

**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:** 6.050503 Машинобудування

**Програма професійного спрямування:** Обладнання лісового комплексу

**на тему:** Модернізація першого пресу картоноробної машини. Комплексний

**Виконав студент IV курсу, групи ЛБ-51**

	Бугаєць Дмитро Володимирович	_____
<b>Керівник проекту</b>	доцент, канд. техн. наук, О. О. Семінський (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)	(підпис)
<b>Консультанти:</b> з охорони праці	доцент, канд. техн. наук, І. М. Ковтун (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)	(підпис)
з економіки	ст. викл, канд. техн. наук, О. А. Новохат (посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)	(підпис)
<b>Рецензент:</b>	_____	(підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_ Д. В. Бугаєць

Київ – 2019

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

**Освітній ступінь:** бакалавр

**Напрямок підготовки:** 6.050503 Машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Бугайцю Дмитру Володимировичу

**1. Тема проекту:** Модернізація першого пресу картоноробної машини.  
Комплексний

Керівник проекту кандидат технічних наук, доцент Семінський О. О.

Затверджена наказом по університету від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

№ \_\_\_\_\_

**2. Термін подання студентом проекту:** 1 червня 2019р.

**3. Вихідні дані до проекту:** швидкість картоноробної машини  $V=10$  м/с, маса картону  $g=190$ г/м<sup>2</sup>, обрізна ширина картону  $B=4,2$  м, лінійний тиск  $q=200$  кН/м .

**4. Зміст пояснювальної записки:** а) основна частина: розглянути існуючі конструкції перших 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 та конструктивний, розрахунки на

міцність і надійність елементів конструкції пресу; виконати складальне креслення першого пресу та його основних складальних одиниць і деталей; розробити рекомендації щодо монтажу та експлуатації першого пресу; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки;

б) охорона праці: провести аналіз відповідності апарата до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації апарата;

в) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації першого пресу;

г) економічна частина: обґрунтувати модернізацію установки та оцінити її ефективність.

**5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):** перший прес картоноробної машини – А1, кресленик складальний: установка верхнього валу – А1, кресленик складальний: вал верхній – А1 сукномийка – А1, оболонка валу – А3, цапфа права – А3, цапфа приводна – А3.

**6. Консультанти розділів проекту:**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І. М.		
Економіка	Новохат О. А.		

**7. Дата видачі завдання:** 15 квітня 2019 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
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 конструкції)	18.04.19	
3	Опис конструкції. Вибір і опис конструкції пресової частини КРМ. Технічна характеристика. Вибір матеріалів.	19.04.19	
4	Параметричний розрахунок.	22.04.19	
5	Розробка складальних креслень.	24.04.19	
6	Розрахунки на міцність і жорсткість. Розробка алгоритмів та програм розрахунку	26.04.19	
7	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	15.05.19	
8	Обґрунтування економічної доцільності модернізації	20.05.19	
9	Розробка вимог до пресової частини з питань охорони праці	22.05.19	

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	30.06.19	
11	Попередній захист проекту	01.06.19	
12	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	10.06.19	

**Судент**

\_\_\_\_\_ Д.В.Бугаєць  
(підпис)

**Керівник дипломного проекту**

\_\_\_\_\_ О.О.Семінський  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

УДК 676.02

Модернізація пресової частини картоноробної машини з розробкою першого пресу:

Дипломний проект освітньо кваліфікаційного рівня “бакалавр” за спеціальністю 6.050503 “Обладнання лісового комплексу”/ “КПІ ім. Ігоря Сікорського” Керівник Семінський О.О. – К., 2019. – 105 с. – Викон. Бугаєць Д.В. – Бібліогр.: 85.

Проект складається з вступу та восьми розділів. Загальний обсяг роботи становить 107 сторінок основного тексту, 14 ілюстрацій, 11 таблиць, переліку посилань з 21 найменувань та 4 додатків.

Мета проекту полягає у модернізації першого пресу картоноробної машини. Розроблений прес дає можливість збільшити продуктивність КРМ та підвищити сухість паперу на 2%, в порівнянні з існуючим.

Виконано необхідні параметричні розрахунки та розрахунки на міцність.

Графічна частина проекту включає чотири креслення формату А1, модернізація першого пресу, установка верхнього валу, верхній вал та сукномийку, три креслення формату А3, цапфа приводна, цапфа права, оболонка валу. Наведено список використаної літератури, патентний пошук та порівняння розробленої конструкції з аналогами.

Результати проекту можуть бути використані у навчальному процесі при викладанні фахових дисциплін на кафедрі МАХНВ.

**КАРТОНОРобНА МАШИНА, ПРЕСОВА ЧАСТИНА, ПЕРШИЙ ПРЕС,  
ВАЛ ПРЕСОВИЙ, СУКНОМИЙКА, КАРТОН**

## РЕФЕРАТ

УДК 676.02

Модернизация прессовой части картоноделательной машины с разработкой первого пресса:

Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня "бакалавр" по специальности 6.050503 "Оборудование лесного комплекса" / "КПИ им. Игоря Сикорского" Руководитель Семинский А.О. - М., 2019. - 107 с. - Исполнитель. Бугаец Д.В. - Библиограф. : 85.

Проект состоит из введения и восьми разделов. Общий объем работы составляет 105 страниц основного текста, 21 иллюстраций, 4 таблицы, списка ссылок с 21 наименований и 4 приложений.

Целью работы является модернизация первого пресса картоноделательной машины с разработкой первого пресса. Разработанный пресс позволяет увеличить производительность бумагоделательной машины и повысить сухость бумажного полотна на 2%.

Выполнено необходимые параметрические расчеты и расчеты на прочность.

Графическая часть проекта включает четыре чертежа формата А1, модернизация первого прессу, установка верхнего вала, верхний вал и сукномойку, три чертежа формата А3, цапфа приводная, цапфа права, оболочка вала. Приведен список использованной литературы, патентный поиск и сравнение разработанной конструкции с аналогами.

Результаты проекта могут быть использованы с учебной целью на кафедре МАХНВ.

КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНАЯ МАШИНА, ПРЕССОВАЯ ЧАСТЬ, ПЕРВЫЙ ПРЕСС, ВАЛ ПРЕСОВЫЙ, СУКНОМОЙКА, КАРТОН

## ABSTRACT

UDC 676.02

Modernization of the press part of a cardboard machine with the development of the first press:

Diploma project of educational qualification level "Bachelor" in the specialty 6.0503 "Equipped with forest complex" / "KPI them. Igor Sikorsky "Director Seminsky O.O. - K., 2019. - 105 p. - Developer Buhaiets D.V. - The bibliographer: 85.

The project consists of an introduction and eight sections. The total volume of work is 105 pages of the main text, 21 illustrations, 4 tables, a list of references from 21 titles and 4 applications.

The purpose of the work is to modernize the first press of a cardboard machine. The developed press provides an opportunity to increase the productivity of the CDM and the dryness of the paper by 2% comparing to presses which are in use now.

The necessary parametric calculations and calculations for durability are executed.

The graphic part of the project includes four drawings of A1 format, modernization of the first press, installation of the upper shaft, upper shaft and knife wrench, three drawings of the A3 format, drive shaft, right pin, shaft shell. The list of used literature, patent search and comparison of the developed design with analogues are given.

The results of the project can be used for educational purposes at the Department of MAHNV.

CARTON MACHINE, PRESSURE PART, FIRST PRESS, PRESS  
RELEASE, SQUEEZE, CARTON

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
"КІЇВСЬКИЙ 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: 6.050503** **Машинобудування**

**Програма професійного спрямування: Обладнання лісового комплексу**

**на тему: Модернізація першого пресу картоноробної машини. Комплексний**

Київ – 2019

## Зміст

Перелік умовних позначень і термінів.....	10
Вступ.....	11
1. Призначення та область застосування першого пресу.....	12
1.1 Вибір типу пресу та його місце в технологічній схемі.....	12
2. Технічна характеристика.....	15
3. Опис та обґрунтування обраної конструкції.....	16
3.1 Опис конструкції, першого пресу та основних складальних одиниць.....	16
3.2 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами.....	17
3.3 Патентне дослідження.....	18
3.4 Вибір та обґрунтування матеріалів оснащення першого пресу.....	24
4 Охорона праці.....	25
4.1 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори .....	26
4.2 Віброзахист.....	26
4.3 Боротьба з шумом.....	27
4.4 Пожежна безпека.....	27
4.5 Електробезпека.....	28
4.6 Освітлення на робочих місцях.....	29
4.7 Огорожі пресової частини КРМ .....	30
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність Конструкції пресу.....	31
5.1 Баланс води і волокна.....	31
5.2 Розрахунок ваги притискного валу.....	33
5.3 Розрахунок зусиль притискання.....	35
5.4 Розрахунок притискного валу на жорсткість та міцність.....	36
5.5 Розрахунок притискного валу на критичну кутову швидкість.....	39

					ЛБ51.705541.001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Бугаєць				Модернізація першого пресу картоноробної машини	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Семінський					10	105	
Реценз.						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, каф. МАХНВ		
Н. Контр.								
Затверд.								

5.6 Розрахунок і вибір підшипників.....	41
5.7 Розрахунок потужності приводу притискного валу.....	42
5.8 Розрахунок жолобчастого валу на жорсткість та міцність.....	44
5.9 Розрахунок жолобчастого валу на критичну кутову швидкість.....	48
5.10 Розрахунок і вибір підшипників.....	49
5.11 Розрахунок потужності приводу жолобчастого валу.....	51
6. Рекомендації щодо монтажу та експлуатації першого пресу.....	54
6.1 Монтажні роботи.....	54
6.2 Ремонтні роботи.....	55
7 Рівень стандартизації та уніфікації.....	58
8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації.....	59
8.1 Обґрунтування доцільності проведення вдосконалення.....	59
8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по удосконаленню базової конструкції першого пресу.....	60
Висновок.....	65
Вывод.....	66
Conclusion.....	67
Перелік посилань.....	68
Додаток А Документація до патентного дослідження.....	71
Додаток Б Комп'ютерний розрахунок .....	78
Додаток В Патенти, які використані в патентному дослідженні.....	84
Додаток Г Публікації автора .....	85

## Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

КРМ – картоноробна машина;

$B$  – обрізна ширина картонного полотна, м;

$V$  - швидкість картоноробної машини, (м/хв) м/с;

$g$  - маса 1 м<sup>2</sup> картонного полотна, (г/м<sup>2</sup>) кг/м<sup>2</sup>;

$S$  - сухість картонного полотна, %;

$q_n$  - лінійний тиск між валами пресу, кН/м;

$Q_2$  - продуктивність картоноробної машини, (кг/год)кг/с;

$P_{cp.}$  - середній питомий тиск між валами пресу;Па;

$L$  - довжина валу між осями підшипників, м;

$D_{зов}$  - зовнішній діаметр оболонки валу, м;

$D_{вн}$  - внутрішній діаметр оболонки валу, м;

$d_u$  - діаметр цапфи валу, м;

$l$  - довжина цапфи валу, м;

$k$  - довжина оболонки валу, м;

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії двигуна;

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## ВСТУП

Однією з найважливіших галузей промисловості є целюлозно-паперове виробництво. Продуктами цього виробництва є целюлоза, деревна маса, картон та картон. Як напівфабрикати, так і готова продукція целюлозно-картонного виробництва мають широке застосування в народному господарстві та культурному житті.

Пресова частина КРМ має забезпечувати:

- максимальне видалення води з картонного полотна;
- рівномірне розподілення вологи по всій ширині полотна;
- полотно повинне мати мінімальні ділянки пробігу та безобривну проводку.

Метою проекту є:

1. Модернізація першого пресу картоноробної машини.
2. Збільшення якості видалення води з картонного полотна, що дасть можливість збільшити сухість полотна в пресовій частині на 1%, за рахунок чого зменшити затрати в сушильній частині КРМ на 5%.
3. Розробка першого пресу КРМ, для пресування картону масою  $0,190 \text{ кг/м}^2$ , на швидкості 10 м/с обрізною шириною 4,2 м.

Поставлена мета досягається вирішенням ряду завдань, а саме:

- визначення силових факторів що діють на пресовий вал;
- розрахунок валу пресового на міцність;
- підбір підшипників кочення та розрахунок їх за динамічною вантажопідйомністю;
- розрахунок потужності приводу.

Завдання отримав 15 квітня 2019 року.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. Призначення та область використання першого пресу

Вологе німецьке картонне полотно, отримане в формуючій частині машини, в залежності від її типу, має сухість від 18 до 25% [1]. Для подальшого зневоднення воно спрямовується до пресової частини, де в процесі проходження між валами пресів, тиск в яких по ходу машини поступово зростає, відбувається підвищення сухості полотна до 35...50, та його ущільнення. Під дією пресування волокна в полотні зближуються, збільшуються площа їх контакту та сили зчеплення між ними, завдяки чому змінюються й властивості готової продукції: знижується пористість, повітропроникність, підвищуються фізико-механічні показники, підвищується густина. Отже, від умов пресування залежить якість готової продукції.

Пресова частина картоноробної машини повинна працювати таким чином, щоб на ній відбувалося рівномірне і максимально припустиме для визначеного виду картону видалення води, оскільки підвищення сухості перед сушильною частиною машини на 1 % дозволяє підвищити її продуктивність на 5 %, або на стільки ж знизити витрату пари у сушильній частині картоноробної машини. Крім того, зневоднювання пресуванням у 10...15 разів дешевше, ніж зневоднювання сушінням. Тому, на сьогоднішній день велику увагу приділяють удосконалюванню конструкції пресів з метою одержання після них сухості полотна, близької до теоретично можливої, або заданої. В дипломному проекті виконано модернізацію першого пресу картоноробної машини.

### 1.1 Вибір типу пресу та його місце в технологічній схемі

Технологічну схему першого пресу пресової частини картоноробної машини показано на рисунку 1.1.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

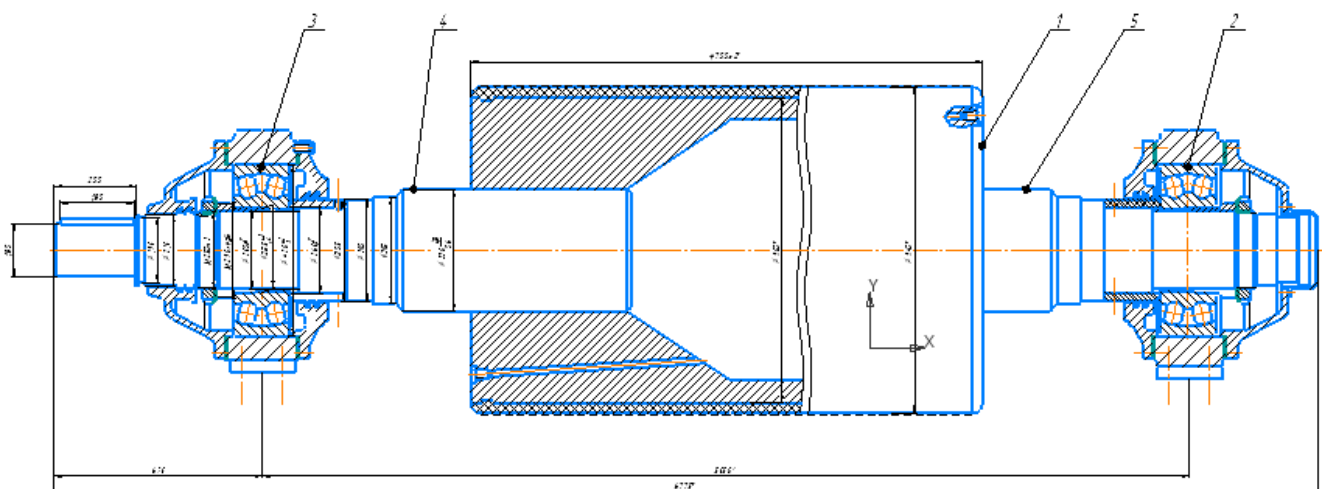


Основна перевага цих пресів у тому, що вони відносно прості за конструкцією, надійні в роботі, забезпечують підвищення сухості полотна та його міцності, знижують експлуатаційні витрати.

Також жолобчастий вал можна застосовувати у тих випадках, коли необхідно забезпечити рівномірну вологість паперу по ширині, збільшити сухість паперу, знизити експлуатаційні витрати [2].

В якості верхнього валу вибрано обрешинений вал з глухими отворами. Зі збільшенням швидкості ефективність зневоднення паперу на пресі з валом, що має глухі отвори в порівнянні зі звичайним пресом збільшується [3]. Прес працює найбільш ефективно при середньому питомому тиску 160 кН/м та швидкості машини не менше 150 м/хв.

Щільні сукна не залишають маркування на папері та збільшують його сухість у порівнянні зі звичайним пресом на 2...3 %.



1 – оболонка; 2 – вузол підшипниковий лицьової сторони машини; 3 - вузол підшипниковий приводної сторони машини; 4 – цапфа приводної сторони машини; 5 – цапфа лицьової сторони машини.

Рисунок 1.2 - Конструкція валу пресового

						ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
							11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

## 2. Технічна характеристика пресу

Технічні дані першого пресу наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Технічна характеристика

Обрізна ширина картону, мм	4200
Швидкість машини, м/хв	600
Діаметр пресового валу без обрезинення, м	0,9
Діаметр пресового валу з обрезиненням, м	0,94
Довжина пресового вала, м	6,480
Підшипники валу	№ 23052
Довжина установки валу, м	6,530
Маса валу, кг	8500

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

### 3. Опис та обґрунтування вибраної конструкції

#### 3.1 Опис конструкції, першого пресу та основних складальних одиниць

Пресовий вал з глухими отворами має найбільшу ефективність і просту конструкцію з пресів з поперечною фільтрацією. Нижній вал такого преса може бути виповнений з металеві оболонки (чавунною або сталеві) і з покриттям поліуретану або гуми [4].

Для зняття плівки води з поверхні пресового валу і для видалення води з отворів пресу при середній швидкості машини встановлюють пластину і відсмоктуючий шабер, а при швидкості понад 500 м / хв - тільки звичайний шабер, так як вода з отворів пресу добре видається відцентровими силами. Очищають отвори пресу від ворсу сукна, дрібного волокна і наповнювача за допомогою водяного спрису при тиску води 0,6 МПа, встановленого тангенціально до поверхні пресу. Сприси включають в роботу періодично в залежності від ступеня забруднення отворів пресу.

На пресових валах з глухими отворами застосовують більш тверді покриття (твердість 5-10 од. По ТШН - 2 ), і працюють вони при більш високому лінійному тиску (100-200 кН / м). При такому тиску на швидкісних машинах термін служби покриття валу знижується внаслідок великого тепловиділення. Для зниження тепловиділення іноді передбачають систему внутрішнього охолодження пресу або йдуть по шляху зниження товщини покриття або збільшення його твердості. [1]

Досвід експлуатації пресів з пресовим валом з глухими отворами показав , що вони мають такі переваги: знижується вартість установки, зменшуються експлуатаційні витрати, збільшується сухість картону , відсутні витрати на створення вакууму, досягається рівномірна вологість картону по

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

ширині, а збільшення тиску пресування не викликає роздавлювання полотна та маркування картону.

### 3.2 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

За аналог розглянемо жолобчастий прес [7], який складається з двох валів: нижній жолобчастий і верхній гранітний.

До недоліків гранітного пресу по відношенню до валу з глухими отворами:

- дороговизна виготовлення;
- складність в експлуатації;
- висока енергозатратність.

Заміна гранітного валу на вал з глухими отворами, дозволяє значно зменшити гідравлічний опір. Також конструкція вала дозволяє збільшити сухість на виході з преса до 37% , а це на 2% більше ніж в базовій конструкції. Досягається це шляхом незначного збільшення лінійного тиску, що не можливо було зробити з базовим валом. А збільшення сухості на пресовій частині на 1% дозволяє з економити 5% пари в сушильній частині. Також за рахунок незначного збільшення швидкості пресування збільшилась продуктивність машини на 18%.

Основні показники базової та вдосконаленої пресової частини подано в таблиці 3.1 [4].

Таблиця 3.1 Порівняння основних показників

№	Основні показники	Аналог	Розроблена конструкція
1	Обрізна ширина паперу, м	4,2	4,2

продовження таблиці 3.1

2	Швидкість,(м/хв)м/с	380	600
3	Кінцева сухість, %	35	37
4	Лінійний тиск, кН/м	70	200
5	Вакуум	потрібно	не потрібно
6	Конструкція	Складність конструкції	Простота конструкції
7	Річна продуктивність, т/рік	204409	241916
8	Кількість пресових валів, шт.	2	2
9	Полотно картоноведуче	сукно	сукно
10	Потужність, кВт	300	423

### 3.3 Патентне дослідження

Предмет пошуку – пресова частина картоноробної машини, перший прес.

Мета пошуку – визначення патентоспроможності модернізованого пресу, та визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці.

Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, СРСР, США, Німеччина, Франція, Японія, Швейцарія, Фінляндія.

Термін дії патенту на винахід в Україні – 10 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2009 – 2019 рр.

Класифікаційні індекси:

- міжнародна патентна класифікація: МПК5, МПК6, МПК7 – D 21 F 3/00, D 21 F 3/08, D 21 F 3/10, D 21 F 3/02, D 21 F 3/04;

- уніфікована десяткова класифікація: УДК 621.9, 621.927.3, 621.928, 621.928.028, 621.928.3, 622.2, 676.1.

Джерела інформації:

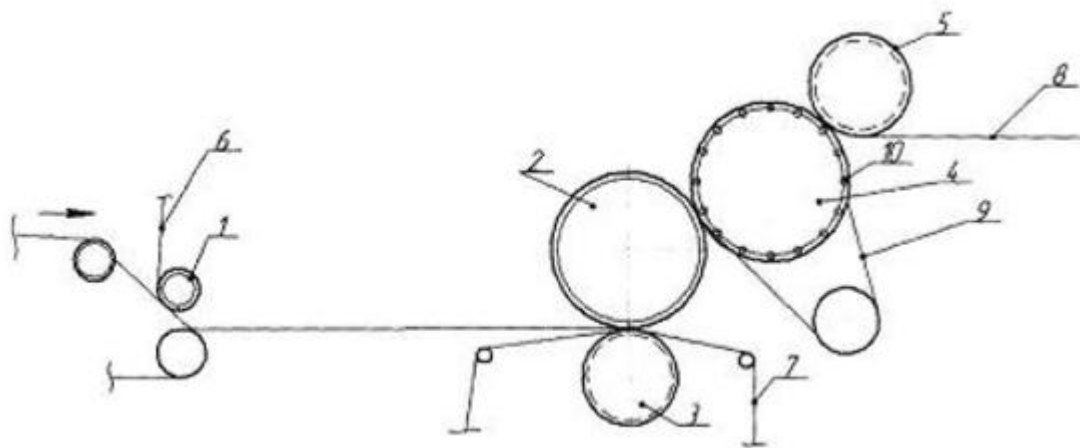
					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України, Роспатенту й Держпатенту СРСР;
- науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу устаткування для виробництва картону.

Суттєвими ознаками апарата є: пресові вали; нескінченно довгі пресові сукна; притискні вали; сукнонатяжні, сукноправильні, сукнорозгінні вали.

Для докладного аналізу було обрано патенти [5 - 9].

У патенті №67177 [5] представлено пресову частину картоноробної машини (рисунок 3.1). Вона складається з пересмоктуючого вала, встановлених послідовно за рухом паперового полотна однозахватного преса, який утворений центральним валом і валом. Вали огинаються сукнами, до того ж сукна, з'єднують суміжні захвати обох пресів, утворених валами, встановлений пристрій для підігріву паперового полотна, виконаний у вигляді огинаючої центральний вал безкінечної термопластичної стрічки, причому в центральний вал вмонтовані нагрівальні елементи для підігріву паперового полотна.



1 – пересмоктуючий вал; 2, 3 – пресові вали; 4 – центральний вал;  
5 – пресовий вал; 6,7 – сукно; 8 – паперове полотно; 9 – термопластична стрічка; 10 – нагрівальний елемент

Рисунок 3.1 – пресова частина картоноробної машини

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

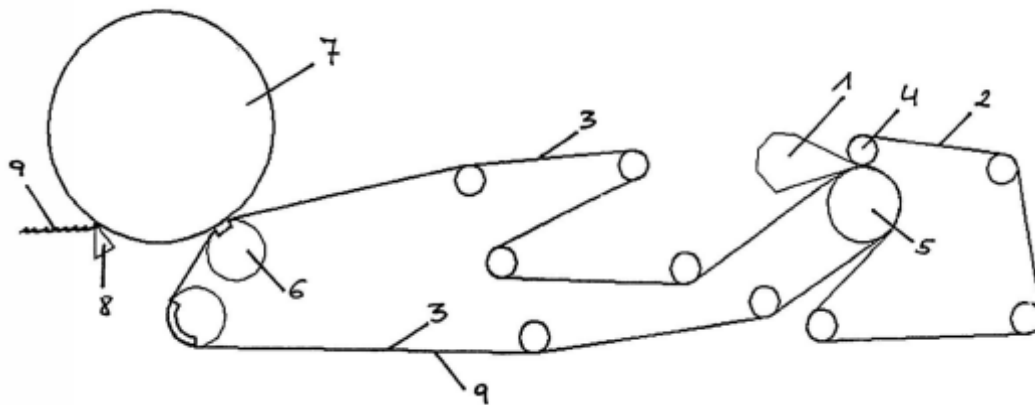






поступальну операцію регулювання тиску пластини тиску і перетворення силового апарату керування в циліндр під тиском рідини, що робить валик стійким виконанням, операція більш проста і зручна.

У патенті №2384090[9] представлено пресову частину картоноробної машини (рисунок 3.5). Вона складається з пресового валу, циліндра, формуючого циліндра, сукна, паперового полотна, притискного вала, шабера.



1 – паперове полотно; 2,3 – сукна; 4 – циліндр; 5 – формуючий циліндр; 6 – притискний вал; 7 – пресовий вал; 8 – шабер; 9 – паперове полотно

Очікуваний ефект – транспортування паперового полотна без обривів і забезпечення компактності конструкції.

Отже, у ході дослідження було з'ясовано, що:

1) в конструкції, що спроектована не застосовано суттєвих ознак, якими різняться розглянуті пристрої. Тому всі ознаки спроектованої конструкції є новими;

2) усі суттєві ознаки аналогів не було застосовано у розробленій пресовій частині КРМ;

3) відповідно до закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі» конструкція розробленої пресової частини КРМ відповідає критерію «новизна» та «винахідницький рівень»;

4) провідними країнами у галузі картоноробного виробництва є США, Німеччина, Японія, Фінляндія та Російська Федерація;

5) аналіз патентів наводить на висновок про те, що сучасні розробки в галузі картонного виробництва спрямовані на модернізацію пресової частини та застосування нових методів пресування.

### 3.4 Вибір та обґрунтування матеріалів оснащення першого пресу

Вибір матеріалів починати з уточнення робочих умов: температури, тиску, концентрацій робочих середовищ. При виборі матеріалу для виготовлення пресового валу необхідно враховувати наступне: механічні властивості матеріалу – границя міцності, відносне подовження, твердість тощо.

Цапфи пресових валів виготовлені зі сталі 40Х ГОСТ 4543 – 71, так як саме ця сталь при своїй меншій питомій масі, ніж високо вуглецева сталь забезпечує оптимальну збалансованість міцності та твердості для пресових валів, цапф, осей та ін. Матеріал оболонки валу – сірий чавун СЧ18-36 ГОСТ 1412-70, який використовують для важливих виливок, що не мають поверхні ковзання. Чавун марки СЧ 18 - 36 може бути допущений для виготовлення корпусів пресів папероробних машин.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

#### 4. Охорона праці

Одним з найважливіших завдань в трудовому процесі є забезпечення гідних і безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу. А тому даним процесом має керувати висококваліфікований спеціаліст з питань охорони праці.

На сьогоднішній день є важливим етап підготовки фахівців з вищезазначених питань.

Надзвичайно швидкі темпи розвитку інноваційних технологій ставлять перед виробниками завдання вносити суттєві нововведення в технологічні процеси, предмети і знаряддя праці.

Тому при розробці та введенні в експлуатацію нової техніки слід ретельно проаналізувати ймовірність виникнення шкідливих та небезпечних факторів, для того, щоб уникнути їх. А також потрібно розробити заходи і засоби, які будуть мінімізувати негативний вплив на робітника.

Особливу увагу слід звернути на умови праці обслуговуючого персоналу, котрі знаходяться безпосередньо біля пульта преса.

До небезпечних і шкідливих факторів у виробничому приміщенні відносяться:

1. Забруднене повітря біля робочої зони.
2. Рухомі частини КРМ, ПРМ, шум та вібрація окремих ділянок.
3. Висока ймовірність виникнення пожежі.
4. Небезпека ураження електрострумом.

Аналіз шкідливих небезпечних факторів, а також засоби та заходи по забезпеченню належних умов праці, розглянуто нижче.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.1 Шкідливі та небезпечні виробничі фактори

Робота у целюлозно-паперовій промисловості відноситься до категорії виробництв з підвищеною безпекою. Основними шкідливими факторами на виробництві являються нижче приведені шкідливі та небезпечні фактори:

- запыленість приміщень паперовим пилом, який при підвищених концентраціях може призвести до вибуху.
- тепловипромінювання, пара, нагріта поверхня устаткування;
- небезпечна напруга електричного струму;
- обертові та рухомі машини і механізми;
- пожежна небезпечність

#### 4.2 Віброзахист

Основними джерелами вібрації в приміщенні є обертові частини пресової частини КРМ. Такими частинами вважаються сітко поворотний, сітко натяжний та пресовий преси, електродвигуни, насосні установки. В таких частинах виникають невідновжені сили, котрі передаються будівельним конструкціям, викликаючи їх вібрацію.

Вібрації будівельних конструкцій є причиною шуму в суміжних приміщеннях. Тому розташування інженерного обладнання в приміщеннях вимагає вживання заходів щодо зниження вібрації будівельних конструкцій до величин, котрі забезпечують допустимий рівень шуму в приміщеннях.

Найбільш ефективним та технічно доцільним методом зниження вібрації будівельних конструкцій є зниження невідновжених сил, тобто динамічних навантажень, котрі створюються сушильною частиною.

Для запобігання вище сказаного були виконані такі роботи:

- ретельне динамічне балансування обертових частин агрегатів;
- центрування муфтових з'єднань з електродвигуном;

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

- ліквідацію перекосів та великих зазорів у підшипниках;
- надійне закріплення рознімних частин обладнання (кришок підшипників, з'єднувальних фланців трубопроводів).

Ці заходи дозволили знизити вібрацію рухомих частин до рівня, що відповідає вимогам [13].

### 4.3 Боротьба з шумом

Приміщення, в якому розміщена пресова частина КРМ, - закритого типу, а сама конструкція холодильної частини спричиняє постійний шум. Шум в приміщенні перевищує норми допустимі в [16].

Згідно норм [16] шум при роботі пресової частини КРМ не повинен перевищувати 80 дБА.

Для запобігання перевищення шуму вище встановленої норми над пресовою частиною встановлюються звуковідбиваючі екрани.

З метою індивідуального захисту персоналу видаються:

- протишумові навушники ПШН-Б, що знижують рівень шуму до 22...28 дБА,;
- протишумні вкладиші „Беруши СТ-1”, що знижують рівень шуму до 16...20 дБА.

Ці заходи дозволили знизити рівень шуму до рівня, що відповідає вимогам [16].

### 4.4 Пожежна безпека

Категорія приміщення Іа [17], клас захисту І-а [17].

При виникненні пожежі необхідно, не зволікаючи, вимкнути вентиляцію (як приточну, так і витяжну), а швидкість машини знизити до мінімальної.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зупинити машину слід по особливому розпорядженню. Також при певній пожежній небезпеці повинні бути здійснені первинні заходи пожежогасіння.

Первинні засоби пожежогасіння призначені для ліквідації невеликих осередків пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії їхнього розвитку силами персоналу об'єкта до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони.

До первинних засобів пожежогасіння відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (бочки з водою, пожежні відра, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні покрипреса) та пожежний інструмент (гаки, ломы, сокири тощо).

Вогнегасники та пожежний інвентар мають червоне пофарбування, а бочки з водою та ящики з піском ще й відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент фарбується у чорний колір.

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлюються у виробничому приміщенні. Такі бочки повинні бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 8 л.

Ящики для піску мають місткість 0,5, 1,0 або 3,0 м<sup>3</sup> та повинні бути укомплектовані совковою лопатою.

Протипожежні покрипреса, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, розміром 2х1 м та 2х2 м.

Для підвищення організації евакуації при пожежі, в спеціально відведених місцях, розміщено схеми еваковиходів.

Протипожежна безпека пресової частини ПРМ відповідає вимогам [17].

#### **4.5 Електробезпека**

Клас приміщення по П-а [17], в якому розміщена пресова частина КРМ.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

В приміщенні в якому розміщена пресова частина КРМ і для самої роботи машини використовуємо струм  $U = 220/380$  В, частота  $f = 50$  Гц з ізольованою нейтраллю.

Для запобігання ураженню електричним струмом:

- надійно ізолюємо елементи конструкції, що проводять електричний струм;
- кабелі укладаємо в «рукави»;
- встановлюємо сітчасті (розмір щілини – 0,015x0,015 м) огорожі струмоведучих частин на недосяжній висоті 3,0 м;
- встановлюємо електричне блокування на огорожі струмоведучих частин;
- встановлюємо орієнтацію в електроустановках (попереджувальні сигнали та знаки; написи та таблички; знаки високої напруги; відповідне розташування і колір неізольованих струмоведучих частин і ізоляції; фарбування органів управління у відмінний від інших колір і світлова ізоляція);
- обслуговуючому персоналу видаємо засоби захисту (діелектричні коврики, рукавички, індикатори струму та напруги);
- в аварійному режимі використовуємо захисне заземлення.

Ці заходи проведені згідно [13].

#### 4.6 Освітлення на робочих місцях

Приміщення, в якому розташована пресова частина КРМ закритого типу, тобто в даному приміщенні штучне освітлення.

Для освітлення приміщення приймаємо 18 світильників: лампи ДРЛ 400 (напруга - 220 В, світловий потік – 19000 лм, Ефакт = 300лк ) і ДРЛ 700 (напруга - 220 В, світловий потік – 35000 лм, Ефакт = 300лк), що відповідає вимогам [13].

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 4.7 Огорожі пресової частини КРМ

Всі рухомі частини мають огорожу. Всі робочі площадки мають огорожу з відбійною полоєю. Висота огорожі - 1200...1500 мм, а відбійна полоєа не менше 150 мм, що відповідає вимогам [16].

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## 5. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції пресу

### 5.1 Баланс води і волокна

Розрахункову схему пресу картоноробної машини показано на рисунку 5.1.

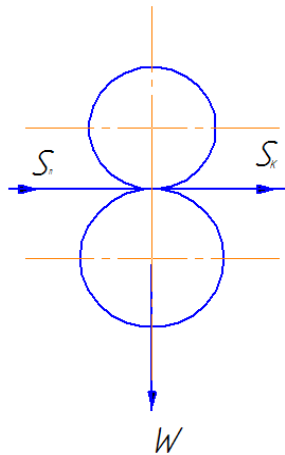


Рисунок 5.1 - Розрахункова схема пресу

Метою розрахунку є визначення кінцевої сухості після пресу:

Вихідні дані:

Початкова сухість  $S_{п}$ , % 26;

Швидкість машини  $V$ , м/хв, 600;

Маса  $1 \text{ м}^2$  картонного полотна  $q$ ,  $\text{г}/\text{м}^2$  190;

Ширина картонного полотна  $B$ , м. 4.2.

Кількість води, що віджимається на 1 кг абсолютно сухого картону, втратами волокна знехтуємо:

Задаємось кінцевою сухістю  $S_{к}$ , % 37

$$W = \frac{1}{S_{п}} - \frac{1}{S_{к}} = \frac{1}{0.26} - \frac{1}{0.37} = 1.14 \frac{\text{кг}}{\text{кг}}$$

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



$\beta$  – коефіцієнт маси картону [1];

ШР- ступінь помолу маси, °ШР [3];

$\gamma, \theta, \omega, \varepsilon, \psi$  – дослідні коефіцієнти [1].

Отримане значення сухості після пресу не повинно відрізнятись від заданого на величину, яка розраховується за формулою:

$$\frac{|S'_k - S_k|}{S_k} \leq 0,5\%$$

Маємо:

$$\left| \frac{37 - 37,36}{37} \right| = 0,09 \leq 0,5\%$$

Де  $S_k$  – задана кінцева сухість картонного полотна після пресу, %;

Висновок: умова сухості виконується, величина кінцевої сухості складає 37.36%

## 5.2 Розрахунок ваги притискного валу

Вихідні дані:

Діаметр оболонки валу $D$ , м	0,94
Внутрішній діаметр оболонки валу $D_2$ ,	0,76
Діаметр цапфи валу $d_{ц}$ , м	0,33
Матеріал оболонки валу – сірий чавун СЧ18-36, ГОСТ 1412-70 густиною $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	7250
Матеріал цапф – Сталь 40Х, ГОСТ 4543 – 71 густиною $\rho_{ц}$ , кг/м <sup>3</sup>	7860
Матеріал поверхні валу – Гума, ГОСТ 7338 густиною $\rho_{г}$ , кг/м <sup>3</sup>	1150

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною в [1].

Розраховуємо силу тяжіння цапф валу за формулою:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### 5.3 Розрахунок зусиль притискання

Розрахункова схема зусиль притискання наведена на рисунку 5.2.

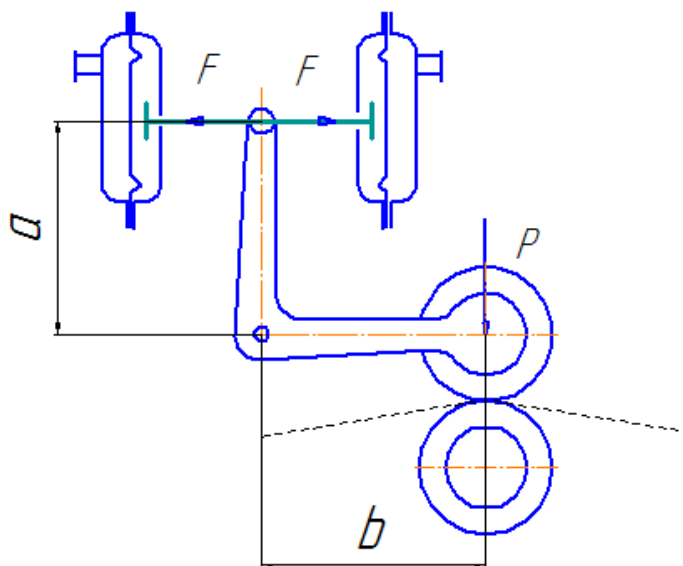


Рисунок 5.2 - Схема зусиль притискання

Мета розрахунку: розрахунок необхідного діаметру діафрагм для створення заданого лінійного тиску в захваті жолобчатого преса.

Вихідні дані :

Лінійний тиск $q_{\text{л}}$ , кН/м	200
Ширина сукна, м	4,7
Сила тяжіння притискного валу з підшипниками $G_{\text{в}}$ , Н	83382
Довжина плеча з боку притискного валу $b$ , м	0,6
Довжина плеча з боку притискного механізму $a$ , м	1,4

Розрахунок приведено за методикою викладеною у [12]

Для створення заданого тиску в захваті пресу до цапф рухомого валу, який створює тиск, необхідно прикласти зусилля  $P_{\text{пр}}$ .

Зусилля притискання:

$$P_{\text{пр}} = q_{\text{л}} B - G_{\text{в}} = 200000 \cdot 4,7 - 83382 = 856618 \text{ Н},$$

де  $q_{\text{л}}$  – лінійний тиск, Н/м;

$B$  – ширина сукна, м;

$G_{\text{в}}$  – вага валу з підшипниками, Н.

Зусилля притискання з боку притискного механізму:

$$F_{\text{п}} = \frac{P_{\text{пр}} \cdot b}{a \cdot \eta} = \frac{856618 \cdot 0,6}{1,4 \cdot 0,96} = 382418 \text{ Н},$$

де  $a$  – довжина плеча з боку механізму притискання, м;

$b$  – довжина плеча з боку притискного механізму, м;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії механізму притискання.

Сила притискання на одну цапфу:

$$F_n' = 0,5 F_n = 0,5 \cdot 382418 = 191209 \text{ Н},$$

де  $F_n$  – загальна сила притискання притискного механізму, Н.

Діаметр діафрагми:

$$D = \sqrt{\frac{4F_n'}{\pi P_n}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 191209}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6}} = \phi 0,78 \text{ м},$$

Обираємо діаметр діафрагми з запасом  $D = 0,8 \text{ м}$ ,

Висновок: за результатами даного розрахунку встановлено, що необхідний діаметр діафрагми повинен становити  $\phi 0,8$  м для встановлення заданого лінійного тиску в захваті.

#### 5.4. Розрахунок притискного валу на жорсткість та міцність

Розрахункова схема показана на рисунку 5.3.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11





Напруження при згинанні у перерізі I-I оболонки валу:

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{837506}{0,0352} = 23808389 \text{ Па} = 24 \text{ МПа} ,$$

$$\sigma_1 \leq [\sigma_1]$$

$$(24 \text{ МПа} \leq 120 \text{ МПа})$$

де  $[\sigma] = 120 \text{ МПа}$  – допустиме напруження матеріалу оболонки валу.

Напруження при згинанні у перерізі II-II цапфи валу:

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{224625}{0,0729} = 3051611 \text{ Па} = 3,1 \text{ МПа} ,$$

$$\sigma_2 \leq [\sigma_2]$$

$$(3,1 \text{ МПа} \leq 150 \text{ МПа})$$

де  $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$  – допустиме напруження матеріалу цапф валу.

Напруження при згинанні у перерізі III-III цапфи валу:

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W_3} = \frac{209376}{0,0036} = 58262081 \text{ Па} = 58,3 \text{ МПа} ,$$

$$\sigma_3 \leq [\sigma_3]$$

$$(58,3 \text{ МПа} \leq 150 \text{ МПа})$$

де  $[\sigma] = 150 \text{ МПа}$  – допустиме напруження матеріалу цапф валу.

Висновок: З розрахунку на міцність віл відповідає експлуатаційним вимогам. Усі умови міцності виконуються.

### 5.5. Розрахунок притискного валу на критичну кутову швидкість

Метою розрахунку є визначення робочої і критичної кутової швидкості валу преса та оцінка можливості його стійкої роботи в заданих умовах.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідні дані:

Вага вала Q , Н	83382
Відстань між центрами підшипників L, м	5,55
Лінійна швидкість полотна V, м/хв	600
Матеріал оболонки вала ГОСТ 1412-70	СЧ-18-36
Модуль пружності матеріалу вала E, Па	$1,75 \cdot 10^{11}$

Прогин валу під дією власної ваги:

$$f = \frac{5 \cdot Q \cdot L^3}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 83382 \cdot 5.55^3}{384 \cdot 1.75 \times 10^{11} \cdot 1,6 \cdot 10^{-2}} = 8,41 \times 10^{-4} \text{ м}$$

Критична кутова швидкість валу

$$\omega = \sqrt{\frac{g_T}{f}} = \sqrt{\frac{9,81}{8,41 \times 10^{-4}}} = 116 \text{ с}^{-1}$$

де  $g_T$  – прискорення сили тяжіння,  $\text{м/с}^2$

Робоче число обертів валу

$$n_p = \frac{V}{\pi \cdot D_{\text{зовг}}} = \frac{10}{3.14 \cdot 0.94} = 3.38 \text{ с}^{-1}$$

де  $D_{\text{зовг}}$  – діаметр оболонки валу з обрезиненням

Робоча кутова швидкість валу

$$\omega_p = 2\pi n_p = 2 \cdot 3.14 \cdot 3.38 = 21.28 \text{ с}^{-1}$$

Відношення робочої частоти обертання валу докритичної

$$E = \frac{\omega_p}{[\omega]} = \frac{21.28}{116} = 0.1836 < [K],$$

де  $[K] = 0,6$  – допустиме відношення робочої частоти обертання валу до критичної.

Висновок: оскільки розрахункове явище резонансу менше за допустиме значення ( $E < [E] = 0.6$ ), то умова відсутності явища резонансу виконується.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.6. Розрахунок і вибір підшипників

Розрахункова схема показана на рисунку 5.4

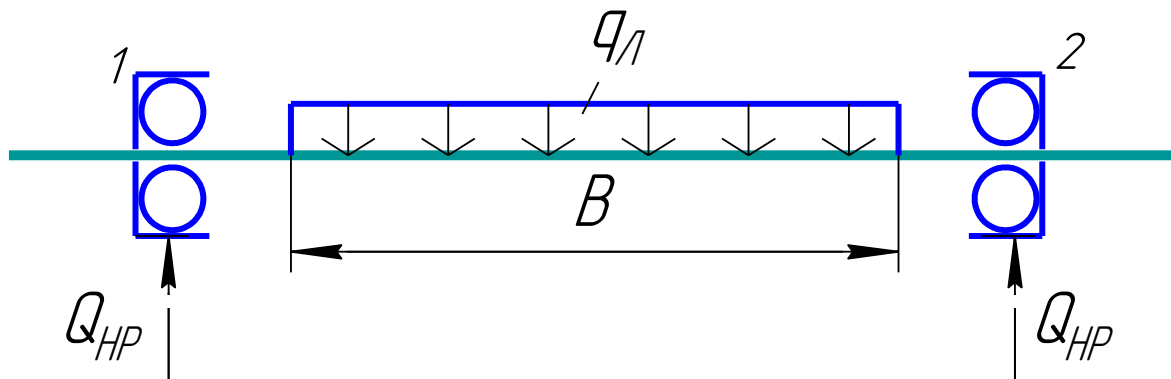


Рисунок 5.4. – Схема для розрахунку підшипників вала

Мета розрахунку: вибір підшипників, що задовільняють умовам довговічності та максимально допустимого навантаження.

Вихідні дані:

Сумарне навантаження на вал без ваги підшипників  $Q$ , Н 1045014

Швидкість машини  $V$ , м/с 10

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною у [2].

Попередньо вибираємо підшипник роликовий радіальний сферичний двохрядний № 23052 ССК/W33, який має наступні характеристики: статична вантажопідйомність  $C_0=4000000$  Н; динамічна вантажопідйомність  $C=4500000$  Н; діаметр зовнішнього кільця  $D=420$ мм; діаметр внутрішнього кільця  $d=260$  мм; ширина підшипника  $B=138$  мм.

На підшипник діє радіальна сила, яку можна розрахувати за формулою:

$$F_R = \frac{P}{2} = \frac{1045014}{2} = 522507 \text{ Н}$$

де  $P=Q$ , Н – сумарне навантаження на вал.

Розрахуємо еквіпресентне навантаження на підшипники за формулою:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11





$$\sum T = T_1 + T_2 + T_3 = 17594 + 16676 + 352,5 = 34623\text{Н.}$$

Тоді потужність на подолання тягового зусилля вала:

$$N_B = \frac{\sum T \cdot V \cdot K_v \cdot K_m}{60 \cdot 1000} = \frac{34623 \cdot 10 \cdot 1,3 \cdot 1,04}{60 \cdot 1000} = 360 \text{ кВт.}$$

Загальна потужність електро двигуна для приводу вала:

$$N = \frac{N_B}{\eta} = \frac{360}{0,85} = 423 \text{ кВт.}$$

Висновок: розрахована потужність приводу вала становить 423 кВт.

Таблиця 5.1 – Технічна характеристика електродвигуна

Тип двигуна	Потужність, кВт	Синхронна частота обертання, об./хв.	ККД, %	Коефіцієнт потужності
СДН- 14-44- 12УЗ	500	600	91,1	0,86

Висновок: для приводу холодильної частини, що проектується, обираємо електродвигун постійного струму серії СДН-14-44-12УЗ потужністю 500 кВт.

## 5.8. Розрахунок жолобчастого валу на жорсткість та міцність

Розрахункова схема показана на рисунку 5.5.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

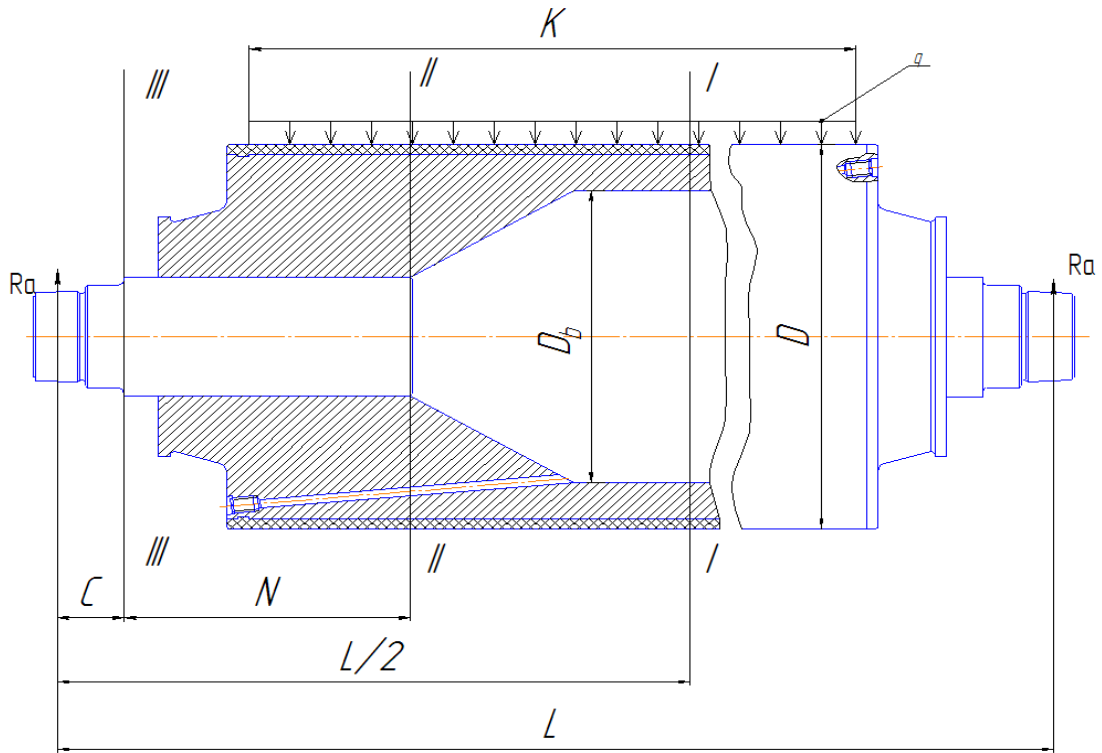


Рисунок 5.5. – Розрахункова схема жолобчастого

Мета розрахунку: підбір матеріалу валу та параметрів конструкції, що задовільняють умовам міцності.

Вихідні дані:

Діаметр оболонки валу $D_{\text{зов,м}}$	0,98
Внутрішній діаметр оболонки валу $D_{\text{вн,}}$	0,8
Діаметр цапфи валу $d_{\text{ц, м}}$	0,33
Матеріал оболонки валу – сірий чавун СЧ18-36, ГОСТ 1412-70 густиною $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	7250
Матеріал цапф – Сталь 40Х, ГОСТ 4543 – 71 густиною $\rho_{\text{ц}}$ , кг/м <sup>3</sup>	7860
Вага притискного валу з підшипниками $G_{\text{в, Н}}$	99645

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною в [1].

Розраховуємо силу тяжіння цапф валу за формулою:

$$G_{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot d_{\text{ц}}^2}{4} \cdot l \cdot \rho_{\text{ц}} \cdot g = \frac{3,14 \cdot 0,33^2}{4} \cdot 1,18 \cdot 7860 \cdot 9,81 = 7782 \text{ Н,}$$

де  $d_{\text{ц}}$  – діаметр цапфи валу, м;

										ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
											11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$l$  – довжина цапфи, м;

$\rho$  – густина матеріалу цапфи,  $\text{кг/м}^3$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ .

Розраховуємо силу тяжіння оболонки валу за формулою:

$$G_p = \frac{\pi \cdot (D_{\text{зов}}^2 - D_{\text{вн}}^2)}{4} \cdot k \cdot \rho \cdot g = \frac{3,14 \cdot (0,98^2 - 0,8^2)}{4} \cdot 4,7 \cdot 7250 \cdot 9,81 \\ = 84117 \text{ Н},$$

де  $D_{\text{зов}}$  – зовнішній діаметр оболонки валу, м;

$D_{\text{вн}}$  – внутрішній діаметр оболонки валу, м;

$k$  – довжина оболонки валу, м;

$\rho$  – густина оболонки валу,  $\text{кг/м}^3$ ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ .

Розраховуємо вагу жолобчастого валу за формулою:

$$G_{\text{ж}} = 2G_{\text{ц}} + G_p = 2 \cdot 7782 + 84117 = 99682 \text{ Н},$$

Навантаження на вал:

Від натягу сукна:

$$Q_s = S_c = 11750 \text{ Н}$$

де  $S_c = S_B \cdot k = 2500 \cdot 4,7 = 11750 \text{ Н}$  – натяг сукна;

$S_B = 2,5 \text{ кН/м}$  – максимальне навантаження від натягу сукон.

Сумарне навантаження на вал:

$$Q = G_B + G_{\text{ж}} + Q_s + q_l \cdot k = 83382 + 99682 + 11750 + 200000 \cdot 4,7 = \\ 1074814 \text{ Н};$$

де  $G_B$  вага притискного валу

Момент інерції перерізу I-I корпусу валу:

$$I = \frac{\pi}{64} (D_{\text{зов}}^4 - D_{\text{вн}}^4) = \frac{3,14}{64} (0,98^4 - 0,8^4) = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4,$$

Прогин валу:

$$f = \frac{Q \cdot K^2 (12 \cdot L - 7 \cdot K)}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{1074814 \cdot 4,7^2 (12 \cdot 5,55 - 7 \cdot 4,7)}{384 \cdot 1,75 \cdot 10^{11} \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^4$$

де  $K$  – довжина оболонки валу, м;

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ЛБ51.705541.001 ПЗ

L – довжина валу між вісями підшипників, м;

E – модуль пружності чавуна, Па.

Відносний прогин валу:

$$\xi = \frac{f}{K} = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{4,7} = 1,06 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Перевіримо умову жорсткості:

$$\xi \leq [\xi]$$

$$(0,000106 \text{ м} \leq 0,000167 \text{ м})$$

Отже, як видно з розрахунку, вал задовільняє умовам жорсткості.

Момент опору перерізу I-I оболонки валу:

$$W_1 = \frac{2 \cdot I}{D_{\text{зов}}} = \frac{2 \cdot 2,5 \times 10^{-2}}{0,98} = 0,0514 \text{ м}^3$$

Момент опору перерізу II-II цапфи валу:

$$W_2 = 0,1 \cdot D_{\text{зов}}^3 = 0,1 \cdot 0,98^3 = 0,0941 \text{ м}^3$$

Момент опору перерізу III-III цапфи валу:

$$W_3 = 0,1 \cdot d_{\text{ц}}^3 = 0,1 \cdot 0,33^3 = 0,0036 \text{ м}^3$$

Згинаючий момент у перерізі I-I оболонки валу:

$$M_1 = Q \cdot \left( \frac{L}{4} - \frac{K}{8} \right) = 1074814 \cdot \left( \frac{5,55}{4} - \frac{4,7}{8} \right) = 907851 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Згинаючий момент у перерізі II-II цапфи валу:

$$M_2 = Q \cdot \left( \frac{L - K}{4} \right) = 1074814 \cdot \left( \frac{5,55 - 4,7}{4} \right) = 241147 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Згинаючий момент у перерізі III-III цапфи валу:

$$M_3 = \frac{Q \cdot C}{2} = \frac{1074814 \cdot 0,4}{2} = 226963 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Напруження при згинанні у перерізі I-I оболонки валу:

$$\sigma_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{907851}{0,0514} = 17673383 \text{ Па} = 17,7 \text{ МПа},$$

$$\sigma_1 \leq [\sigma_1]$$

$$(17,7 \text{ МПа} \leq 120 \text{ МПа})$$

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $[\sigma] = 120$  МПа – допустиме напруження матеріалу оболонки валу.

Напруження при згинанні у перерізі II-II цапфи валу:

$$\sigma_2 = \frac{M_2}{W_2} = \frac{241147}{0,0941} = 2561542 \text{ Па} = 2,6 \text{ МПа},$$

$$\sigma_2 \leq [\sigma_2]$$

$$(2,6 \text{ МПа} \leq 150 \text{ МПа})$$

Де  $[\sigma] = 150$  МПа – допустиме напруження матеріалу цапф валу.

Напруження при згинанні у перерізі III-III цапфи валу:

$$\sigma_3 = \frac{M_3}{W_3} = \frac{226963}{0,0036} = 63155727 \text{ Па} = 63,2 \text{ МПа},$$

$$\sigma_3 \leq [\sigma_3]$$

$$(63,2 \text{ МПа} \leq 150 \text{ МПа})$$

де  $[\sigma] = 150$  МПа – допустиме напруження матеріалу цапф валу.

Висновок: З розрахунку на міцність віл відповідає експлуатаційним вимогам. Усі умови міцності виконуються.

### 5.9 Розрахунок жолобчастого валу на критичну кутову швидкість

Метою розрахунку є визначення робочої і критичної кутової швидкості валу преса та оцінка можливості його стійкої роботи в заданих умовах.

Вихідні дані:

Вага вала Q , Н	1074814
Відстань між центрами підшипників L, м	5,55
Лінійна швидкість полотна V, м/хв	600
Матеріал вала ГОСТ 1412-70	СЧ-18-36
Модуль пружності матеріалу вала E, Па	$1,75 \cdot 10^{11}$

Прогин валу під дією власної ваги:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$f = \frac{5 \cdot Q \cdot L^3}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \cdot 1074814 \cdot 5.55^3}{384 \cdot 1.75 \times 10^{11} \cdot 2,5 \cdot 10^{-2}} = 5,31 \times 10^{-4} \text{ м}$$

Критична кутова швидкість валу

$$\omega = \sqrt{\frac{g_T}{f}} = \sqrt{\frac{9,81}{5,31 \times 10^{-4}}} = 146 \text{ с}^{-1}$$

де  $g_T$  – прискорення сили тяжіння,  $\text{м/с}^2$

Робоче число обертів валу

$$n_p = \frac{V}{\pi \cdot D_{\text{зов}}} = \frac{10}{3.14 \cdot 0.98} = 3.25 \text{ с}^{-1}$$

Робоча кутова швидкість валу

$$\omega_p = 2\pi n_p = 2 \cdot 3.14 \cdot 3.24 = 20.4 \text{ с}^{-1}$$

Відношення робочої частоти обертання валу докритичної

$$E = \frac{\omega_p}{\omega} = \frac{20.4}{146} = 0.1402 < [K],$$

де  $[K] = 0,6$  – допустиме відношення робочої частоти обертання валу до критичної.

Висновок: оскільки розрахункове явище резонансу менше за допустиме значення ( $E < [E] = 0.6$ ), то умова відсутності явища резонансу виконується.

## 5.10 Розрахунок і вибір підшипників

Розрахункова схема показана на рисунку 5.6.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

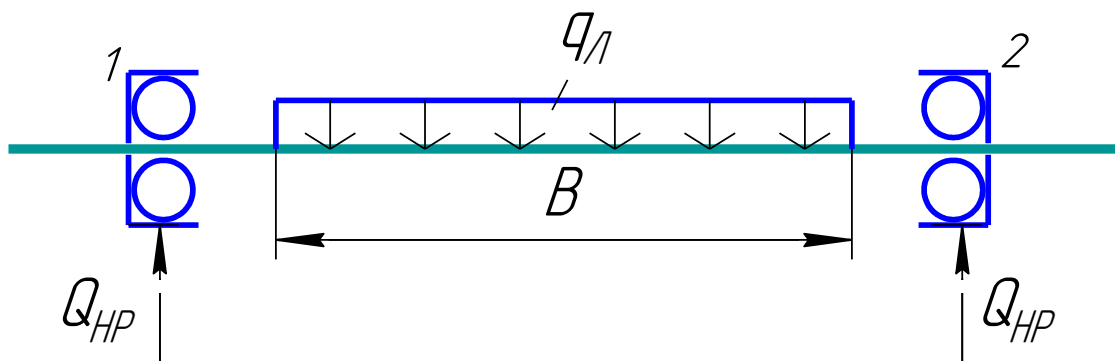


Рисунок 5.6. – Схема для розрахунку підшипників вала

Мета розрахунку: вибір підшипників, що задовільняють умовам довговічності та максимально допустимого навантаження.

Вихідні дані:

Сумарне навантаження на вал  $Q$ , Н 1074814

Швидкість машини  $V$ , м/с 10

Розрахунок проводимо за методикою, наведеною у [2].

Попередньо вибираємо підшипник роликовий радіальний сферичний двохрядний № 23052 ССК/W33, який має наступні характеристики: статична вантажопідйомність  $S_0=4000000$  Н; динамічна вантажопідйомність  $S=4500000$  Н; діаметр зовнішнього кільця  $D=420$ мм; діаметр внутрішнього кільця  $d=260$  мм; ширина підшипника  $B=138$  мм.

На підшипник діє радіальна сила, яку можна розрахувати за формулою:

$$F_R = \frac{P}{2} = \frac{1074814}{2} = 537407 \text{ Н}$$

де  $P=Q$ , Н – сумарне навантаження на вал.

Розрахуємо еквіресентне навантаження на підшипники за формулою:

$$P_e = K_v \cdot F_R \cdot K_B \cdot K_T = 1 \cdot 537407 \cdot 1 \cdot 1 = 537407 \text{ Н}$$

де  $K_v$ - коефіцієнт обертання;

$K_B$  – коефіцієнт безпеки;

$K_T$  – температурний коефіцієнт.

Розрахуємо номінальну довговічність підшипника за формулою:

$$L = \left(\frac{C}{P_e}\right)^p = \left(\frac{4500000}{537407}\right)^{10\setminus 3} = 1192 \text{ млн. об.}$$

де  $p$  – ступеневий показник.

Розрахуємо число обертів валу за формулою [5]:

$$n = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot D_{\text{зов}}} = \frac{60 \cdot 10}{3,14 \cdot 0,98} = 194,8 \text{ хв}^{-1},$$

де  $v$  – швидкість картоноробної машини, м/с;

$D_{\text{зов}}$  – діаметр оболонки валу, мм.

Розрахункова довговічність підшипників повинна бути не менше 100000 годин. Розрахуємо її значення за формулою:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n} = \frac{10^6 \cdot 1192}{60 \cdot 194,8} = 101962 \text{ год.}$$

Висновок: динамічне навантаження менше максимально допустимого, умова довговічності виконується, отже вибираємо підшипник № 23052 ССК/W33

### 5.11 Розрахунок потужності приводу жолобчастого валу

Мета розрахунку: визначення потужності приводу пресу.

Вихідні дані:

Робоча швидкість машини $V$ , м/с	10
Діаметр оболонки вала $D_{\text{зов,м}}$	0,98
Внутрішній діаметр оболонки вала $D_{\text{вн}}$	0,8
Діаметр цапфи $d_{\text{ц}}$ , м	0,33
Коефіцієнт тертя в підшипниках $f$	0,015

Розрахунок потужності приводу вала виконується методом тягового зусилля:

$$N = \frac{\sum T \cdot V \cdot K_v \cdot K_m}{60 \cdot 1000}$$

де  $\sum T$  – загальне тягове зусилля, Н;

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛБ51.705541.001 ПЗ					

$V$  – робоча швидкість машини, м/хв;

$K_v$  – коефіцієнт швидкості;

$K_m$  – коефіцієнт перевантаження.

Знайдемо загальне тягове зусилля:

$$\sum T = T_1 + T_2 + T_3$$

де  $T_1$  – тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках, Н;

$T_2$  – тягове зусилля на подолання тертя кочення вала, Н

$T_3$  – тягове зусилля на подолання тертя шабера, Н.

Тягове зусилля на подолання тертя в підшипниках вала:

$$T_1 = Q \cdot f \cdot \frac{d_{\text{ц}}}{D_{\text{ЗОВ}}} = 1192 \cdot 0,005 \cdot \frac{0,33}{0,98} = 18866 \text{ Н}$$

Тягове зусилля на подолання тертя кочення вала по валу:

$$T_2 = 2Qk \left( \frac{1}{D_n} + \frac{1}{D_g} \right) = 2 \cdot 1074814 \cdot 0,015 \cdot \left( \frac{1}{0,98} + \frac{1}{0,94} \right) = 322245 \text{ Н,}$$

де  $k$  – коефіцієнт тертя кочення;

$D_v$  – діаметр верхнього вала, м;

$D_n$  – діаметр нижнього вала, м.

Тягове зусилля на подолання тертя шабера:

Тягове зусилля на подолання тертя шабера:

$$T_3 = q_m \cdot b \cdot f_m \cdot n = 0,3 \cdot 10^3 \cdot 4,7 \cdot 0,25 \cdot 1 = 352,5 \text{ Н,}$$

де  $q_m$  – лінійний тиск між шабером і валом;

$f_m$  – коефіцієнт тертя шабера по вала;

$b$  – довжина лінії дотику шабера і вала;

$n$  – кількість шаберів.

Сумарне тягове зусилля верхнього валу:

$$\sum T = T_1 + T_2 + T_3 = 18866 + 32245 + 352,5 = 51464 \text{ Н.}$$

Тоді потужність на подолання тягового зусилля вала:

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

$$N_B = \frac{\sum T \cdot V \cdot K_v \cdot K_m}{60 \cdot 1000} = \frac{51464 \cdot 10 \cdot 1,3 \cdot 1,04}{60 \cdot 1000} = 535 \text{ кВт.}$$

Загальна потужність електро двигуна для приводу вала:

$$N = \frac{N_B}{\eta} = \frac{535}{0,85} = 629 \text{ кВт.}$$

Висновок: розрахована потужність приводу вала становить 629 кВт.

Таблиця 5.2 – Технічна характеристика електродвигуна

Тип двигуна	Потужність, кВт	Синхронна частота обертання, об./хв.	ККД, %	Коефіцієнт потужності
СДН- 14-44- 10УЗ	630	600	90,5	0,85

Висновок: для приводу холодильної частини, що проектується, обираємо електродвигун постійного струму серії СДН- 14-44-10УЗ потужністю 630 кВт.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## 6. Рекомендації з монтажу та експлуатації першого пресу картоноробної машини

### 6.1. Монтажні роботи

Робота пресової частини КРМ без обривів та збоїв залежить від точності складання, монтажу, вивірення взаємного положення вузлів та деталей. При розробці робочої документації на машину, розробляють спеціальну монтажну документацію. Вимоги до монтажу та експлуатації частково викладені у кресленнях загального вигляду і складальних вузлах. Монтаж обладнання повинен виконуватись у відповідності до вимог СНіП 3.05.05[21]. Установка вузлів і складальних одиниць пресової частини повинно передувати виконання повного об'єму будівельних робіт.

Пресова частина КРМ поставляється з заводу виробника в розібраному вигляді окремими деталями та складальними вузлами. Для монтажу та обслуговування пресової частини, цех в якому вона встановлена, повинен мати мостовий кран, з двома візками, вантажопідйомністю не менш 15 т кожен. Розпаковування обладнання, яке надходить до місця складання, виконують з урахуванням технологічної послідовності складання пресової частини. Перед монтажем та в процесі монтажу проводять укрупнене складання. Загальним документом яким керуються при укрупненому складанні та монтажі є монтажно-складальні, монтажно-установочні креслення та технічні вимоги заводу виробника, в яких викладені конструкційні і технологічні особливості пресової частини, яка встановлюється.

Схема технологічного процесу монтажу пресової частини складається з наступних основних операцій:

- монтаж станин пресових валів;
- установлення на проектне місце базового вала пресової частини та вивіркийого відносно базового преса КРМ та її центральної вісі;

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

- монтаж пресових валів та вивірка їх відносно вивіреного базового преса пресової частини та між собою.

## 6.2 Ремонтні роботи

Огляд пресових валів через 3-4 місяці. При цьому, оглядають:

- змащеність підшипників валів;
- сприски;
- натяжку сукон;
- стан та положення сукон на валу;
- хід механізмів притискання;
- стан леза шаберу;
- діафрагму механізмів притискання.

Загальні ремонтні роботи для КРМ і пресової частини:

Огляд та ремонт ручних і автоматичних механізмів правки й натяжки пресових сукон. Заміна лез шаберів пресових валів. Заміна підшипників валів. Довговічність роботи підшипників на сучасних картоноробних машинах в багаточому залежить від якості та своєчасності їх змащування. Корпуси підшипників повинні мати лабіринтне ущільнення, яке запобігає потраплянню води в підшипник і витіканню мастила. Для підшипників, які мають таке ущільнення доцільна періодична заміна мастила.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## 7. Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація – це процес виготовлення продукції у відповідності із стандартами. Стандартизація – встановлення та застосування правил з метою упорядкування діяльності в певній галузі на користь та при участі всіх зацікавлених сторін, зокрема, для досягнення загальної оптимальної економії при дотриманні функціональних умов та вимог техніки безпеки.

Уніфікація – приведення різних видів продукції та засобів її виробництва до раціонального мінімуму марок, форм. Основна мета уніфікації – усунення невиправданого різноманіття виробів однакового призначення і різнотипності їх складових частин та деталей, приведення до можливого одноманіття способів їх виготовлення, складання.

Знайдемо рівень стандартизації за формулою:

$$W = \frac{S_c}{Z} \cdot 100\% = \frac{4684}{8352} \cdot 100 = 56\%$$

де  $S_c$ - кількість стандартних деталей,

$Z$ - загальна кількість деталей.

Знайдемо рівень уніфікації за формулою:

$$W = \frac{S_{ун}}{Z} \cdot 100\% = \frac{2284}{8352} \cdot 100 = 27\%$$

де  $S_{ун}$ - кількість уніфікованих деталей,

$Z$ - загальна кількість деталей.

Отже можна зробити висновок, що розроблюваний пристрій стандартизований та уніфікований на рівні одиничного виробництва.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## 8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації

### 8.1 Обґрунтування доцільності проведення вдосконалення

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

Основним напрямком розвитку целюлозно-паперової промисловості України є проведення реконструкції та вдосконалення паперо- та картоноробних машин, впровадження нових, більш ефективних хімікатів та технологічних добавок для створення умов підвищення якості та конкурентоздатності продукції, що випускається.

На ПрАТ "Київському картонно-паперовому комбінаті" (ККПК) в цеху з виготовлення паперу встановлена пресова частина ПРМ фірми "VOITH" з жолобчастим пресом. Цей жолобчастий прес використовується в ЦПВ та призначений для пресування картону.

Перевагою даної пресової частини є те, що вона забезпечує підвищену сухість та якість паперового полотна.

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

В даному дипломному проєкті проведено удосконалення першого пресу. Його відмінність полягає в тому, що замість звичайного гранітного валу використовується вал з глухими отворами. Використання цього валу дає можливість збільшити продуктивність першого пресу.

Основні технічні показники базової та проєктованої пресової частини наведені в таблиці 8.1.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Таблиця 8.1 – Технічні показники базової та проектованої сушильної частини

Показник	Одиниця виміру	Перший прес	
		До вдосконалення	Після вдосконалення
Продуктивність пресу	кг/с	6,26	7,67
Початкова сухість картону	%	26	26
Кінцева сухість картону	%	35	37
Лінійний тиск в захваті	кН/м	25	200
Потужність приводу валу	кВт	300	423
Швидкість машини	м/с	6,3	10
Маса 1 м <sup>2</sup> паперу	кг/ м <sup>2</sup>	0,19	0,19
Маса установки пресу	кг	45000	45000
Орієнтовна вартість (первісна)	тис. грн	1713	1526
Типи валів		Жолобчастий	Жолобчастий
		Гранітний	З глухими отворами

## 8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по удосконаленню конструкції першого пресу

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  $n_{p_i}$ , який розраховується за формулою [20]:

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

де  $M_i$  - сукупні витрати на проведення удосконалення першого пресу, 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.;

$\alpha$  - коефіцієнт співвідношення продуктивності удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$\beta$  - коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування;

$S_{a_s}$  - втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає удосконаленню, грн;

Розрахований по формулі 8.1 коефіцієнт  $n_{p_i}$  може мати позитивне, негативне або нульове значення (таблиці 8.2)

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;

Таблиця 8.2 Значення коефіцієнту ефективності витрат  $n_{p_i}$  на модернізацію устаткування [20].

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина коефіцієнта $n_{p_i}$	Висновок щодо доцільності вдосконалення першого пресу
$n_{p_i} > 0$	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:

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

де  $\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}}$  – первісна (відновлена) вартість першого пресу, який підлягає вдосконаленню, грн;

$K_i$  - коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає вдосконаленню. Величина коефіцієнта витрат на проведення удосконалення  $K_i=0,09$  [19].

Удосконалене устаткування у процесі подальшої експлуатації, як правило, вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням. Згідно даних підприємств, де експлуатується аналогічне обладнання, первісна орієнтовна вартість першого пресу складає

$$\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} = 1713000 \text{ грн. [18].}$$

Таким чином величина витрат для проведення удосконалення першого пресу становить згідно формули (8.2):

									ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$M_i = \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{МОД}} + K_i = 1713000 \cdot 0,09 = 154170 \text{ грн}$$

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

- 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:

$$S_{ei} = q_{bi} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{МОД}} - q_b \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{НОВ}} \quad (8.3)$$

де  $q_{bi}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає вдосконаленню  $q_{bi} = 0,04$  [20].

$q_{bn}$  – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування [20, с.10];  $q_{bn} = 0,03$

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{НОВ}}$  – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування, грн.

Таким чином розраховуємо величину перевищення поточних витрат по удосконаленому першому пресі порівняно з новим аналогічним:

$$S_{ei} = q_{bi} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{МОД}} - q_{bn} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{НОВ}} = 0,04 \cdot 1713000 - 0,03 \cdot 1726000 = 68520 - 51780 = 16740 \text{ грн.}$$

Згідно даних, які вміщують інтернет-відомості вартість нового аналогічного устаткування складає  $\Phi_{\text{перв}}^{\text{НОВ}} = 1726$  тис. грн.

Коефіцієнт співвідношення продуктивності вдосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування  $\alpha$  розраховується по формулі:

$$\alpha = \frac{\Pi_i}{\Pi_{\text{НОВ}}} \quad (8.4)$$

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $\Pi_i$  – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає вдосконаленню. Для розрахунку приймаємо продуктивність пресу  $\Pi_i=6,26$  кг/с;

$\Pi_{нов}$  – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу аналогічного нового устаткування. Для розрахунку приймаємо продуктивність пресу  $\Pi_{нов}=7,56$  кг/с та згідно формули (8.4):

$$\alpha = \frac{\Pi_i}{\Pi_{нов}} = \frac{6,26}{7,56} = 0,82$$

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу удосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування  $\beta=0,95$ [19].

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 удосконалення першого пресу:

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \alpha \beta + S_{a_s}} = 1 - \frac{154170 + 16740}{1713000 \cdot 0,82 \cdot 0,95 + 80200} = 0,9$$

Висновок: розраховане значення  $n_{pi} > 0$ , а це означає, що удосконалення першого пресу є економічно доцільним.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновок

В дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» на тему «Модернізацію першого преса пресової частини КРМ. Комплексний», здійснено модернізацію першого преса пресової частини КРМ призначеного для пресування картоного полотна масою  $190 \text{ г/м}^2$ . Модернізація полягає в заміні верхнього гранітного валу, на вал з глухими отворами.

Для виконання поставленого завдання проведено огляд існуючих конструкцій на основі якого зроблено обґрунтований вибір конструкції пресу. Проаналізовано і порівняно вибрану конструкції з кращими вітчизняними і світовими аналогами в результаті чого встановлено, запропонована конструкція не містить принципових рішень, що розкриті у розглянутих патентах.

Здійснені розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції. Виконаний параметричний розрахунок, і розрахунки на міцність основних вузлів та деталей пресу (баланс води і волокна, розрахунок ваги притискного валу, розрахунок зусиль притискання, розрахунок притискного валу на жорсткість та міцність, розрахунок притискного валу на критичну кутову швидкість, розрахунок і вибір підшипників, розрахунок потужності приводу притискного валу). Розрахунки на міцність виконані згідно діючих державних та галузевих стандартів.

Графічна частина проекту виконана у середовищі КОМПАС 3D V17.1 та включає в себе чотири аркуші формату А1, що містять: модернізація першого пресу, установка верхнього валу, верхній вал та сукномийку, і три креслення формату А3. До складальних креслень складені специфікації.

За період виконання проекту отримано позитивне рішення на патент України на корисну модель №12693 U D21F 3/08, а також опубліковано дві тези на XXIII та на XXIV Всеукраїнських науково – практичних конференціях студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів».

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вывод

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» на тему «Модернизация первого пресса прессовой части КДМ. Комплексный », осуществлена модернизация первого пресса прессовой части КДМ предназначенного для прессования картона полотна массой 190 г / м<sup>2</sup>. Модернизация заключается в замене верхнего гранитного вала, на вал с глухими отверстиями.

Для выполнения поставленной задачи проведен обзор существующих конструкций на основе которого сделан обоснованный выбор конструкции пресса. Проанализированы и сравнено выбранную конструкцию с лучшими отечественными и мировыми аналогами в результате чего установлено, предложенная конструкция не содержит принципиальных решений, раскрытых в рассмотренных патентах.

Осуществлены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции. Выполненный параметрический расчет и расчеты на прочность основных узлов и деталей пресса (баланс воды и волокна, расчет веса прижимного вала, расчет усилий прижима, расчет прижимного вала на жесткость и прочность, расчет прижимного вала на критическую угловую скорость, расчет и выбор подшипников, расчет мощности привода прижимного вала). Расчеты на прочность выполнены согласно действующих государственных и отраслевых стандартов.

Графическая часть проекта выполнена в среде КОМПАС 3D V17.1 и включает в себя четыре листа формата А1, содержащих модернизация первого прессу, установка верхнего вала, верхний вал и сукномийку и три чертежи формата А3. К сборочным чертежам составлены спецификации.

За период выполнения проекта получено положительное решение на патент Украины на полезную модель №12693 U D21F 3/08, а также опубликовано два тезиса на XXIII и на XXIV Всеукраинских научно - практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых «Оборудование химических производств и предприятий строительных материалов ».

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Conclusion

A modernization of the press part's first press of the cardboard making machine was performed in diploma project of "Bachelor" educational-qualification level with theme of "First press modernization of cardboard making machine". This press is used to press cardboard canvas with mass of  $190 \text{ g/m}^2$ . Design improvement achieved via top shaft replacement with deaf holes shaft.

We searched and inspected existing constructions which are used as a basement to get the job done. We analyzed chosen construction and compared it with best native and worlds analogues. As the result, we found that proposed construction has no principle design solutions that are covered by researched patents.

Appropriate calculations were executed that confirm construction efficiency and reliability. Parametric and main details strength calculations were executed (water and fiber balance, shaft weight, pressure force, shaft strength and reliability calculations, picked bearing design, drive power calculations). Strength calculations were executed with current government accepted standards.

Graphics part was made with help of COMPAS 3D v17.1 and includes four A1 drawings with first press modernization, top shaft installation, top shaft and canvas washer and three A3 drawing. Assembly drawing are accompanied by specification documents.

We got positive feedback on Ukrainian patent model №12693 U D21F 3/08 and published two theses in XXIII and XIV Ukrainian practical-scientific students, aspirants and junior scientists conference of "Equipment of chemical manufactures and enterprises of building materials" during the project development.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## Перелік посилань

1. Технология бумаги и картона: Учебное пособие для вузов / С. Ф. Примаков, В. А. Барбаш, А. П. Шутько. – М.: Экология, 1996.– 304 с.
2. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах. Т. 2. Бумагоделательные машины / В. А. Чичаев, М. Л. Глезин, В. А. Екимова и др.— М.: Лесная пром-сть, 1981.—264 с.
3. Новиков Н. Е. Прессование бумажного полотна. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 624 с.
4. Эйдлин И. Я. Бумагоделательные и отделочные машины – 3-е изд., перепаб. и доп. – М.: Лесная промышленность, 1970. – 624 с.
5. Патент № 61177 (UA), МПК (2012.01) D21F 3/00. ПРЕСОВА ЧАСТИНА ПАПЕРО- ТА КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ / НАВРОЦЬКИЙ ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ (UA), Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» – Заявка № u201107363, 14.06.2011, Опубл. 10.02.2012
6. Патент №89260 (UA), МПК (2014.01)D21F 3/00 Прес картоноробної машини/Гузь К. М., Новохат О. А. (UA), Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» – Заявка № u201314083, 03.12.2013, Опубл. 10.04.2014
7. Патент № 94266 (UA) МПК (2014.01) D21F 3/00 ПРЕСОВА ЧАСТИНА ПАПЕРО- ТА КАРТОНОРОБНОЇ МАШИНИ/Мельник О. П., Федорук А. В.(UA), Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» Заявка № u 2014 04561, 28.04.2014; Опуб. 10.11.2014 р.
8. А Патент №201998468 (CN) D21F5 /006 F26B21/01 Corrugated carton pressing machine / Yu Zhenxing Vu Khaylin Заявка № 201120059179XU 08.03.2011; Опубл. 05.10.2011.
9. Патент № 2384090T3 (EP) D21F3/045 Method and device for treating a fibrous web in a press unit with long nip between two rolls. Andreas Dr. AnzelDave

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

LangeWilhelm MausserHarald Weigant Заявка № АТ7812009А 19.05.2009; Оpub. 29.06.2010.

10. Патент № 5165047 (US) МПК5 D 21 F 3/00 / Erkki Koski – Appl. 19.03.90; Pub. 14.01.91.

11. Патент № 9635839 (WO) МПК6 D 21 G 1/02 / Borkenhagen Werner – Appl. 23.04.96; Pub. 14.11.96.

12. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / К.Н. Ткачук, Д.Ф. Иванчук, Р.В. Сабарно, А.Г. Степанов. – К.: Тэхника, 1991. – 285

13. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук та ін.; За ред. канд. техн. наук, доцента В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.

14. Алгоритм розрахунку пресів папероробної машини. Методичні вказівки по застосуванню обчислювальної техніки при курсовому та дипломному проєктуванні для студентів інженерно-хімічного факультету спеціалізації 7.090219 “Обладнання лісового комплексу” / Укладачі В.М. Марчевський, О.Л. Свечков . – Київ : НТУУ ”КПІ”, 2003.– 20 с.

Опір матеріалів: Підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський; За ред. Г. С. Писаренка. – К.: Вища шк., 1993. – 655 с.

15. Расчет деталей и проектирование деталей машин. Учебное пособие для технических вузов / Н. Ф. Киркач, Р. А. Баласанян.— Харьков.: Основа, 1991.– 276 с.

16. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 1 – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 728 с.

17. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. Т. 3 – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. – 557 с.

18. Пожидков В. И. Монтаж и ремонт бумагоделательных машин – М.: Лесная промышленность, 1973. – 312 с.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

20. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей /Укладачі А.Е. Розенплентер, Т.В. Панішева, С. В. Лисенко - К.: НТУУ"КПІ", 2005. – 32 с.

21. Розробка технологічного процесу виготовлення деталі: Метод. вказівки до виконання курсової роботи (проекту) з дисципліни «Технологія машинобудування» / уклад.: С.С. Добрянський, В.К.Фролов, В.А. Ковальов. – К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2002. – 80 с.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## Додаток А

### Документація до патентного дослідження

Регламент пошуку № ЛБ51.02РП

Найменування теми : Перший прес КРМ

Шифр теми : ЛБ51.705541.000

Етапи : Проектування першого пресу КРМ

Номер, дата завдання на проведення патентних дослідження :

ЛБ51.02 08.11.18

#### Обґрунтування регламенту пошуку

Предмет пошуку – пресова частина, перший прес КРМ

Мета пошуку інформації – визначення патентоспроможності проєктованого першого пресу й визначення тенденції розвитку даного напрямку в техніці.

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США, Німеччина.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 10 років , тому регламент пошуку встановлюємо 2009 – 2019 роки.

Класифікаційні індекси . Міжнародна патентна класифікація :

Уніфікована десяткова класифікація УДК.

Джерела інформації :1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетні Держпатенту України, Роспатенту і United States Patent, 2)Науково технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології .

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Довідка про пошук № ЛБ51.02ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛБ51.02 08.11.18.

Етап : Проектування першого пресу КРМ

Номер, дата видачі завдання на проведення патентних досліджень

ЛБ51.02 08.11.18

Номер, дата регламенту пошуку ЛБ51.02РП 08.11.18

Початок пошуку 06.03.19 закінчення пошуку 31.05.19.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А.2 - Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, МПК3, МКТП, УДК	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Пресова частина, перший прес КРМ	Україна, Російська Федерація, США, Німеччина	МПК6, МПК7- F26B13/18 D21F7/02 D21F5/02 F26B3/00 D21F5/00 F26B13/08 УДК 676.2.052.72 , 676.056.45	Фонд НТУУ "КПІ"; Державна науково-технічна бібліотека України	Патентна документація України та зарубіжних країн.	„Оборудование ЦБП”. Чичаев В.А., Глезин М.Л., Екімова В.А., Ильинский М.В., Лихтер А.Д., Литвинов М.Д. – т.2. М.: Лесная промышленность, 1981 – 264с. Бумагоделательные и отделочные машины, изд.3-е, испр. и доп. Эйдлин И.Я., Лесная промышленность, 1970 – 624с. „Оборудование ЦБП.”



Продовження таблиці А.3

Пресова частина	Патент № 2384090Т3 (EP) D21F3/045 Method and device for treating a fibrous web in a press unit with long nip between two rolls. Andreas Dr. AnzelDave LangeWilhelm MausserHarald Weigant Заявка № АТ7812009А 19.05.2009; Опуб. 29.06.2010.	Діє
-----------------	--	-----

Таблиця А.4 - Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його основні частини	Джерела інформації	Бібліографічні
Пресова частина, перший прес	Эйдлин И.Я. Бумагоделательные и отделочные машины, изд.3-е, испр. И доп.	М: Лесная промышленность, 1970 – 624с.
Пресова частина, перший прес	Чичаев В.А., Глезин М.Л., Екимова В.А., Ильинский М.В., Лихтер А.Д., Литвинов М.Д. Оборудование ЦБП. . – т.2.	М.: Лесная промышленность, 1981 – 264с.

Отже, у ході дослідження було з'ясовано, що:

1. в конструкції, що спроектована не застосовано суттєвих ознак, якими різняться розглянуті пристрої. Тому всі ознаки спроектованої конструкції є новими;
2. усі суттєві ознаки аналогів не було застосовано у розробленому першому пресі;
3. відповідно до закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі» конструкція розробленого першого пресу КРМ відповідає критерію «новизна» та «винахідницький рівень»;

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛБ51.705541.001 ПЗ					

4. провідними країнами у галузі картоноробного виробництва є США, Німеччина, Японія, Фінляндія та Російська Федерація;

5. аналіз патентів наводить на висновок про те, що сучасні розробки в галузі картонного виробництва спрямовані на вдосконалення першого пресу, модернізацію пресової частини та застосування нових методів преування.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

**Додаток Б**  
**Комп'ютерний розрахунок**

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## Б.1 Блок-схема розрахунку

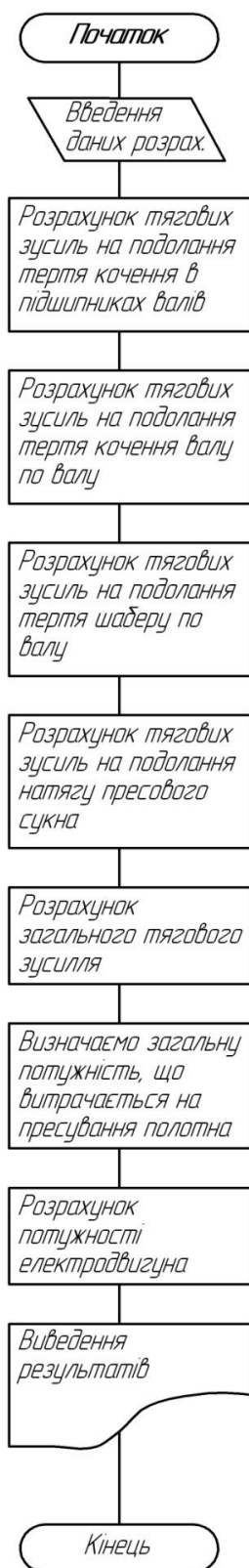


Рисунок Б.1 – Блок-схема розрахунку потужності на пресування картонного полотна

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## Б.2 Програма та результати розрахунку

```
cls
input "Розрахунок потужності, що витрачається на пресування паперового
полотна"
Q=423425
f=0,05
f1=0,2
K=0,16*10^(-2)
q=200
q1=190
g=9,81
d=0,33
D1=0,940
D2=0,980
b=4,2
V=600
PRINT "Q=";Q, "f=";f, "f1=";f1 "K=";K, "q=";q, "q1=";q1
PRINT "g=";g, "d=";d, "D1=";D1, "D2=";D2, "b=";b, "V=";V
PRINT "Розраховуємо тягове зусилля на подолання тертя - кочення в
підшипниках"
T1=Q*g*f*(d/D1)
PRINT "T1=";T1
PRINT "Розраховуємо зусилля на подолання тертя - кочення валу по валу"
T2=2*Q*g*K*((1/D1)+(1/D2))
PRINT "T2=";T2
PRINT "Розраховуємо зусилля на подолання натягу пресового сукна"
T3=q*b
PRINT "T3=";T3
PRINT "Розраховуємо зусилля на подолання тертя шаберу по валу"
```

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

```

T4=q1*b*f1
PRINT "T4=";T4
PRINT "Розраховуємо загальне зусилля"
T=T1+T2+T3+T4
PRINT "T=";T
PRINT "Розраховуємо потужність"
N=(T*V*1,04*1,25)/60000
PRINT "N=";N
Print "Потужність електродвигуна"
N1=N/0,85
PRINT "N1=";N1
END

```

Результати розрахунку:

Розрахунок потужності, що витрачається на пресування паперового полотна

$Q=423425$

$f=0,05$

$f1=0,2$

$K=0,16*10^{(-2)}$

$q=200$

$q1=250$

$g=9,81$

$d=0,22$

$D1=0,8$

$D2=1,05$

$b=4,2$

$V=400$

Розраховуємо тягове зусилля на подолання тертя - кочення в підшипниках

$T1=217580,23452$

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо зусилля на подолання тертя - кочення валу по валу

$$T_2=16021,01745$$

Розраховуємо зусилля на подолання натягу пресового сукна

$$T_3=840,3267$$

Розраховуємо зусилля на подолання тертя шаберу по валу

$$T_4=210,346192$$

Розраховуємо загальне зусилля

$$T=234651,74572$$

Розраховуємо потужність

$$N=2033,137445$$

Потужність електродвигуна

$$N_1=2390,45721$$

### Б.3 Таблиця ідентифікаторів програми

Ідентифікатори комп'ютерного розрахунку наведені в таблиці Б.1.

Таблиця Б.1 – ідентифікаторів комп'ютерного розрахунку

Назва ідентифікатора	Одиниця вимірювання	Позначення в програмі	Звичайне позначення
Зусилля, що діє на вал	Н	Q	Q
Коефіцієнт тертя кочення		f	f
Коефіцієнт тертя шаберу по валу		f <sub>1</sub>	f <sub>1</sub>
Коефіцієнт тертя ковзання	м	K	K
Натяг пресового сукна	кН/м	q	q
Лінійний тиск шаберу на вал	кН/м	q <sub>1</sub>	q <sub>л</sub>
Прискорення вільного падіння	м/с <sup>2</sup>	g	g
Діаметр цапфи	м	d	d <sub>ц</sub>
Діаметр верхнього валу	М	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>

Продовження таблиці Б.1.

Діаметр нижнього валу	M	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>
Ширина валу	m	b	b
Швидкість машини	м/хв.	V	V
Тягові зусилля	H	T <sub>1</sub> ,T <sub>2</sub> ,T <sub>3</sub> ,T <sub>4</sub> ,T	T <sub>1</sub> ,T <sub>2</sub> ,T <sub>3</sub> ,T <sub>4</sub> ,T
Потужність електродвигуна	Вт	N <sub>1</sub>	N <sub>д</sub>

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

**Додаток В**  
**Патенти, які використані в патентному дослідженні**

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

## Додаток Г

### Публікації автора

Студента кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв **Бугайця Дмитра Володимировича**.

1) Бугаєць Д.В. Модернізація першого пресу картоноробної машини. Бугаєць Д.В., Марчевський В.М. // Збірник тез доповідей XXIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів"(28-29 листопада 2018 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 103 с

2) Бугаєць Д.В. Модернізація першого пресу картоноробної машини. Бугаєць Д.В., Марчевський В.М. // Збірник тез доповідей XXIV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів"(22-23 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018 – 105 с

3) Патент № u 2018 12693 «Прес вальцьовий». Дата подання 20.12.2018.

					ЛБ51.705541.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11