{5,15 \cdot 10^{-5}}} = 4180 \text{ об/хв,}$$

$$n_{\text{кр}} = 69,67 \text{ об/с.}$$

Робоча частота обертання вала:

$$n_{\text{р}} = \frac{V}{\pi D_{\Gamma}} = \frac{8,3}{3,14 \cdot 0,875} = 2,31 \text{ об/с,}$$

де D_{Γ} – зовнішній діаметр оболонки з гумуванням, м.

Відношення критичної частоти обертання вала до робочої:

$$K_0 = \frac{n_{\text{р}}}{n_{\text{кр}}} = \frac{2,31}{69,67} = 0,033.$$

Умова відсутності явища резонансу:

$$K_0 \leq [K_0],$$

$$0,033 < 0,6;$$

де $[K_0]$ – допустиме мінімальне відношення критичної частоти обертання вала до робочої [9].

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріал цапфи вала

сталь 40Х

Розрахунок здійснюється в середовищі Matchad за методикою, викладеною в [8] та наведений в додатку Б. Алгоритм розрахунку.

Згинаючий момент в перерізі А-А:

$$M_{A-A} = R_2 L_3 \quad (5.2)$$

Момент інерції перерізу цапфи:

$$I = \frac{\pi}{64} (d_1^4 - d_2^4) \quad (5.3)$$

Момент опору перерізу цапфи:

$$W_2 = \frac{2I}{d_1} \quad (5.4)$$

Напруження згинання:

$$\sigma_{A-A} = \frac{M_{A-A}}{W_2} \quad (5.5)$$

Допустима границя концентрації напружень:

$$[K_\sigma]_{\text{лц}} = \frac{K_{\text{бц}} + K_{\text{бц}}^n - 1}{\varepsilon_{\text{бц}}} \quad (5.6)$$

де $K_{\text{бц}}$ – коефіцієнт безпеки [9];

$K_{\text{бц}}^n$ – коефіцієнт стану поверхні [9];

$\varepsilon_{\text{бц}}$ – масштабний фактор [9].

Границя витривалості:

$$[\sigma_{-1}]_{\text{лц}} = \frac{\sigma_{-1\text{ц}}}{[K_\sigma]_{\text{лц}}} \quad (5.7)$$

де $\sigma_{-1\text{ц}}$ – границя витривалості матеріалу цапфи, Па.

Запас міцності в перерізі А-А:

$$n_{\text{ц}} = \frac{[\sigma_{-1}]_{\text{лц}}}{\sigma_{A-A}} \quad (5.8)$$

Умова міцності:

$$n_{\text{ц}} \geq [n]_{\text{min}}, \quad (5.9)$$

Результати розрахунку згідно додатку Б

$$26,646 > 2,5;$$

де $[n]_{\text{min}}$ – необхідний запас міцності цапфи.

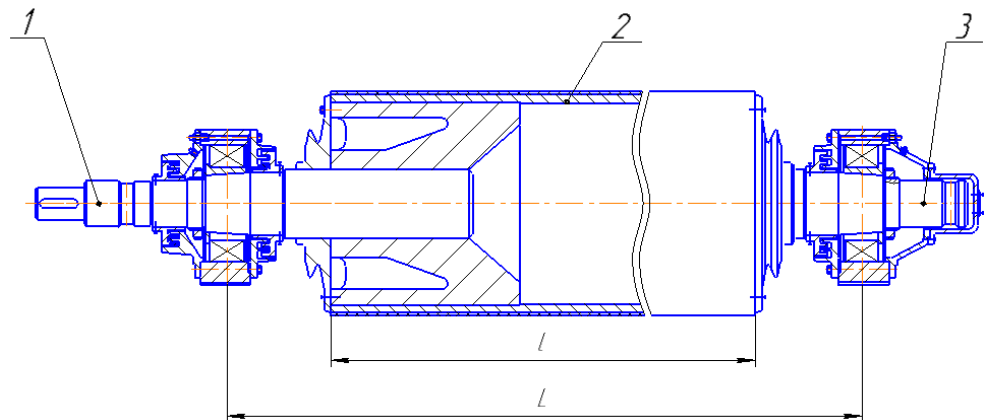
					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова міцності цапфи виконується.

Висновок: в результаті даного розрахунку встановлено, що міцність приводної цапфи пресового відсмоктувального вала забезпечена.

5.4 Розрахунок оболонки гумованого гладкого верхнього вала

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.6 та 5.7.



1 –цапфа привідна; 2 –оболонка; 3 –цапфа неприводна

Рисунок 5.6 – Схема вала гумованого

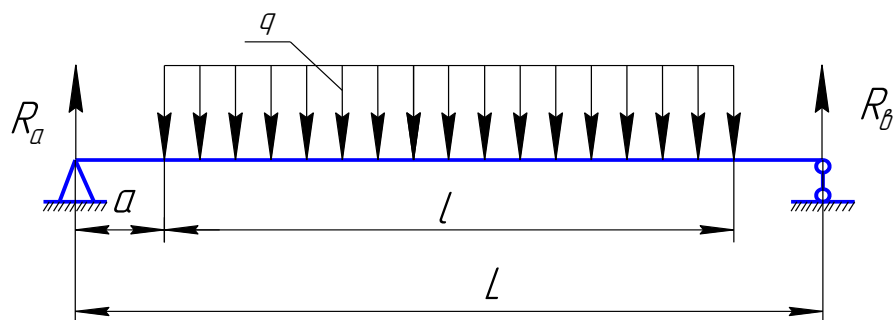


Рисунок 5.7 – Розрахункова схема навантаження гумованого вала

Мета розрахунку: визначення сил, що діють на верхній притискний гумований вал і перевірка його за умовами міцності та жорсткості; перевірка цапфи вала в небезпечному перерізі за умовою міцності.

Вихідні дані:

Швидкість картоноробної машини V , м/с

8,3

загальна сила тяжіння вала G_T , Н

82200

										ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк. 46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

сила тяжіння оболонки з облицюванням G_c , Н	21900
довжина оболонки вала l , м	4,8
діаметр оболонки вала D_1 , м	0,7
товщина стінки оболонки δ , м	0,03
матеріал оболонки вала	сталь 45
лінійний тиск q_l , Н/м	70000
натяг сукна S , Н/м	$2 \cdot 10^3$
відстань між опорами вала L , м	5,55

Розрахунок виконуємо за методикою, викладеною в [8].

Питоме навантаження на вал від сили тяжіння оболонки з облицюванням:

$$q_{\text{ц}} = \frac{G_c}{l} = \frac{21900}{4,8} = 4563 \text{ Н/м.}$$

Питоме навантаження від натягу сукна:

$$q_{\text{н}} = 2S = 2 \cdot 2 \cdot 10^3 = 4000 \text{ Н/м.}$$

Сумарне питоме навантаження, що діє на вал:

$$Q = q_l + q_{\text{н}} - q_{\text{ц}} = 70000 + 4000 - 4563 = 69440 \text{ Н/м.}$$

Максимальний згинаючий момент в перерізі:

$$M_{\text{max}} = \frac{Ql}{4} (2L - l) = \frac{69440 \cdot 4,8}{4} \cdot (2 \cdot 5,55 - 4,8) = 5,249 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Внутрішній діаметр оболонки вала:

$$d = D_1 - 2\delta = 0,7 - 2 \cdot 0,03 = 0,64 \text{ м.}$$

Момент інерції оболонки вала:

$$I = \frac{\pi}{64} (D_1^4 - d^4) = \frac{3,14}{64} \cdot (0,7^4 - 0,64^4) = 3,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^4.$$

Момент опору оболонки вала:

$$W = \frac{2I}{D_1} = \frac{2 \cdot 3,55 \cdot 10^{-3}}{0,7} = 0,01 \text{ м}^3.$$

Максимальне напруження згинання в оболонці вала:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{M_{\text{max}}}{W} = \frac{5,249 \cdot 10^5}{0,01} = 51,75 \text{ МПа.}$$

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустима межа концентрації напружень:

$$[K_{\sigma}]_{\xi} = \frac{K_{\sigma} + K_{\sigma}^n - 1}{\varepsilon_{\sigma}} = \frac{1,5 + 1,05 - 1}{0,54} = 2,87,$$

де K_{σ}^n – коефіцієнт стану поверхні;

ε_{σ} – масштабний фактор;

K_{σ} – коефіцієнт концентрацій напружень.

Межа витривалості оболонки вала:

$$[\sigma_{-1}]_{\xi} = \frac{\sigma_{-1}}{[K_{\sigma}]_{\xi}} = \frac{350}{2,87} = 122 \text{ МПа},$$

де $[K_{\sigma}]_{\xi}$ – допустима межа концентрації напружень [13];

σ_{-1} – межа витривалості матеріалу оболонки, МПа [13].

Запас міцності оболонки вала:

$$n = \frac{[\sigma_{-1}]_{\xi}}{\sigma_{I-I}} = \frac{122}{51,75} = 2,357.$$

Умова міцності:

$$n \geq [n],$$

$$2,357 > 2,$$

де $[n] = 1,6 \dots 2,5$ – мінімальний необхідний запас міцності, приймаємо $[n] = 2$.

Умова міцності оболонки вала виконується.

Реакція опори:

$$R = \frac{QL}{2} = \frac{69440 \cdot 5,55}{2} = 192700 \text{ Н.}$$

Згинаючий момент:

$$M = Ra = 192700 \cdot 0,5 = 96340 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де a – відстані від опори до небезпечного перерізу, м.

Момент опору цапфи вала в перерізі:

$$W_2 = 0,1d_{\text{ц}}^3 = 0,1 \cdot 0,22^3 = 1,86 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3,$$

де $d_{\text{ц}}$ – діаметр цапфи вала в небезпечному перерізі, м.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруження згинання:

$$\sigma = \frac{M}{W_2} = \frac{96340}{1,86 \cdot 10^{-3}} = 51,8 \text{ МПа.}$$

Допустима границя концентрації напружень:

$$[K_\sigma]_{\xi_{\text{ц}}} = \frac{K_{\sigma_{\text{ц}}} + K_{\sigma_{\text{ц}}}^n - 1}{\varepsilon_\sigma} = \frac{1,7 + 1 - 1}{0,68} = 2,5,$$

де $K_{\sigma_{\text{ц}}}$ – коефіцієнт концентрації напружень;

$K_{\sigma_{\text{ц}}}^n$ – коефіцієнт стану поверхні;

ε_σ – масштабний фактор.

Допустима межа витривалості:

$$[\sigma_{-1}]_{\xi_{\text{ц}}} = \frac{\sigma'_{-1}}{[K_\sigma]_{\xi_{\text{ц}}}} = \frac{320}{2,5} = 128 \text{ МПа,}$$

де σ'_{-1} – межа витривалості матеріалу цапфи, МПа [13].

Запас міцності цапфи:

$$n_{\text{ц}} = \frac{[\sigma_{-1}]_{\xi_{\text{ц}}}}{\sigma} = \frac{128}{51,8} = 2,471.$$

Умова міцності:

$$n_{\text{ц}} \geq [n],$$

$$2,471 > 2,$$

де $[n] = 1,6 \dots 2,5$ – мінімальний необхідний запас міцності, приймаємо $[n] = 2$.

Отже, умова міцності цапфи виконується.

Прогин оболонки вала в середині прольоту:

$$f = \frac{Ql^2(12L - 7l)}{384EI} = \frac{69440 \cdot 4,8^2(12 \cdot 5,55 - 7 \cdot 4,8)}{384 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 3,55 \cdot 10^{-3}} = 1,936 \cdot 10^{-4} \text{ м,}$$

де E – модуль пружності матеріалу оболонки, Па [13].

Відносний прогин:

$$\varepsilon = \frac{f}{L} = \frac{1,936 \cdot 10^{-4}}{5,55} = 3,489 \cdot 10^{-5} \text{ м/м.}$$

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова жорсткості оболонки вала:

$$\varepsilon \leq [\varepsilon],$$

$$3,489 \cdot 10^{-5} \text{ м/м} < 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м/м},$$

де $[\varepsilon] = \frac{1}{3000} \dots \frac{1}{4000}$ – допустимий відносний прогин, м/м.

Умова жорсткості оболонки вала виконується.

Прогин вала під дією власної сили тяжіння:

$$f_{\text{ст}} = \frac{5G_c l^3}{384EI} = \frac{5 \cdot 21900 \cdot 4,8^3}{384 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 3,55 \cdot 10^{-3}} = 4,441 \cdot 10^{-5} \text{ м},$$

де E – модуль пружності матеріалу оболонки, Па [13].

Критична частота обертання вала:

$$n_{\text{кр}} = \frac{30}{\sqrt{f_{\text{ст}}}} = \frac{30}{\sqrt{4,441 \cdot 10^{-5}}} = 4518 \text{ об/хв},$$

$$n_{\text{кр}} = 75,03 \text{ об/с},$$

Робоча частота обертання вала:

$$n_p = \frac{V}{\pi D_r} = \frac{8,3}{3,14 \cdot 0,725} = 3,645 \text{ об/с},$$

де D_r – діаметр валу з гумуванням, м.

Відношення критичної частоти обертання вала до робочої:

$$K_0 = \frac{n_p}{n_{\text{кр}}} = \frac{3,645}{75,03} = 0,048.$$

Умова відсутності явища резонансу:

$$K_0 \leq [K_0],$$

$$0,048 < 0,6.$$

де $[K_0]$ – допустиме мінімальне відношення критичної частоти обертання вала до робочої.

Умова відсутності резонансу виконується.

Висновок: в результаті розрахунку встановлено, що робоча частота обертання верхнього гумованого вала є допустимою, і не призведе до появи резонансу і руйнації вала. Умова міцності і жорсткості оболонки верхнього

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гумованого гладкого вала виконується. Умова міцності цапфи вала виконується. Діаметр цапфи в небезпечному перерізі є достатнім для витримування навантажень, що діють на вал.

5.5 Вибір і розрахунок підшипників

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.8.

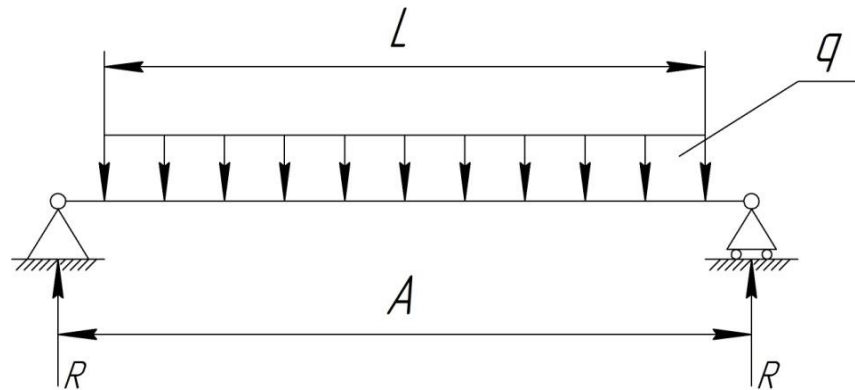


Рисунок 5.8 – схема навантаження на підшипники вала

Мета розрахунку: перевірка умови необхідної довговічності підшипників пресового відсмоктувального та гумованого вала.

Вихідні дані:

навантаження на відсмоктувальний вал P , Н	621255
навантаження на гумований вал Q , Н	69440
мінімальна допустима довговічність $[L_h]$, год	100000

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [9].

Відсмоктувальний нижній вал.

Для вала відсмоктувального вибираємо підшипник [14] роликовий радіальний двохрядний 30531/500Н, в якого $D = 0,72$ м, $d = 0,5$ м, $B = 0,167$ м, $C = 4680000$ Н, $C_0 = 5700000$ Н.

Радіальне навантаження на одну опору:

$$R = \frac{P}{2} = \frac{621255}{2} = 310627 \text{ Н.}$$

Зведене навантаження на один підшипник відсмоктувального вала:

$$Q_{\text{пр}} = R(XK_k + 0,1Y)K_T K_6 = 310627 \cdot (1 \cdot 1 + 0,1 \cdot 1) \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 451030 \text{ Н},$$

де X – коефіцієнт радіального навантаження [10];

Y – коефіцієнт осьового навантаження [10];

K_k – коефіцієнт обертання [10];

K_T – температурний коефіцієнт [10];

K_6 – коефіцієнт безпеки [10].

Довговічність підшипника відсмоктувального вала:

$$L^{\circ} = \left(\frac{C}{Q_{\text{пр}}} \right)^{10/3} = \left(\frac{4680000}{451030} \right)^{10/3} = 2431 \text{ млн об},$$

де C – динамічна вантажопідйомність підшипника, Н.

Частота обертання відсмоктувального вала:

$$n_p = \frac{V}{\pi D_r} = \frac{8,3}{3,14 \cdot 0,875} = 3,02 \text{ об/с},$$

де V – швидкість картоноробної машини, м/с;

D_r – діаметр вала з гумуванням, м.

Довговічність підшипника відсмоктувального вала в годинах роботи:

$$L_h = \frac{L^{\circ}}{n_p} = \frac{2431 \cdot 10^6}{3600 \cdot 3,02} = 223601 \text{ год}.$$

Умова необхідної довговічності:

$$L_h \geq [L_h],$$

$$223601 \text{ год} > 100000 \text{ год},$$

тобто умова необхідної довговічності підшипників відсмоктувального вала виконується.

Гумований гладкий верхній вал

Для вала гумованого вибираємо підшипник роликівий радіальний середньої серії № 2007952А ГОСТ 27365-87, в якого $D = 360$ мм, $d = 260$ мм, $B = 63,5$ мм, $C = 485000$ Н, $C_0 = 5430000$ Н.

Радіальне навантаження на одну опору:

$$R = \frac{Q}{2} = \frac{69440}{2} = 34720 \text{ Н}.$$

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зведене навантаження на один підшипник відсмоктувального вала:

$$Q_{\text{пр}} = R(XK_k + 0,1Y)K_T K_{\text{б}} = 34720 \cdot (1 \cdot 1 + 0,1 \cdot 1) \cdot 1,1 \cdot 1,2 = 50413 \text{ Н},$$

де X – коефіцієнт радіального навантаження [10];

Y – коефіцієнт осьового навантаження [10];

K_k – коефіцієнт обертання [10];

K_T – температурний коефіцієнт [10];

$K_{\text{б}}$ – коефіцієнт безпеки [10].

Довговічність підшипника гумованого вала:

$$L^{\circ} = \left(\frac{C}{Q_{\text{пр}}} \right)^{10/3} = \left(\frac{485000}{50413} \right)^{10/3} = 1893 \text{ млн об},$$

де C – динамічна вантажопідйомність підшипника, Н;

Частота обертання гумованого вала:

$$n_p = \frac{V}{\pi D_r} = \frac{8,3}{3,14 \cdot 0,725} = 3,64 \text{ об/с},$$

де V – швидкість картоноробної машини, м/с;

D_r – діаметр вала з гумуванням, м.

Довговічність підшипника гумованого вала в годинах роботи:

$$L_h = \frac{L^{\circ}}{n_p} = \frac{1893 \cdot 10^6}{3600 \cdot 3,64} = 144460 \text{ год}.$$

Умова необхідної довговічності:

$$L_h \geq [L_h],$$

$$144460 \text{ год} > 100000 \text{ год},$$

тобто умова необхідної довговічності підшипників гумованого вала виконується.

Висновок: в результаті розрахунку встановлено, що обрані для опор відсмоктувального та гумованого вала підшипники задовільняють умові необхідної довговічності.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.6 Розрахунок потужності привода

Схема тягових зусиль наведена на рисунку 5.9.

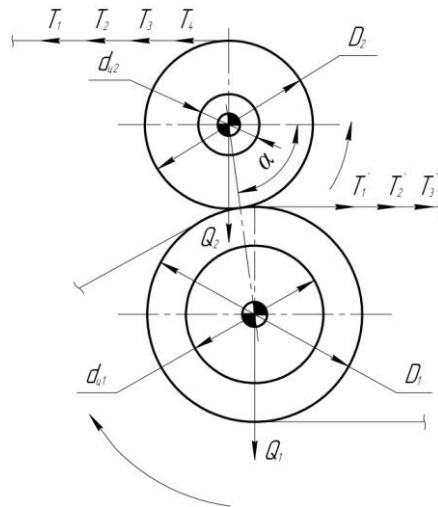


Рисунок 5.9 – Схема тягових зусиль

Мета розрахунку: визначення необхідної потужності приводів відсмоктувального та гумованого вала.

Вихідні дані:

швидкість машини V , м/с	8,3
лінійний тиск $q_{л}$, Н/м	70000
ширина сукна B_c , м	4,5
довжина лінії контакту пресових валів l , м	4,8
сила тяжіння нижнього вала $G_{в1}$, Н	77910
діаметр оболонки верхнього вала D_2 , м	0,7
діаметр оболонки нижнього вала D_1 , м	0,85
діаметр цапфи верхнього вала $d_{ц2}$, м	0,2
діаметр цапфи нижнього вала $d_{ц1}$, м	0,5
натяг сукна S , Н/м	$2 \cdot 10^3$
сила тяжіння сукноведучих валиків, G_c , Н	9000
діаметр сукноведучих валиків, D_c , м	0,34
коефіцієнт тертя в підшипниках f	0,05

Розрахунок здійснюється за методикою, викладеною в [9].

										Арк.
										54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛБ51.705431.001 ПЗ					

Розрахунок потужності верхнього гумованого гладкого валу.

Визначення діючого навантаження на підшипники верхнього вала:

$$Q_2 = SB_c \cos \alpha - q_l l = 2000 \cdot 4,5 \cdot \cos 85^\circ - 70000 \cdot 4,8 = -335200 \text{ Н.}$$

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках верхнього вала:

$$T_1 = Q_2 f \frac{d_{ш2}}{D_2} = 335200 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,2}{0,7} = 4789 \text{ Н.}$$

Тягове зусилля на подолання тертя кочення вала по валу:

$$T_2 = 2Q_2 k \left(\frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2} \right) = 2 \cdot 335200 \cdot 0,15 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{1}{0,85} + \frac{1}{0,7} \right) = 2620 \text{ Н,}$$

де k – коефіцієнт тертя кочення для пресових валів, м.

Тягове зусилля для подолання тертя в сукномийках:

$$T_3 = f_c F p_h = 0,03 \cdot 0,68 \cdot 40000 = 816 \text{ Н,}$$

де f_c – коефіцієнт тертя між сукном і сукномийкою;

F – площа живого перерізу сукномийки, м²;

p_h – вакуум, що залежить від виду картону, Па.

Тягове зусилля для подолання тертя в підшипниках сукноведучих валиках:

$$T_4 = n G_c f \frac{d_{ш2}}{D_c} = 4 \cdot 9000 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,2}{0,34} = 1059 \text{ Н,}$$

де n – кількість сукноведучих валиків.

Сумарне тягове зусилля:

$$\sum T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 = 4789 + 2620 + 816 + 1059 = 9284 \text{ Н.}$$

Потужність на подолання загального тягового зусилля верхнього гумованого вала:

$$N = \sum TVK_V K_m = 9284 \cdot 8,3 \cdot 1,3 \cdot 1,04 = 104,1 \text{ кВт,}$$

де K_V – коефіцієнт швидкості;

K_m – коефіцієнт перевантаження привода.

Загальна потужність електродвигуна верхнього вала:

									Арк.
									55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЛБ51.705431.001 ПЗ

$$N_{\partial} = \frac{N}{\eta} = \frac{104,1}{0,94} = 110,7 \text{ кВт},$$

де η – ККД приводу за заданих умов.

Розрахунок потужності нижнього відсмоктувального вала.

Визначення діючого навантаження на підшипники нижнього вала:

$$Q_1 = SB_c + G_{в1} + q_{\text{пл}} l = 2000 \cdot 4,5 + 77910 + 70000 \cdot 4,8 = 422900 \text{ Н.}$$

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках нижнього вала:

$$T'_1 = Q_1 \cdot f \cdot \frac{d_{\text{ц1}}}{D_1} = 422900 \cdot 0,05 \cdot \frac{0,5}{0,85} = 12438 \text{ Н.}$$

Тягове зусилля на подолання тертя кочення вала по валу:

$$T'_2 = 2Q_1 k \left(\frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2} \right) = 2 \cdot 422900 \cdot 0,15 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{1}{0,85} + \frac{1}{0,7} \right) =$$

$$= 3305 \text{ Н,}$$

де k – коефіцієнт тертя кочення для пресових валів, м.

Тягове зусилля на подолання тертя в ущільненнях відсмоктувальної камери нижнього вала:

$$T'_3 = \Pi \delta f_1 P_1 \frac{D_{\text{вн}}}{D_1} = 11,6 \cdot 0,02 \cdot 0,1 \cdot 63700 \cdot \frac{0,75}{0,8} = 1385 \text{ Н,}$$

де Π – загальна довжина ущільнень камери, м;

δ – товщина ущільнень, м;

f_1 – коефіцієнт тертя графіта;

P_1 – величина вакууму в камері, Па;

$D_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр оболонки відсмоктувального вала, м.

Сумарне тягове зусилля на подолання тертя нижнього вала:

$$\sum T' = T'_1 + T'_2 + T'_3 = 12438 + 3305 + 1385 = 17128 \text{ Н.}$$

Потужність на подолання загального тягового зусилля:

$$N' = \sum T' V K_V K_m = 17128 \cdot 8,3 \cdot 1,3 \cdot 1,04 = 192,2 \text{ кВт,}$$

де K_V – коефіцієнт швидкості;

K_m – коефіцієнт перевантаження приводу.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Загальна потужність електродвигуна нижнього вала:

$$N'_d = \frac{N'}{\eta} = \frac{192,2}{0,94} = 204,4 \text{ кВт.}$$

де η – ККД приводу за заданих умов.

Висновок: в результаті розрахунку було встановлено, що необхідна потужність приводу для верхнього гумованого вала становить 111 кВт, а для нижнього відсмоктувального вала становить 204 кВт.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Рекомендації щодо монтажу і експлуатації

6.1 Монтаж

Поворотний прес постачається в окремих транспортабельних блоках. Найбільш важкі блоки – відсмоктувальний вал та верхній гладкий гумований вал. Їх монтують монтажним мостовим краном картоноробної машини. Всі вузли і складальні одиниці поворотного преса, крім насосів та компресорів, розміщені на другому поверсі виробничого приміщення. Їх підіймають мостовим краном через монтажний отвір з першого на другий поверх.

На фундаментних шинах роблять помітки відповідно до монтажного креслення. По проставленим міткам монтують станини, корпуси, стойки та балки. При монтажі потрібно зберігати паралельність осей всіх валів.

Перевіряють якість виконання роботи та збереження всіх допустимих відхилень від розмірів такими приладами як теодоліт, нівелір та підвісний пристрій.

6.2 Вказівки по технічному обслуговуванню

1. Нормальна і без аварійна робота поворотного преса залежить від правильної експлуатації, своєчасного ремонту та ретельного догляду за ним [8].

2. Технічне обслуговування преса проводиться по спеціальному графіку не рідше одного разу на 6 місяців.

3. Проведення технічного обслуговування, непланові зупинки через неполадки, а також способи їх усунення повинні записуватись в журналі.

4. Технічне обслуговування поворотного преса повинно включати:

- перевірку технічного стану преса;
- перевірку зазорів у деталях які нагріваються та підшипниках валів преса;
- перевірку кріплення частин преса;
- перевірку стану трубопроводів;
- змащування всіх підшипників;

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- перевірку точності монтажу вимикачів і керуючих упорів;
- перевірку технічного стану ущільнень та їх своєчасна заміна;

5. Технічне обслуговування гумованого вала, відсмоктувального вала, сукнонатяжок, сукномийок, електродвигунів, сукноправок, пневмодвигунів, насосів та компресорів проводиться згідно інструкцій по експлуатації на ці вироби.

6. Своєчасно замінювати манжети поршнів та штоків у пневматичних циліндрах.

7. Очищувати ділянки преса від бруду, часток картонного полотна, води, мастила та клею.

8. Якщо при проведенні технічного обслуговування механізмів преса виявляється відхилення від вимог технічної документації – необхідно провести ремонт відповідного механізму.

9. Перевірка технічного стану поворотного преса проводиться після його монтажу на комбінаті; після ремонту, що пов'язаний з повним чи частковим упорядкуванням механізмів, а також при проведенні технічного обслуговування 1 – 2 рази на рік.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Наявність достатньо високого рівня стандартизації й уніфікації вузлів і деталей апарата значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати по ремонту, експлуатації та переходу при необхідності на нові режими роботи.

Уніфікація – це раціональне скорочення числа типів, видів, розмірів вузлів і їхніх елементів. З урахуванням класифікації процесів ряд машин і апаратів уніфіковані, тобто в конструкції передбачена можливість використання їх у різних виробництвах для проведення того самого процесу у визначеному діапазоні параметрів.

Стандартизація устаткування – це зведення численних видів виробів однакового функціонального призначення до обмеженого числа обов'язкових стандартних зразків. Для найбільш модернізованих конструкцій машин і апаратів розроблені ГОСТи.

Коефіцієнт уніфікації визначаємо за формулою:

$$K_y = \frac{N_y}{N_y + N_i} = \frac{1230}{1230 + 150} = 0,85,$$

де N_y – кількість уніфікованих деталей,

N_i – кількість індивідуальних ненормалізованих деталей.

Коефіцієнт стандартизації визначаємо за формулою:

$$K_c = \frac{N_c}{N_c + N_i} = \frac{170}{170 + 150} = 0,53,$$

де N_c – кількість стандартизованих деталей деталей.

Висновок: за результатами розрахунків конструкція стандартизована на 53% та уніфікована на 85%; це дозволяє спростити процес виготовлення виробу та ціну конструкції в цілому.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

8 Очікувані техніко - економічні показники

Модернізація поворотного преса картоноробної машини в умовах діючого ПрАТ «Київського картонно-паперового комбінату» (Київський КПК) з розробкою пристрою для підігріву картону.

8.1 Обґрунтування необхідності модернізації

Целюлозно-паперове виробництво – одна з найважливіших галузей промисловості України. Це дуже складне багатоопераційне виробництво, яке характеризується значною матеріаломісткістю та трудомісткістю.

Розвиток промисловості вимагає створення ефективного, безпечного та надійного обладнання. Тому першочергове значення має розробка конструкцій машин та апаратів для інтенсифікації процесів та покращення якості продукції.

Оскільки в наш час значно зросли ціни на картон та вимоги до його якості, то виникла потреба в удосконаленні пресової частини з метою збільшення інтенсивності процесу зневоднення та підвищення продуктивності пресової частини КРМ.

В дипломному проекті модернізується прес поворотний для виробництва картону.

Модернізація нової конструкції полягає у встановленні перед пресом пристрою для підігріву картону з незалежною системою подачі грійної пари по всій ширині картонного полотна.

Встановлення пристрою для підігріву картону дозволило збільшити якість продукції шляхом контролю поперечного профілю вологості, зменшити енергозатрати, завдяки значній економії пари в сушильній частині та підвищити продуктивність роботи машини.

Основні технічні показники аналога та проектованої пресової частини наведені в таблиці 8.1.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 8.1 Технічні показники аналога та проектової пресової частини

Показник	Одиниця виміру	Поворотний прес	
		Аналог	Проектований
Початкова сухість картону	%	17	17
Кінцева сухість картону	%	30	31
Загальна потужність приводу	кВт	300	315
Швидкість машини	(м/с) (м/хв)	7,5 (450)	8,3 (500)
Маса 1 м ² картону	кг/ м ²	0,18	0,18
Орієнтовна вартість (первісна)	тис. грн.	1293	1357

8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по удосконаленню базової конструкції поворотного преса

Удосконалення діючого устаткування означає попередження або усунення фізичного зносу, техніко-економічного старіння та підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог. Розрахунки ефективності на проведення удосконалення устаткування полягають у визначенні коефіцієнта ефективності витрат n_{pi} , який розраховується за формулою [16]:

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \alpha \beta + S_{a_s}} \quad (8.1)$$

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

де M_i – сукупні витрати на проведення модернізації поворотного преса, грн.;

S_{e_i} – перевищення експлуатаційних витрат удосконаленого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн.;

K_{H_i} – оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.;

α – коефіцієнт співвідношення продуктивності удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування;

β – коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування;

S_{a_i} – втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає удосконаленню, грн.

Сукупні витрати M_i на проведення удосконалення устаткування складаються з таких окремих елементів а саме:

– матеріальні витрати (вартість сировини, матеріалів, комплектуючих виробів та енергоносіїв, які необхідні для виконання удосконалення);

– витрати на оплату праці (заробітна плата розробників конструкторської та технологічної документації; заробітна плата основних робітників, які виконують роботи по удосконаленню устаткування; відрахування на соціальне страхування);

– амортизація, яка нарахована на діюче устаткування, яке підлягає удосконаленню;

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Таблиця 8.2 Значення коефіцієнту ефективності витрат n_{p_i} на модернізацію устаткування [16].

Величина коефіцієнта n_{p_i}	Висновок щодо доцільності модернізації поворотного преса
$n_{p_i} > 0$	Удосконалення устаткування з економічної точки зору доцільна.
$n_{p_i} < 0$	Удосконалення устаткування з економічної точки зору недоцільна. Доцільним є придбання нового устаткування.
$n_{p_i} = 0$	Рішення про удосконалення устаткування приймається, виходячи з конкретних виробничих обставин.

З достатньою для розрахунків точністю, яка базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина сукупних витрат M_i на вдосконалення устаткування може бути розрахована по формулі, грн:

$$M_i = \Phi_{i_{перв}}^{мод} \cdot K_i \quad (8.2)$$

де $\Phi_{i_{перв}}^{мод}$ – первісна (відновлена) вартість поворотного преса, який підлягає вдосконаленню;

K_i – коефіцієнт витрат [16], величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає вдосконаленню.

Удосконалене устаткування у процесі подальшої експлуатації, як правило, вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням.

Таким чином величина витрат для проведення модернізації поворотного преса становить згідно формули (8.2):

$$M_i = 1293000 \cdot 0,09 = 116370 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування складаються з таких витрат:

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

- витрати паливно-мастильних матеріалів;
- витрати на придбання та виготовлення необхідних запасних частин;
- витрати на оплату праці ремонтного персоналу;
- інші поточні експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по вдосконаленому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням S_{ei} може бути розрахована по формулі, грн:

$$S_{ei} = q_{bi} \cdot \Phi_{перв}^{мод} - q_{bn} \cdot \Phi_{перв}^{нов} \quad (8.3)$$

де q_{bi} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає вдосконаленню;

q_{bn} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування;

$\Phi_{перв}^{нов}$ – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування.

Таким чином згідно (8.3) величина перевищення поточних витрат по удосконаленню поворотного преса порівняно з новим аналогічним:

$$S_{ei} = 0,04 \cdot 1293000 - 0,03 \cdot 1357000 = 47649 \text{ грн.}$$

Вартість нового аналогічного устаткування складає:

$$\Phi_{перв}^{нов} = 1357 \text{ тис. грн.}$$

Коефіцієнт співвідношення продуктивності вдосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування α розраховується по формулі:

$$\alpha = \frac{\Pi_i}{\Pi_{нов}}, \quad (8.4)$$

де Π_i – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає вдосконаленню.

Приймаємо продуктивність застарілого устаткування $\Pi_i = 5,38 \text{ кг/с}$;

$\Pi_{нов}$ – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу аналогічного нового устаткування.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Приймаємо продуктивність нового устаткування $\Pi_{\text{нов}} = 5,96$ кг/с [16] та згідно формули (8.4):

$$\alpha = \frac{5,38}{5,96} = 0,9$$

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування $\beta = 0,95$ [16].

Тривалість ремонтного циклу устаткування – це період часу між двома капітальними ремонтами устаткування, або тривалість часу між придбанням устаткування та першим капітальним ремонтом. В якості показників ремонтного циклу можуть також використовуватися показники виробітку продукції між двома капітальними ремонтами устаткування та інші аналогічні показники .

Підставляючи всі знайдені величини у формулу (8.1), необхідно отримати величину коефіцієнта ефективності витрат n_{pi} , розрахункова величина якого дає нам змогу зробити висновки щодо доцільності проведення модернізації поворотного преса:

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \alpha \beta + S_{a_s}} = 1 - \frac{116370 + 47649}{1293000 \cdot 0,9 \cdot 0,95 + 80200} = 0,86$$

Висновок: розраховане значення $n_{pi} > 0$, а це означає, що модернізація поворотного преса є економічно доцільною.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Conclusion

In this thesis project educational level "bachelor" developed modernisation rotary press cardboard machine with appliance for heating, this increasing the value and uniformity of dry cardboard canvas and increases the intensity of pressing. This is due to the fact that an increase in the temperature of the moisture in the cardboard can reduce its viscosity and, as a consequence, the ease of removal from the outside of the web. Also, the partial formation of steam in the canvas, from the evaporation of moisture, increases the pressure difference inside the cardboard web and outside, which is the driving force of dehydration.

The analysis of harmful and hazardous production factors, which may occur when using a rotary press, developed measures to eliminate them.

The necessary parametric values such as: machine performance (5,96 kg/sec), linear pressure (70 kN/m), cardboard web dryness after the press (31 %), total power drive (315 Kw).

The calculations proving efficiency design press; calculations for durability and reliability smooth rubber shaft and suction roll; press shafts withstand the load, arising at work and meet the requirements of strength and rigidity; defined durability bearings.

Recommendations on installation and operation, defined technical and economic indicators and level of standardization and unification of the rotary press.

A device for preliminary heating of cardboard canvas has been developed.

By holding of the patent research found that rotary press contains no constructive solutions, protecting existing patents.

Thanks to modernization has increased the productivity of the press, increased dry cardboard canvas after the press.

As a result of the calculation of technical and economic indicators, it has been established that the modernization of the rotary press is economically viable.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

The graphic part of the project consists of equivalent drawings 5A1, including: assembly drawings rotary press, suction shaft, wear rubber shaft and heater. Each assembly drawing drawing up specifications.

Filed an application " Press part of a cardboard machine " for a patent of Ukraine on the utility model.

The main results of the diploma project were reported at one international and two all-Ukrainian scientific and practical conferences with the publication of abstracts.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Выводы

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» выполнено модернизацию пресса поворотного картоноделательной машины с разработкой устройства для предварительного подогрева, что позволит увеличить величину и равномерность сухости картонного полотна и увеличивает интенсивность прессования. Это происходит благодаря тому, что увеличение температуры воды в картонном полотне уменьшает ее вязкость и, как следствие, легкость отвода наружу полотна. Также частичное образование пара в полотне, от испарения влаги, увеличивает разницу давлений внутри картонного полотна и снаружи, что является движущей силой обезвоживания.

Проведён анализ вредных и опасных производственных факторов, которые могут возникнуть при работе поворотного пресса, разработаны мероприятия по их ликвидации.

Определены необходимые параметрические величины такие как: производительность машины (5,96 кг / с), линейный давление в захвате пресса (70 кН / м), сухость картонного полотна после пресса (31%), общая мощность привода (315 кВт).

Проведены расчеты, которые подтверждают работоспособность конструкции пресса; проведены расчеты на прочность и жесткость вала гладкого обрешиненного и вала отсасывающего; расчеты на прочность и жесткость показали, что прессовые валы выдерживают нагрузки; определена долговечность подшипников.

Предоставлены рекомендации по монтажу и эксплуатации, определены технико-экономические показатели и уровень стандартизации и унификации поворотного пресса.

Разработано устройство для предварительного подогрева картонного полотна.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Путем проведения патентного исследования установлено, что поворотный пресс не содержит конструктивных решений, защищенных действующими патентами.

Благодаря проведённой модернизации увеличилась производительность работы прессы, увеличилась сухость картонного полотна после преса.

В результате расчета технико-экономических показателей установлено, что модернизация поворотного прессы является экономически целесообразной.

Графическая часть проекта состоит из чертежей эквивалентного формата А1, среди которых: сборочные чертежи поворотного прессы, вала отсасывающего, вала обрезающего и нагревателя. К каждому чертежу составлена спецификация.

Подана заявка «Пресовая часть картоноделательной машины» на получение патента Украины на полезную модель.

Основные результаты дипломного проекта докладывались на одной международной и двух всеукраинских научно практических конференциях с публикацией тезисов докладов.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Висновки

У дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» здійснено модернізацію поворотного преса картоноробної машини з розробкою пристрою для попереднього підігріву картонного полотна, що забезпечує рівномірну сухість та зневоднення картонного полотна по ширині та збільшує інтенсивність пресування. Це відбувається завдяки тому, що збільшення температури вологи в картонному полотні зменшує її в'язкість і, як наслідок, легкість відведення назовні полотна. Також часткове утворення пари в полотні, від випаровування вологи, збільшує різницю тисків всередині картонного полотна та назовні, що є рушійною силою зневоднення.

Проведено аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, що можуть виникнути при роботі поворотного преса, розроблено заходи щодо їх усунення.

Визначено необхідні параметричні величини такі як: продуктивність машини (5,96 кг/с), лінійний тиск в захваті преса (70 кН/м), сухість картонного полотна після преса (31%) та загальна потужність привода (315 кВт).

Проведено розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції преса; проведено розрахунки на міцність і надійність вала гладкого гумованого та вала відсмоктувального; розрахунки на міцність та жорсткість показали, що пресові вали витримують навантаження; визначено довговічність підшипників.

Надано рекомендації з монтажу та експлуатації, визначено техніко-економічні показники та рівень стандартизації та уніфікації поворотного преса.

Розроблено пристрій для попереднього підігріву картонного полотна.

Шляхом проведення патентного дослідження встановлено, що поворотний прес не містить конструктивних рішень, захищаних діючими патентами.

Завдяки проведеній модернізації збільшилась продуктивність роботи преса та сухість картонного полотна після пресу.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

В результаті розрахунку техніко-економічних показників встановлено, що модернізація поворотного пресу є економічно доцільною.

Графічна частина проекту складається з креслень еквівалентного формату 5А1, серед яких: складальні креслення поворотного преса, відсмоктувального вала, гумованого вала та нагрівача. До кожного складального креслення складені специфікації.

Подано заявку «Пресова частина картоноробної машини » на отримання патенту України на корисну модель.

Основні результати дипломного проекту доповідались на одній міжнародній та двох всеукраїнських науково-практичних конференціях з публікацією тез доповідей.

					ЛБ51.705431.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68