

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М. Д.

Гомеля

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020

р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**зі спеціальності 161-Хімічні технології та інженерія**

**на тему: Підвищення ефективності технологічного потоку з  
виробництва офсетного паперу**

Виконала:

студентка ІІ курсу, групи ЛЦ–91мп

Кошленко Оксана Володимирівна \_\_\_\_\_

Керівник:

ст.викл., к.т.н.

Остапенко А.А. \_\_\_\_\_

Рецензент: \_\_\_\_\_

Рецензент: \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць  
інших авторів без відповідних  
посилань.

Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною  
програмою

Спеціальність (спеціалізація) – 161 Хімічні технології та інженерія  
(Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ М.Д. Гомеля

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студент**

**Кошленко Оксані Володимирівні**

1. Тема дисертації: Підвищення ефективності технологічного потоку з виробництва офсетного паперу.

науковий керівник дисертації Остапенко Аліна Анатоліївна, ст. вик., к.т.н.  
затверджені наказом по університету від «\_\_» листопада 2020 р. № \_\_-с

2. Термін подання студентом дисертації: «\_\_» грудня 2020 р.

3. Об'єкт дослідження: технологічні процеси виробництва офсетного паперу

4. Предмет дослідження: вплив каландрування на показники якості офсетного паперу.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: обґрунтувати інноваційні зміни в технологічному потоці; навести вимоги до готової продукції; навести технологічну схему виробництва офсетного паперу; обрати основне технологічне обладнання; навести заходи з охороги праці на виробництві; розробити стартап-проект.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: інноваційні рішення в технології виробництва офсетного паперу;

технологічна схема; вибір сучасного технологічного обладнання, стартап-проект.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

1.

8. Дата видачі завдання « » жовтня 2020\_р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Обґрунтування інноваційних змін, затвердження технологічної схеми	29.10 – 02.11	
2	Оформлення вимог до готової продукції	03.11 – 10.11	
3	Вибір технологічної та основного технологічного обладнання	11.11 – 18.11	
4	Розробка заходів з охорони довкілля	19.11 – 23.11	
5	Розробка стартап-проєкту. Загальне оформлення магістерської дисертації	24.11 – 08.12	

Студентка

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_ О.В. Кошленко

\_\_\_\_\_ А.А. Остапенко

## ВСТУП

Переважна частина продукції, що виробляється на паперо- та картоноробних машинах, проходить машинне каландрування. Поряд з відливом, формуванням і пресуванням машинна обробка паперу і картону значною мірою визначає такі якісні показники полотна, як щільність, гладкість і рівномірність товщини. Перераховані показники, або керовані параметри процесу каландрування, мають дуже важливе значення для масових і технічних видів паперу. Задовольняють вимоги ДСТУ і такі показники якості паперу, як розривна довжина, число подвійних перегинів, повітропроникність, білизна і ін. Таким чином, основна мета машинного каландрування полягає в досягненні необхідних показників гладкості, щільності і рівномірності товщини полотна при дотриманні інших показників якості в заданих межах.

Зазначені вимоги до показників якості пред'являються до паперу не в рівній мірі. Наприклад, каландрування паперу в основному необхідне для вирівнювання товщини полотна, досягнення необхідної щільності та гладкості.

При обробці полотна в машинному каландрі значення дотичної складової зусилля каландрування необхідно враховувати при визначенні окружних зусиль для розрахунку потужності каландрування і зусиль, що діють на проміжні вали каландрових батарей.

На показники процесу каландрування в основному впливають тиск між валами, число захоплень, тривалість каландрування, температура валів і вологість оброблюваного полотна. Ці параметри можна віднести до керованих параметрів процесу. Найбільш важливий параметр каландрування - лінійний тиск і його розподіл по ширині контакту між валами і папером. Ефект впливу на полотно в кінцевому рахунку визначається значенням і характером розподілу тиску, яке в значній мірі залежить від в'язко-пружних властивостей паперу.

Як уже зазначалося, ефект каландрування значною мірою залежить від вологості паперу, що каландрується. З підвищенням вологості пластичність паперу збільшується, завдяки чому при проходженні між валами каландра він добре розгладжується і ущільнюється. Ефект каландрування надмірно сухого паперу дуже знижує міцність паперу, крім того, при цьому спостерігаються часті обриви полотна. Разом з тим і підвищена вологість паперу також неприйнятна: можливі обриви, потемніння паперу і поява на її поверхні зморщених ділянок. Гладкість такого паперу з часом втрачається.

Таким чином, в залежності від виду паперу і умов його каландрування необхідно підбирати оптимальну вологість.

При виготовленні паперу важко забезпечити рівномірну і оптимальну вологість. Тому на практиці папір трохи пересушують, а потім звожують на холодильному циліндрі. Зволоження паперу на 1-2 % на холодильному циліндрі відбувається внаслідок конденсації вологи на холодній поверхні циліндра, що торкається паперу. Волокна поверхневих шарів зволоженого паперу набувають пластичності і легко піддаються деформації, в результаті чого підвищується гладкість паперу.

Додатковий тиск в каландрі зі звичайними суцільними валами надається через верхній вал. Для компенсації прогину при цьому нижній і верхній вали мають бочкоподібну форму. Однак застосовувати високий лінійний тиск в перших захватах каландра для багатьох видів паперу і в першу чергу паперу, що містить в композиції деревну масу, не можна через лущення і появу темних плям на папері. Останнє обумовлено неоднорідністю товщини і неоднозначності в'язко-пружних констант паперу, що надходить в каландр.

Створення валів з регульованим прогином розширило можливості управління процесом каландрування, зокрема дозволило забезпечити додатковий притиск валів після попереднього вирівнювання товщини паперу і його в'язко-пружних властивостей. Додатковий притиск дозволяє підвищити тиск каландрування без пошкодження паперу.

## 1. Літературний огляд

### 1.1 Папір офсетний

Офсетний папір має відповідати особливим вимогам. Основна відмінність офсетного друку полягає в тому, що на друкованій формі пробільні і друкуючі елементи знаходяться практично в одній площині. Фарба передається через декель офсетного циліндра і під тиском переноситься на папір. Особливості властивостей офсетного паперу обумовлені наступними технологічними факторами процесу друку: застосуванням зволоження в процесі печаті, більшою в'язкістю використовуваних фарб, чутливістю друкованих форм до механічних і хімічних впливів. Для офсетного друку на високошвидкісних машинах важливим фактором є такі характеристики міцності паперу, як міцність на розрив, злам, стійкість до вищипування і міцність до впливу вологи.

У зв'язку з використанням фарб з високою в'язкістю, що наносяться на папір тонким шаром, її поверхня піддається дії відносно великих зусиль, що викликають вищипування. Тому міцність поверхні на вищипування у офсетного паперу повинні бути вище, ніж у інших видів друкарського паперу. Згідно ГОСТ 9094-89, норма цього показника у офсетного паперу вищих марок - не менше 2,2. Міцність на вищипування по Деннісона крейдованого паперу для офсетного друку складає не менше 8,0 (порівняно з 5 ... 6 у паперу для високого друку).

Папери, призначені для офсетного друку, повинні мати мінімальну деформацію при зволоженні, так як за умовами технології друкованого процесу вони стикаються з зволженими поверхнями. Папір - матеріал гігроскопічний. При збільшенні вологості її волокна набухають і розширюються, головним чином за діаметром. Папір втрачає форму, коробиться і зморщується, а при висушуванні відбувається зворотний процес: папір дає усадку, в результаті чого змінюються розміри. Підвищена вологість різко знижує механічну міцність паперу на розрив, папір не витримує високих швидкостей друкування і рветься. Зміна вологості паперу в процесі багатокольорового друку призводить до не суміщення фарб і порушення передачі кольору. Офсетний папір масою 1 м<sup>2</sup> 90 г при печатанні чотирма фарбами поглинає до 1% вологи, в результаті цього

розмір листа в поперечному напрямку збільшується на 1,2 мм, що є однією з головних причин не суміщення фарб на відбитку.

Неоднорідність структури листа і орієнтація волокон у машинному напрямку призводить до різної деформації в різних напрямках. Найбільшу деформацію при зміні вологості папір відчуває в поперечному напрямку, так як при набуханні кожне волокно відносно більше розширюється, ніж подовжується. Більшою мірою деформується щільний папір, менше - пухка, в якій через значні пір набухання менше впливає на розмір аркуша.

### 1.1.1 Стандарт на готову продукцію

## БУМАГА ДЛЯ ПЕЧАТИ ОФСЕТНАЯ

### Технические условия

### ГОСТ 9094-89

#### 1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Таблица 1 – Показатели качества офсетной бумаги.

Наименование показателя	Значение для марки				Метод испытания
	№1		№2		
	Высший сорт	Первый сорт	А	Б	
1. Масса бумаги площадью 1 м <sup>2</sup> , г	65,0±2,0	65,0±2,5	60,0±2,0	60,0±2,5	По ГОСТ 13199
	70,0±3,0	70,0±3,0	70,0±2,0	70,0±4,0	
	80,0±4,0	80,0±4,0	75,0±2,0	75,0±4,0	
	100±3	100±4	100,0±3	100,0±6	
	120±4	120±5			
	160±4	160±7			
	220±6	220±7			
	240±6	240±7			
2. Плотность г/см <sup>3</sup> бумаги машинной гладкости для массы бумаги площадью: 1 м <sup>2</sup> до 160 г 1 м <sup>2</sup> 160 г 1 м <sup>2</sup> св. 160 г. бумаги каландрированной					По ГОСТ 27015
	0,75-0,85	0,75-0,85	0,70-0,80	0,65-0,75	
	0,80-0,90	0,80-0,90	-	-	
	0,85-0,85	0,85-0,85	-	-	
	0,85-0,95	0,85-0,95	0,80-0,90	0,70-0,80	
3. Разрывная длина, м, не менее в машинном направлении бумаги,					По ГОСТ 13525.1

предназначенной для рулонной печати в среднем по двум направлениям бумаги, предназначенной для листовой печати:	3700	3500	3500	3000	
для массы бумаги площадью 1 м <sup>2</sup> до 160 г	2400	2400	2400	2400	
для массы бумаги площадью 1 м <sup>2</sup> 160 г и выше	2800	2500	-	-	
4. Прочность на излом при многократных перегибах в поперечном направлении, число двойных перегибов, не менее:					По ГОСТ 13525.2
бумаги № 1 для массы бумаги площадью 1 м <sup>2</sup> 65,70 г					
для массы бумаги площадью 1 м <sup>2</sup> от 80 до 160 г	7	7	-	-	
для массы бумаги площадью 1 м <sup>2</sup> 160г и выше	10	10	-	-	
бумаги № 2	20	20	-	-	
	-	-	14	10	
5. Степень проклейки, мм. для массы бумаги площадью 1 м <sup>2</sup> 60 г	1,2-1,8 -	1,2-1,8 -	1,2-1,8 0,8-1,2	1,2-1,8 0,6-1,0	По ГОСТ 8049
6. Белизна каждой стороны, %:					По ГОСТ 7690
с оптически отбеливающим веществом	85,0-88,0	83,0-86,0	-	-	
без оптически отбеливающего вещества	-	78,0-82,0	74,0-77,0	65,0-69,0	
7. Гладкость, с, бумаги: машинной гладкости каландрированной	30-80 80-150	30-80 80-150	30-80 80-150	30-80 80-150	По ГОСТ 12795
8. Массовая доля золы, %	10-14	10-14	8-12	8-12	По ГОСТ 7629
9. Сорность (число соринки на 1 м <sup>2</sup> ) площадью: от 0,1 до 0,5 мм <sup>2</sup> , не более св. 0,5 мм <sup>2</sup>	80 0	100 0	180 0	300 0	По ГОСТ 13525,4

10. Влажність, %, бумаги, предназначенной для:					По ГОСТ
рулонной печати	5,5±1,0	5,5±1,0	6,0±1,0	6,0±1,0	13525,19
листовой	6,0±1,0	6,0±1,0	7,0±1,5	7,0±1,5	

До офсетного паперу висуваються досить серйозні вимоги. Він повинен володіти якісно високими показниками, щоб бути надійним носієм друку. Виділяють такі особливості цього матеріалу:

1. Міцність. Друк на офсетному папері відбувається шляхом перенесення фарби на її поверхню за допомогою спеціального гумового полотна. Саме тому матеріал повинен володіти хорошими друкованими та структурно-механічними властивостями. За ГОСТ показник міцності для вищих марок офсетному папері повинен бути на рівні 2,2 м / с.

2. Вологостійкість. Також проклейка офсетного папір підвищує його вологостійкість, завдяки чому навіть після намокання вона не деформується, не розкисає. Але при цьому проникнення офсетного фарби всередину волокна абсолютно не ускладнюється, а зайва волога зосереджується на поверхні і не вимиває фарбу з волокон. Якщо не дотримуватися показників всмоктуваності, то папір буде інтенсивно вбирати фарбу з друкованого циліндра, через що її поверхневий шар зміниться, а малюнок може зіпсується. При використанні певних видів обробки, може змінюватися і характер проникнення фарби в структуру полотна. Так, глибина проникнення може варіюватися від досить глибокого (просочення) до поверхневого покриття.

3. Вміст деревної маси. Що стосується терміну служби офсетного паперу, то він безпосередньо залежить від вмісту в її основі деревної маси. Для друку періодичних видань краще використовувати матеріал, в якому відсоток деревної маси складає 50-75%. Якщо друкуються видання більш тривалого терміну використання, то краще застосовувати виключно суцільно целюлозний папір.

4. Гладкість. Велике значення має гладкість офсетного паперу. Цей тип матеріалу може мати поверхню різного типу в залежності від використовуваного виду просушування. Прийнято розділяти офсетний папір за двома рівнями гладкості:

- Каландрованого з гладкістю менше 150 с по Бекку;
- Офсетний папір машинної гладкості (показник дорівнює 30-80 с).

## **1.2 Каландр**

### **1.2.1 Види, будова та принцип роботи машинних каландрів**

Основним видом машинних каландрів є багато вальні каландри з вертикальним розташуванням валів в кількості від 3 до 10. Незважаючи на різноманітність конструкцій каландрів виділяють дві головні: закритого типу з А-подібною станиною та закритого типу, що мають Г-подібну або пряму станину.

Перевагою каландру закритого типу є висока жорсткість конструкції що значно знижує вібрацію валів при роботі та підвищує термін експлуатації. Недоліком є те, що такі каландри складні в експлуатації та обслуговуванні.

Простота обслуговування та невелика зменшена кількість простоїв при заміні валів стали причиною того, що каландри відкритого типу стали основним видом машинних каландрів на сучасних папероробних машинах.

В деяких випадках в сушильній частині тихохідних машин встановлюють напівсухі двох вальні каландри з регульованим тиском до 50 кН/м. Вони є доповненням до основного багатовального каландру и можуть суттєво покращити якість паперу. Але при цьому напівсухі двох вальні каландри ускладнюють роботу машини и широкого застосування не отримали.

Класичне компонування каландру, що широко застосовується до цього часу – це нижній вал, що є приводним та цільнолитим та розташовані в одній площині один над одним металеві шліфовані вали з додатковим притиском верхнього валу.

Збільшення робочих швидкостей і ширини папероробної машини призводило до частих обривів паперового полотна через утворення недопустимих вібрацій в каландрі та нерівномірності профілю 1 м<sup>2</sup> паперового полотна по ширині по причині не сильного прогину валів. Ці недоліки усунули, використавши вали з регульованим по ширині прогином та змінивши компонування валів в каландрі з можливістю прикладання до кожного з них додаткового притиску чи його полегшення.

Найчастіше застосовують наступні компонування валів в каландрі для машинної обробки різних видів паперу: зі стандартним другим валом; з додатковим притиском проміжного валу ; з незалежним регулюванням тиском між валами в кожному захваті.

Обов'язковою частиною сучасних каландрів є система повітряної або канатикової заправки паперу в каландр. Крім того, вони мають пристрої для обігріву паром або охолодження водою пустих валів та повітряного обдування в валах або окремих їх частин з диференційованою подачею повітря через систему сопл.

Зазвичай при повітряній заправці забезпечують парне число валів з пропусканням паперу в захват під верхнім валом без його огинання.

При ручній заправці на тихохідних машинах (швидкість не більше 250 м/хв.) паперове полотно огинає верхній вал з непарним числом валів.

Заправка паперу з огинанням верхнього валу забезпечує зменшення утворення рубленого та різаного паперу, а також верхній вал значною мірою розгладжує паперове полотно перед його попаданням в перший захват каландру. Тому на деяких машинах при повітряній заправці і парній кількості валів каландра відбувається огинання папером верхнього валу. Це досягається шляхом установки над верхнім валом додаткового скороченого гумованого валу, який з лицьової сторони каландру разом з верхнім валом утворює заправочний не робочий захват. Після заправки гумований вал автоматично відводиться від поверхні верхнього валу каландру, а папір

поступово проходить наступні захвати при зростаючому тиску и направляється з нижнього захвату на накат.

Вали машинних каландрів являються основним елементом конструкції, а від конструкції і якості валів залежить якість паперу і в значний мірі продуктивність машини.

Зазвичай вали машинного каландру виготовляються суцільнолитими з чавуна з вибіленим поверхневим шаром товщиною 10-25 мм, рідше – 50 мм, що має підвищену твердість. Існують сталі вали з робочим шаром, загартованим токами високих частот. Вони мають підвищену жорсткість и термін служби, але коштують в два рази дорожче чавунних і широкого застосування вони не знайшли. При роботі каландру в умовах підвищеної вологості і хімічно агресивним середовищем вали каландру хромують з товщиною шару від 0,013 до 0,051 мм.

Пружній і пластичний характер взаємодії валів каландру в зоні їх контакту, що має розміри від 1,5 до 5,0 мм, проявляється в двох основних формах: загальний наклеп робочої поверхні в процесу експлуатації і утворення граней на поверхні валів. Ефект наклепу валів призводить до підвищення їх твердості та терміну служби. Утворення граней на поверхні валу, в основному від удару волів в процесу заправки та обривів паперового полотна, носить негативних характер, так як на паперовому полотні утворюється маркування.

Вали сучасних каландрів мають синтетичне покриття, що суттєво підвищує термін служби, попереджує утворення граней і підвищує глянець і гладкість паперу.

Робота сучасних машин шириною до 10 м і робочою швидкістю 1500 м/хв. утворила необхідність обов'язкового застосування в каландрах циліндричних валів з регульованим по всій ширині прогином. Це дозволило забезпечити рівномірність товщини паперу по всій ширині і підвищити тиск при каландруванні до 200 кН/м замість 80-100 кН/м в каландрах зі

звичайними валами. В свою чергу, це дозволило зменшити кількість валів в каландрах до шести-восьми зі збереженням високої якості каландрування.

При експлуатації каландру особливу увагу потрібно приділити на моменти запуску (особливо після тривалого простою), зупинки, заправки і обривів паперу.

Запуск каландру в роботу відбувається при допоміжній швидкості на піднятих валах. Прокрутку нижнього валу проводять не менше 10-15 хв для знаття прогину, утвореного в результаті його простою. Потім опускають верхні вали, проводять прокрутку по всій батареї каландра і далі виводять його на робочу швидкість. Зупинка каландру відбувається в зворотній послідовності.

Для скорочення тривалості заправки паперу і пов'язаної з цим небезпеки пошкодження валів використовують повітряні сопла або канатикові заправки.

Для підтримання поверхні каландрових валів і робочому стані та для попередження намотки паперу на вали при обривах застосовують шабери. Вони можуть бути нерухомими або здійснювати коливальні рухи.

### **1.2.2 Вплив каландрування на властивості паперу.**

Відповідно прийнятої термінології папір, що не пройшов каландрування – це матовий папір, а той, що пройшов – каландрований папір.

Друкувальні види паперу каландрують в основному для підвищення гладкості та покращення деяких друкувальних властивостей, технічні види паперу – для підвищення щільності та вирівнювання товщини, пергамент та подібні вили паперу – для підвищення прозорості.

При інших рівних умовах, основні показники якості обробки паперу знаходяться в прямій залежності від розмірів контактної зони і величини ковзання між валами.

Товщина паперового полотна після машинного каландрування зворотно пропорційна, а щільність прямо пропорційна величині лінійного тиску в захваті валів.

Опір розриву паперу, що складається з мало набухаючих та погано оброблених волокон, в основному волокон деревної маси, після каландрування знижується. Папір з добре розмелених волокон, навпаки, підвищує опір розриву, але знижує опір згинанню і роздиранню.

Підігрів валів каландру паром до 150-200 °С сприяє підвищенню міцності і гладкості паперу за рахунок кращої пластифікації волокон. Вали каландрів швидкохідних машин розігріваються в процесі роботи і при необхідності їх охолоджують стиснутим повітрям до необхідної температури.

В підвищенні гладкості паперу головну роль грає кількість ділянок деформації, тобто робочих захватів в каландрі, в другорядну роль грає лінійний тиск. Додатковому підвищенню гладкості сприяє введення наповнювача в паперову масу, збільшення ступеня млива волокон, введення в композицію целюлози з великим вмістом пентозанів.

Не дивлячись на підвищення гладкості паперу після машинного каландрування в декілька разів (с 15 до 60-70 с по Бекку), обробка цим не обмежується. Тільки додаткова обробка паперу на суперкаландрі надає йому високої гладкості і лоску.

В процесі каландрування властивості паперу змінюються доволі суттєво, при чому ці зміни не завжди позитивні.

В процесі каландрування збільшується гладкість і лоск паперу, зменшується проникність повітря, абсорбція масла, різносторонність. Ці зміни можна розглянути як сприятливі, в особливості для друкарських видів паперу. В той же час збільшується щільність (питома маса) паперу, зменшується товщина, знижується жорсткість, білизна, непрозорість, а в деяких випадках ступінь проклеювання і міцність.

### 1.2.3 Вбудовані в машину високо інтенсивні каландри

Недоліки, які властиві традиційним машинним каландрам, насамперед недостатня гладкість паперу, а також підвищена обривність, брак, складність заправки і обслуговування, призвели до нових технічних рішень, що підвищують ефективність каландрування.

Одним з таких рішень є вбудований каландр з валами, ідентичними валам суперкаландру, тобто з жорсткими металічними валами і м'якими з синтетичним покриттям валами, що чергуються. Обробка паперу на таких каландрах може бути рекомендована для більшості видів паперу, в тому числі всіх марок друкарських паперів, багатьох видів пакувального паперу і багатошарового картону, паперу з вмістом деревної маси та макулатури і паперу з чистої целюлози, крейдованого та не крейдованого.

На відміну від звичайних методів каландрування за допомогою вбудованих в папероробну машину аналогів суперкаландра забезпечується значно вища якість обробки паперу та економічність процесу.

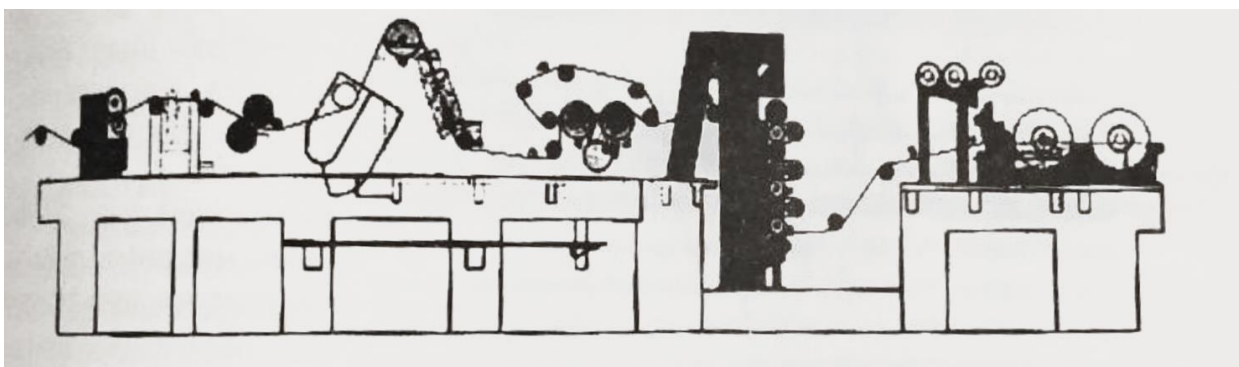


Рис.1.1 Вбудований багато вальний каландр (аналог суперкаландру)

М'які вали оснащують різноманітними еластичними полімерними покриттями, специфічними для кожного конкретного випадку. Існують варіанти, коли покриття різної ступені твердості оснащують всі вали вбудованих каландрів.

Іншим варіантом розвитку машинного каландрування є установка похилих каландрів.

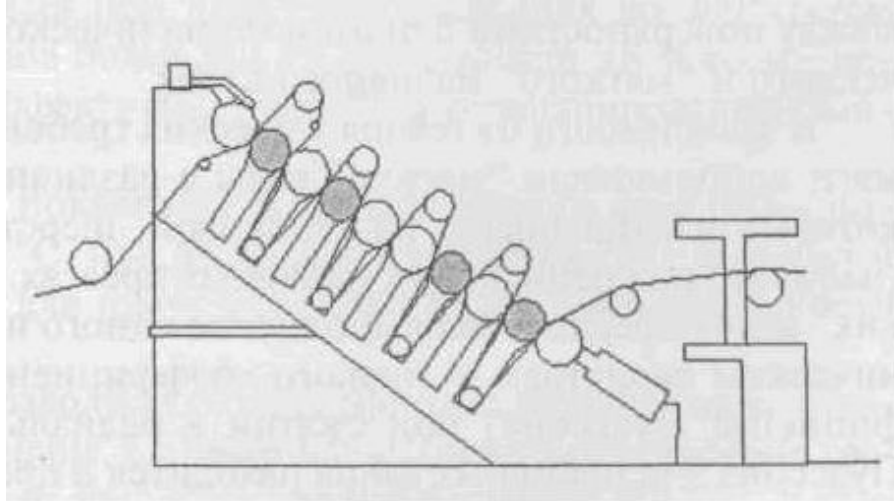


Рис. 1.2 Похилий каландр (система Янус)

Похилі каландри особливо ефективні при виготовленні легко крейдованого паперу. Перевагами такої системи є: менше навантаження верхніх валів на нижні, простота заправки, швидка заміна валів, легке обслуговування.

Запропонована фірмою «Фойт» система похилого каландра Янус забезпечує необхідну якість паперу для друку без наступного каландрування на суперкаландрі.

#### **1.2.4 М'які каландри**

Ще недавно для суттєвого підвищення поверхневої гладкості паперового полотна використовували каландри для обробки, що були розташовані поза потоком машин., в основі яких були багато вальні суперкаландри. Підвищення якості паперу досягається за рахунок чергування жорстких металевих і м'яких валів з синтетичним покриттям, що дозволяє вести процес каландрування при більш високому тиску між валами. Тиск при каландруванні впливає в основному на ступінь ущільнення паперу, зміна її товщини, гладкості, а тертя - на показник лоску паперу. Тертя паперу об поверхню валів відбувається через деформацію м'яких валів, в які вдавлюються тверді металеві вали. Завдяки цьому окружні швидкості

паперових і металевих валів різні, і папір зазнає значного тертя. Для отримання паперу з однаковою гладкістю і лоском її обох сторін приблизно посередині суперкаландрах встановлюють поруч два м'яких вала.

В залежності від технологічних вимог і видів паперу, що каландрується використовують «м'які» вали з різноманітними механічними властивостями, які виготовлялися з бавовняного, шерстяного або асбестолатексного паперу (набивки) на спеціальних набивних пресах. Такий спосіб виготовлення «м'яких» валів забезпечував виконання однієї з основних вимог до їх механічних властивостей – низького коефіцієнта об'ємного розширення (коефіцієнта Пауссона) при стисненні в радіальному напрямленні. Коефіцієнт Пауссона для набивних валів знаходиться в межах 0,1-0,2 і це забезпечує виникненню по площі контакту необхідного для розгладжування поверхні паперу зон мікроковзання. Теоретично при нульовому коефіцієнті Пауссона «м'якого» валу зони ковзання по площі контакту його з твердим валом відбувається так як показано на рис. 1.3.

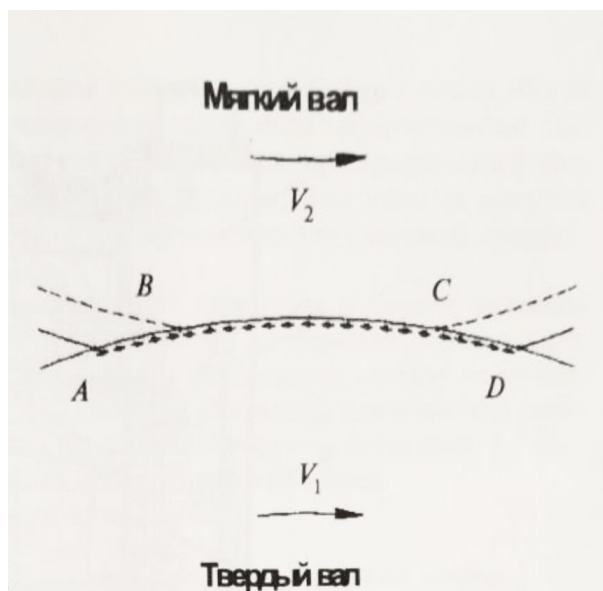


Рис.1.3 Зони ковзання «м'якого» валу

На ділянках АВ и CD ковзання направлено в одну сторону, а на ділянці ВС – в іншу. Це схоже на дію звичайної праски при прасуванні. Роль праски в каландрах виконує нагрітий металевий вал. Оскільки, як показали досліди, паперове полотно не ковзає відносно поверхні «м'якого» вала, відбувається суттєве розгладження тільки тієї поверхні, яка торкається поверхні металевого валу. Крім того на процес впливають такі фактори, як: вологість полотна, температура металевого валу і тиск між валами.

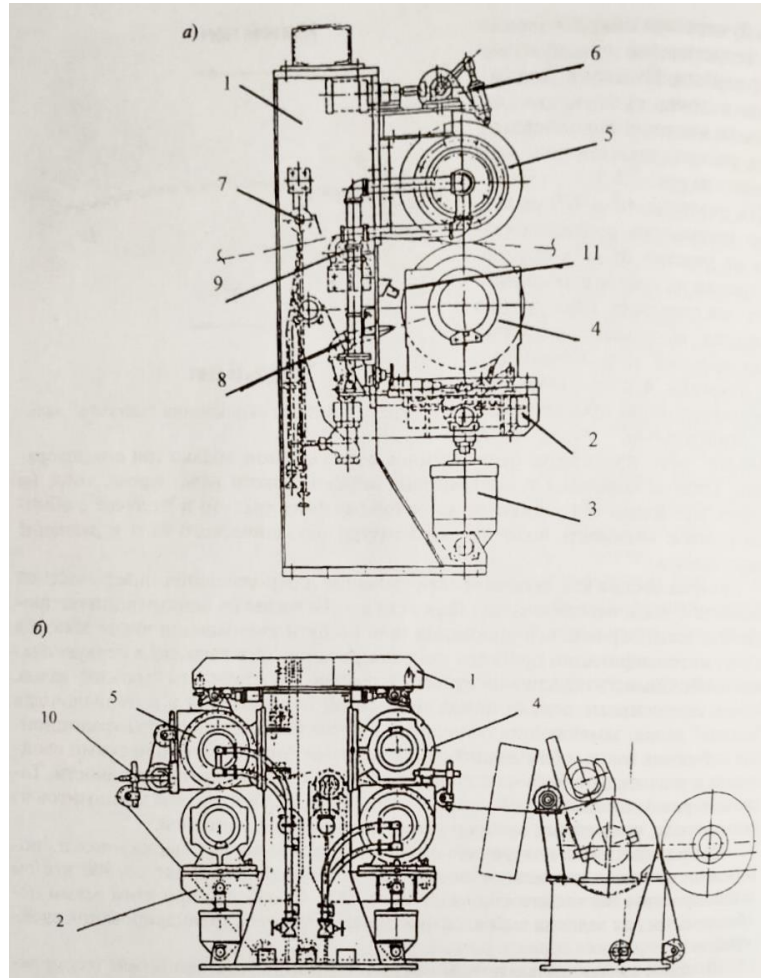


Рис. 1.4 Двовальний (а) та чорирьохвальних (б) м'які каландри:  
 1 – станина; 2 – важіль; 3 – гідроциліндр; 4 – вал з регульованим прогином;  
 5 – вал що обігрівається; 6 – шабер; 7 – паро зволожувач; 8 – повітряне охолодження; 9 – розправляючий вал; 10 – канатикові заправка; 11 – датчик температури.

Суперкаландр, як основне обладнання для підвищення поверхневої гладкості паперу використовувалось більше ста років назад.

На сьогодні нам відомі принципово нові двох-чотирьох вальні каландри, що по працездатності відповідають вимогам режимів використання їх безпосередньо в потоках паперо- та картоноробних машин.

Основними виробниками м'яких каландрів в Європі є фірми «Метсо» (Фінляндія), «Фойт» та «Кюстерс» (Німеччина).

Головними елементами конструкції сучасних каландрів є:

- Зварені або цільно-литі станини відкритого типу;
- М'які вали з регульованим прогином;
- Чавунні термовали з поверхнею з вибіленого чавуна;
- Регульовані електроприводи м'яких і терм овалів;
- Гідравлічна система управління притиском валів і регулювання прогину м'яких валів;
- Осцилюючі шибери м'яких і термовалів;
- Автоматичні системи технологічного контролю і управління;
- Термоцентр з системою подачі і регулювання нагріву термоносія термовала;
- Система повітряного охолодження крайок м'яких валів.

Найбільш складними і дорогими елементами конструкцій являються «м'які» вали з регульованим прогином і термовали. В м'яких каландрах використовуються вали з регульованим прогином типу Ніпко з гідравлічними опорами.

М'який каландр володіє широкими технологічними властивостями і може бути використаний для підвищення гладкості будь-яких видів паперу і картону за умови вибору відповідного покриття м'якого валу і режиму каландрування (поверхневої вологості полотна зусилля притиску валів і температури термовалу - таб. 1.2). Так, наприклад, для видів паперу, що

потребують підвищеної поверхневої гладкості зі збереженням вбирання (текстурний, шпалерний), використовують більш м'які вали і більш високі температури.

На результати каландрування також впливають композиційний склад паперу, поверхнєве покриття, вид та кількість наповнювача, проклеювання, механічні властивості полотна, тобто властивості самого полотна паперу.

Табл. 1.2 Робочі характеристики м'яких каландрів

Фірма виробник	Конфігурація каландра	Ширина, м	Лінійний тиск, кН/м	Швидкість, м/хв	Область використання
«Фойт» Німеччина	Двохвальний	4,70	120	460	Крейдований картон
	Два двохвальних	4,13	350	900	Папір для друку
		4,60	150	600	Крейдований картон
	Трьохвальний	2,52	150	700	Спеціальні види паперу
	Три трихвальних	3,27	434	1067	Крейдований папір
«Метсо» Фінляндія	Двохвальний	4,50	150	1000	Крейдований чисто-целюлюзний папір
	Два двохвальних	7,70	350	1200	Легкокрейдований папір
		4,80	150	800	Крейдований картон
		6,80	250	1100	Крейдований папір з поверхневою проклеюкою
	Два трихвальних	3,40	250	1000	Крейдований папір

### 1.2.5 М'які широкозахватні каландри фірми «Валет»

Головним завданням процесу каландрування є в зменшенні шорсткості і пористості паперового полотна. Пористість в свою чергу впливає на вбираність типографічної фарби. Нерівномірна пористість паперу викликає деякі проблеми в процесі друку, наприклад плямистість відтиску. Небажаним побічним ефектом каландрування являється зменшення пухлості і жорсткості паперу. Тому однією з найбільш важливих вимог до процесу каландрування є забезпечення рівномірності поверхневих властивостей паперу при

збереженні достатньо високих показників пухкості полотна. Цю вимогу в значній ступені виконує техніка м'якого каландрування і новий спосіб широкозахватного каландрування.

Останнім часом фірма «Валмет» розробила і поставляє чотири види м'яких каландрів:

- Opti Matt – одно захватні каландри з двома м'якими валами, що забезпечують виключно низький тиск в широкому захваті при незначному ущільненню полотна. Вони призначені для обробки крейдованих і не крейдованих друкарських видів паперу з матовою поверхнею.
- Opti Nip – одно захватні каландри з одним м'яким валом та одним сталевим валом, що обігривається. Зазвичай використовуються в виробництві картону.
- Opti Soft – найбільш розповсюджена конструкція м'яких двох вальних каландрів. Кожен захват утворюється одним м'яким і одним сталевим валом, що обігривається. Їх використовують у виробництві газетного паперу, а також тих видів крейдованого паперу де двосторонність не допускається.
- Opti Gloss – чотирьох захватний каландр, що складається з двох парних трьох вальних каландрів, середній з трьох валів має еластичну (м'яку) сорочку, а верхній та нижній вали – сталеві. Ці каландри забезпечують високу ступінь лоску паперового полотна на рівні суперкаландрів (тобто більше 70%) Зазвичай використовуються для обробки крейдованих і не крейдованих видів паперу.

Загальною ознакою м'яких каландрів являється обробка паперу при високій температурі, для цього фірма «Валмет» використовує спеціальним матеріал DURA для покриття м'яких валів.

Як уже відомо, головна відміна м'якого каландру від звичайного машинного полягає у збільшенні довжини (площі) захвату і можливості

зниження тиску на полотно завдяки деформації еластичного покриття одного із валів каландру. Нерівномірність структури паперового полотна приводить до того, що при обробці на звичайному каландрі, полотно ущільнюється між валами до постійної товщини, в той час як щільність паперу залишається нерівномірною. В супереч цьому, при м'якому каландруванні щільність полотна коливається в значно менших межах, а його товщина залишається змінною величиною. Завдяки цьому полотно зберігає свою пухкість і міцність, що покращує показники без обривності на друкарських станках при підвищенні друкарських властивостей паперу. При постійній щільності забезпечується більш рівномірна поверхня полотна і нанесення типографської фарби на папір, зменшується заплямованість відтиску. Одночасно збільшення показників міцності паперу знижує його запиленість при друці. А також, техніка м'якого каландрування з двома або чотирма захватами дозволяє контролювати двох сторонність паперового полотна.

Зазначені переваги м'якого каландрування сприяли тому, що ця технологія залишається основним способом обробки газетної та друкарських видів паперу. При цьому спостерігається загальна тенденція вбудовування м'яких каландрів в ПРМ.

### **1.2.6 Висновки**

1. Останні досягнення в області каландрування можна охарактеризувати, як поступову оптимізацію режимів каландрування і впровадження м'якого каландру і далі, в окремо стоячі крейду вальні установки.

2. Температура і вологість являються двома важливими взаємопов'язаними змінними. Ефект температури при каландруванні пояснюється термічним пом'якшенням компонентів композиції гарячим металічним валом при їх нагріванні вище температури переходу скловидний стан (ТПС), тобто температури вище якої компоненти потечуть з встановленою еластичністю. Коли папір виходить з захвату, його температура падає нижче ТПС, що попереджає зворотній хід потоку, що був

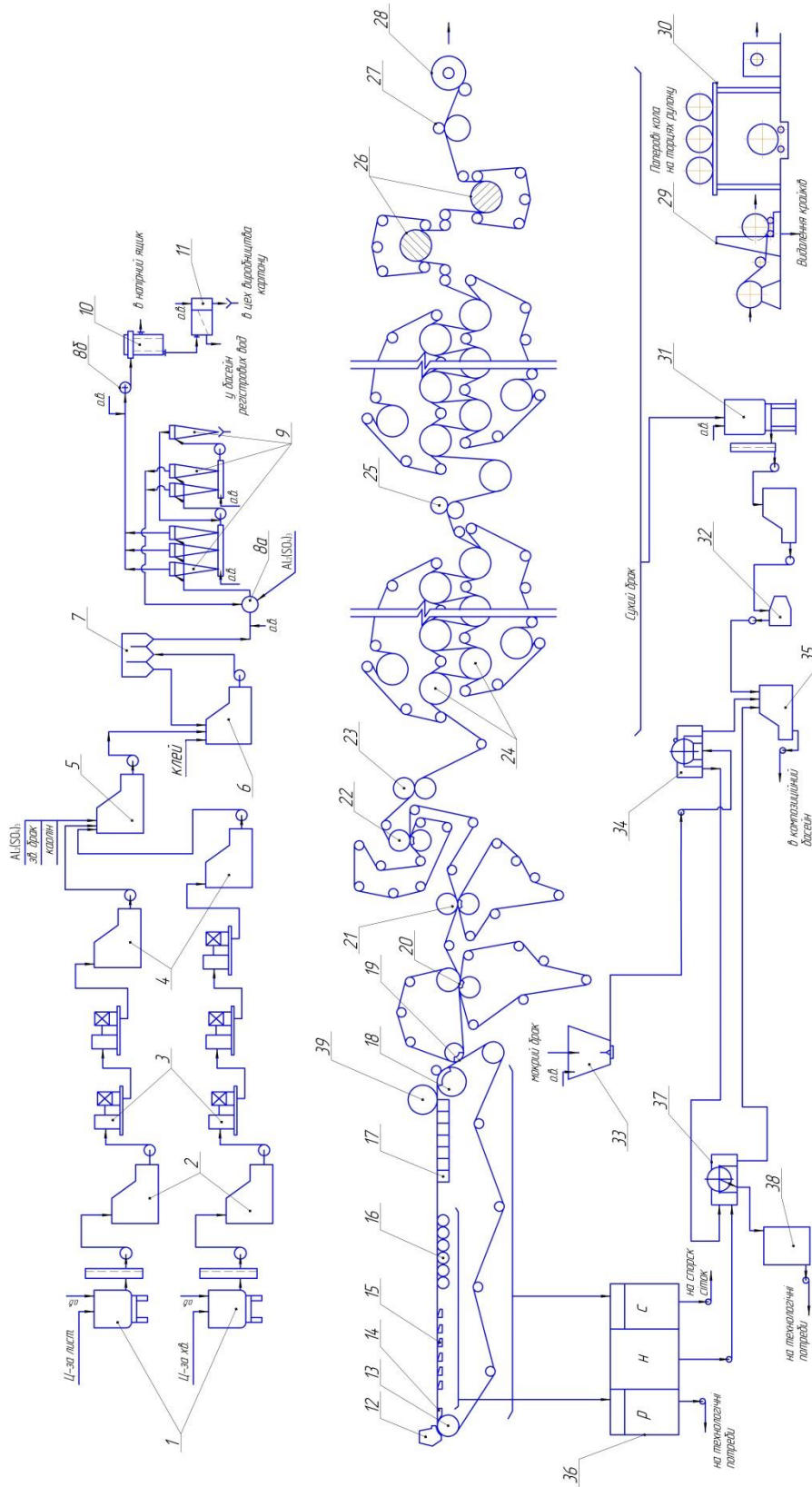
утворений за допомогою тиску. Ефекту охолодження сприяє часткове випаровування вологи з паперового полотна.

3. Заміна двох вального жорсткого каландру на м'який дозволила зменшити кінцеве каландрування з 7 до 3 захватів. В результаті зменшились втрати міцності паперу, що дозволило знизити відсоток целюлози в композиції, покращилось формування, опір запиленню, однорідність на накаті, знизилась витрата фарби.

4. Головною відмінністю м'якого каландру від звичайного машинного є збільшення довжини (площі) захвату і можливості знизити тиск при незначному ущільненню полотна.

## 2. Технологічна схема та її опис

Технологічна схема виробництва офсетного паперу зображена на рис.2.1.



Прийнято наступну композицію офсетного паперу: 60 % сульфатної хвойної вибіленої целюлози та 40 % сульфатної листяної вибіленої целюлози.

Окремими потоками хвойна та листяна целюлоза транспортером подається у вертикальний гідророзбивач (1). Завантаження гідророзбивачів відбувається періодично з подачею реєстрової води для розпуску. Для того, щоб концентрація в гідророзбивачах не змінювалась, об'єм маси має бути постійним.

Далі, розділена на волокна, маса з концентрацією приблизно 3,5 % із гідророзбивачів відцентровим насосом подається у приймальний басейн (2), де відбувається акумулювання маси перед розмелюванням. Розмелювання відбувається на дискових млинах (3).

Розмелювання листяної целюлози відбувається в два ступені, а хвойної – в три. Концентрація маси, яка поступає на розмелювання становить 3,5 %. Приріст ступеня млива на кожному млині становить  $\approx 8$  °ШР для хвойної целюлози та  $\approx 10$  °ШР – для листяної, після розмелювання досягає  $- 40 \pm 1$  °ШР.

Розмелена маса акумулюється в басейнах розмеленої целюлози (4) звідки, за допомогою відцентрового насоса, подається в композиційний басейн (5). В цей же басейн подається каніфольний клей, частина глинозему з метою висаджування клею на волокні та оборотній брак у кількості 1899,51кг. Маса відцентровим насосом, перекачується в масний басейн (6), куди подається наповнювач (каолін). Залишок сірчаноокислого алюмінію, а також реєстрова вода подається у змішувальний насос (8а).

Після складання композиції маса насосом подається в бак постійного рівня (7). Для кращого формування полотна та забезпечення рівномірного просвіту відбувається розбавлення паперової маси перед подачею на сітку папероробної машини. Розбавлення відбувається у змішувальному насосі реєстровою водою до концентрації 0,6485 %.

Перед зневодненням та формуванням паперу, розбавлена маса має бути ретельно очищена від волокнистих включень, таких як пучки волокон, слизу,

бруду тощо, а також від сторонніх включень не волокнистого характеру. Маса з концентрацією 0,7304 % із змішувального насосу *8a* надходить на перший ступінь очищення центриклинерів (*9*). Очищення на вихрових очисниках відбувається під дією відцентрових сил, що виникають у вихрових потоках. Відходи, які утворилися під час очищення на першому ступені накопичуються у жолобі, після чого розбавляються обіговою водою до концентрації 0,7 % та надходять на другий ступінь очищення. На другому ступені очищення маса направляється на повторне очищення на перший ступінь, а відходи – у жолоб №2, де розбавляються та надходять на третій ступінь очищення. Очищена маса с третього ступеня надходить на повторне очищення на другий ступінь, а відходи направляються у відвал.

Далі маса, яка була очищена на центриклинерах від мінеральних включень, надходить через змішувальний насос, де відбувається її розбавлення реєстровою водою до концентрації 0,6485 % , на селектифаєр (*10*). Тут відбувається очищення маси від включень волокнистого характеру. Очищення відбувається за таким принципом: під дією відцентрових сил важкі включення відкидаються до зовнішньої стінки корпуса вузловловлювача, а очищена маса проходить через отвори сит за рахунок дії напору та лопатей ротора та виходить через штуцер на напірний ящик. Відходи, які не пройшли через стінки сита, через штуцер надходять на вібраційну сортувалку (*11*). Відсортоване волокно разом з водою направляється у збірник реєстрових вод.

Очищена та відсортована маса за концентрації 0,64 % подається в напірний ящик закритого типу (*12*), а потім на сітку папероробної машини. Для рівномірного розподілу маси та регулювання процесу зневоднення полотна після грудного валу (*13*) встановлена грудна дошка (*14*), гідропланки (*15*), реєстрові валики (*16*) та відсмоктувальні ящики (*17*). Для надання паперовому полотну більшої гладкості, в кінці сіткової частини встановлений рівняльний валик (*39*). Паперове полотно після гауч-вала (*18*) з сухістю  $19 \pm 1$  % за допомогою вакуум-пересмоктуючого пристрою (*19*) подається у

пресову частину, яка включає в себе два прямі преси (20, 21), зворотній прес (22) та офсетний прес (23). Призначення останнього – це надання паперовому полотну певної гладкості з обох сторін. Сухість після пресової частини становить 42 %. Потім полотно поступає в сушильну частину (24), де відбувається остаточне видалення води з полотна до потрібної вологості. Вид сушки – контактний, за допомогою пари, яка подається в середину сушильних циліндрів. Сушіння відбувається в наслідок контакту вологого полотна з нагрітою поверхнею сушильного циліндра, та за умови вільного ходу полотна між циліндрами.

В другій половині сушильної частини встановлено плівковий прес (25), за допомогою якого відбувається поверхнева проклейка паперового полотна, яка забезпечує краще сприйняття чорнила та не дає волокнам вищипуватись при друці, що передбачено ГОСТом 9094-89.

В кінці сушильної частини встановлено два холодильні циліндри (26) з метою врівноваження та підвищення вологості на 1-2 %. Після чого полотно поступає на машинний каландр (27), де набуває остаточної гладкості, а далі подається на накат (28), звідки надходить на повздовжньо-різальний верстат (29) та пакувальний станок (30), а далі на склад готової продукції.

Технологічною схемою також передбачено перероблення обігового браку. Мокрий брак за концентрації приблизно 0,98 % із гауч-мішалки (33) безперервно подається на згущувач 34, а потім в басейн оборотного браку (35). Брак, який утворився в пресовій частині, також поступає в гауч-мішалку (33). Із басейну оборотного браку (35) брак подається в композиційний басейн (5).

Для розпуску сухого машинного браку, який утворився під час сушіння та оброблення паперу, встановлений гідророзбивач (31). Розпускання здійснюється з використанням реєстрової води із басейну реєстрових вод (36). Далі, розпущена на волокна, маса поступає на пульсаційний млин (32) для дорозпуску та надходить в басейн оборотного браку (35). Із басейна оборотного браку маса поступає в композиційний басейн.

### 3. Обладнання

#### 3.1 Каландр PrimeCalHard

Каландри ANDRITZ Prime Cal забезпечують повний контроль над обробкою, яка забезпечує якість паперу і картону з оптимальними можливостями друку. Вони добре підходять для остаточного каландрування газетного паперу, тонкого паперу і різних типів картону.

##### 3.1.1 Технічні характеристики каландру PrimeCalHard

Таблиця 3.1 Технічні характеристики каландру PrimeCalHard

Параметр		Показник	Од. виміру
Вага паперового полотна	мін./макс.	125-420	г/м <sup>2</sup>
Ширина паперового полотна на валку	мін./макс.	4100-4350	мм
Температура паперового полотна	прибл.	60	°C
Довжина бочки валка	BL	4550	мм
Лінійне зусилля	мін./макс.	10-100	Н/мм
Швидкість (проектна)		800	м/хв
Швидкість (виробнича)	мін./макс.	110-450	м/хв
Тиск повітря КВПіА		6	бар
Температура поверхні валка PERITHERM із підігрівом	макс.	200	°C
Температура поверхні валка PERITHERM із покриттям (розрахункове значення)	макс.	60	°C
Гідравлічний циліндр	прибл.	200	кг
Опора валу PERITHERM	прибл.	150	кг
Опорний важіль валу PrimeRoll S	прибл.	350	кг
Ущільнювальна головка	прибл.	190	кг
Вага валу PERITHERM у розібраному стані разом із підшипниковим вузлом й ущільнювальною головою	прибл.	11300	кг
Вага валу PrimeRoll S у розібраному стані разом із корпусом підшипника	прибл.	7400	кг
Верхній шкребок	прибл.	430	кг
Нижній шкребок	прибл.	430	кг

### 3.1.2 Будова та принцип роботи

Каландр призначений для збільшення гладкості та об'ємної ваги паперу. На початку виробництва або після обриву паперового полотна система заправки транспортує смугу паперу від сушильної частини через каландр до накату і оновлюється системою сканування. Під час заправки смуга паперу затискається між двома канатиками й таким чином протягується через машину. Обривач розрізає смугу перевідного паперу. Заправочний канат затискає смугу перевідного паперу й спрямовує її на наступний вузол. Заправочний ніж переводить смугу заправочного паперу на наступний вузол. У нормальному режимі експлуатації система заправки паперового полотна не виконує інших функцій.

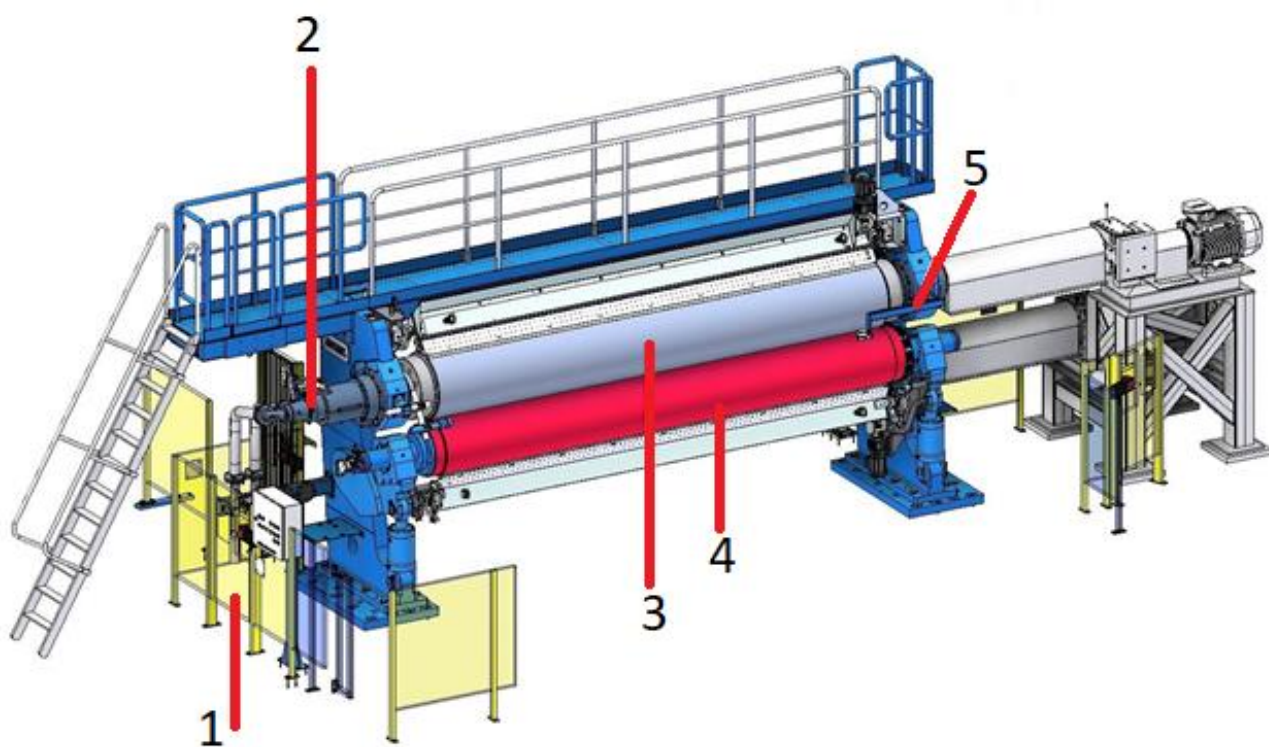


Рис. 3.1 Будова каландру PrimeCalHard

1 - привід; 2 - фотоелемент; 3 - вал

PERITHERM (термовал); 4 - Вал PrimeRoll S;

5 - Ущільнювальна головка зі стопором проти прокручування.

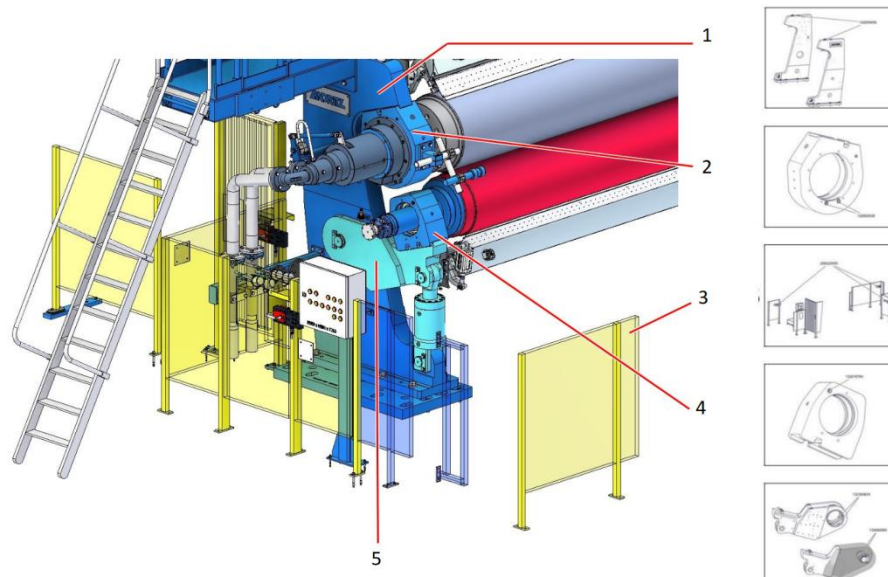


Рис. 3.2 Основні компоненти каландру PrimeCalHard:

1 - рама; 2 - корпус підшипника валу PERITHERM;  
 3 - захисний пристрій; 4 - корпус підшипника PrimeRoll S;  
 5 - опорний кронштейн.

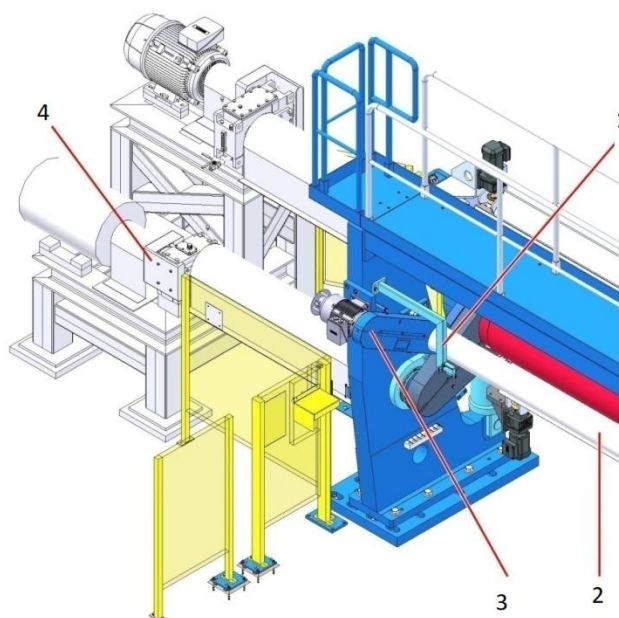


Рис. 3.3 Основні компоненти каландру PrimeCalHard

1 - фотоелемент; 2 - розгінний валик;  
 3 - привід розгінного валу; 4 - допоміжний привід.

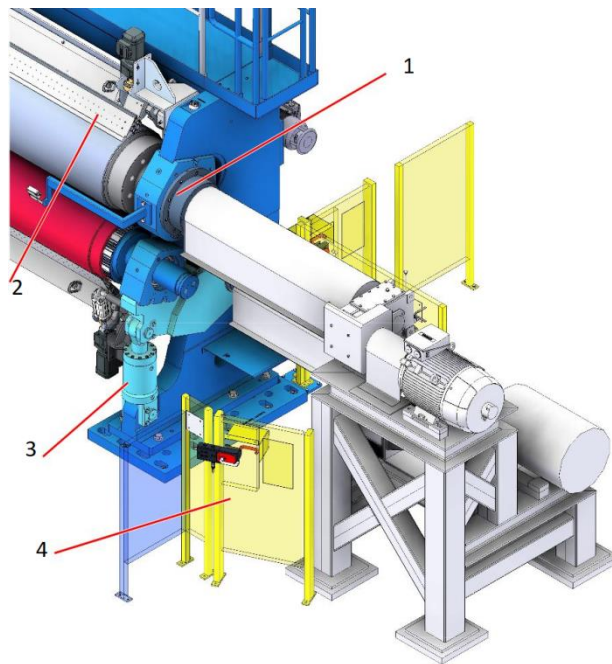


Рис. 3.4 Основні компоненти каландру PrimeCalHard

- 1 - підшипник валу; 2 - шкребковий механізм валу;  
 3 – гідравлічний циліндр; 4 - захисний пристрій.

### 3.1.3 Вал Peritherm

Властивості поверхні паперового полотна визначаються, зокрема, напруженням стиснення пресового захвата (лінійне зусилля або лінійне навантаження) і температурою валиків. Коли паперове полотно протягується через пресовий захват, вал Peritherm забезпечує потрібний температурний вплив на паперове полотно. Крім того, вал Peritherm виконує функцію зустрічного валу відносно вала з регульованим прогином.

Вал Peritherm нагрівається до потрібної робочої температури теплоносієм (наприклад, водою або термальною оливою (оливою-теплоносієм)). Теплоносій протікає крізь периферійні отвори в кожусі валу і таким чином забезпечує рівномірний розподіл тепла по поверхні валу. Опори валів на робочій і приводній сторонах призначені для керування валом Peritherm і забезпечують оптимальне концентричне обертання.

Через ущільнювальну головку вал Peritherm з'єднаний із зовнішнім теплообмінним агрегатом.

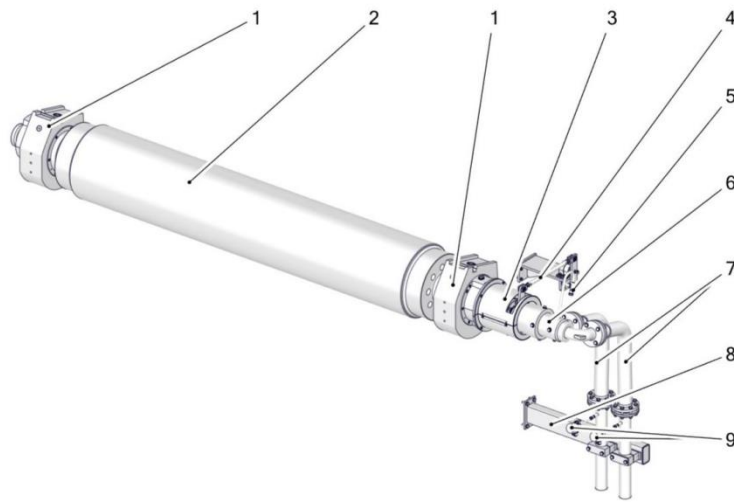


Рис. 3.5 Будова валу Peritherm

1 - корпус підшипника; 2 - вал Peritherm; 3 - захисний кожух у місці з'єднання ущільнювальної головки; 4 - контролер крутного моменту на ущільнювальній головці; 5 - повітряний клапан на ущільнювальній головці; 6 - ущільнювальна головка; 7 - гофровані шланги з нержавіючої сталі; 8 - тримач у точках підключення валу; 9 - датчик температури.

### 3.1.4 Валик PrimeRoll S

Вал PrimeRoll S – це так званий вал із регульованим прогином. Він виконує функцію зустрічного валу відносно валу PERITHERM у каландрі. Трубка валу обертається навколо фіксованої осі на підшипниках. Порожнина, що виникає між віссю й трубкою валу, розділюється двома торцевими й двома поздовжніми ущільненнями на дві камери. У напірну камеру (камера, повернута до пресового захвата) через отвір у вісі закачується олива. Це компенсує прогин, спричинений власною вагою вала й лінійним зусиллям/лінійним навантаженням, що діє ззовні. Завдяки тому, що внутрішній тиск оливи змінюється відносно зовнішнього зусилля притискання, можна досягнути різних варіантів коригування лінійного зусилля/лінійного навантаження. Встановлені напрямні вали з приводом обережно спрямовують паперове полотно через зону дії каландра.



Рис. 3.6 Будова валу PrimeRoll S

1 - напрямний вал; 2 - муфта із захисним кожухом; 3 - двигун.

### 3.1.5 Розгінний вал

Розгінний вал зазвичай розміщується перед пресовим захватом і забезпечує відсутність зморшок на паперовому полотні, коли воно заходить у пресовий захват. Двигун приводить у рух розгінний вал за допомогою клинового ремня.

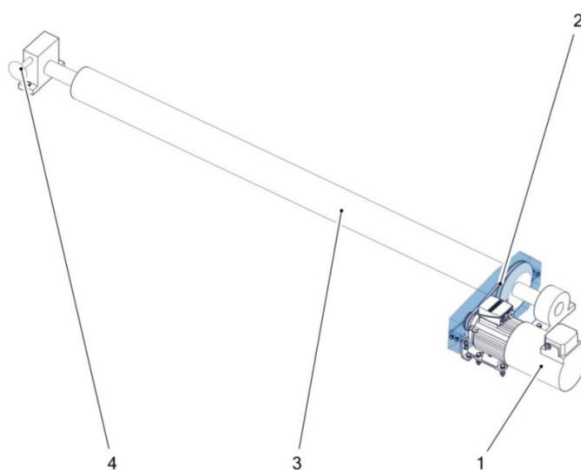


Рис. 3.7 Будова розгінного вала

1 - привід; 2 - ремінний привід із захисним кожухом;  
3 - вигнутий розгінний вал; 4 - механізм регулювання напрямку вигину.

### 3.1.6 Привід

Привод у зібраному стані складається із силових передач для відповідних рухових ланок. Силові передачі складаються з шарнірного вала, редуктора, жорсткої муфти та двигуна. Силові передачі монтуються на рамі або фундаменті для приводів. Приводи встановлюються також на відповідних консолях.

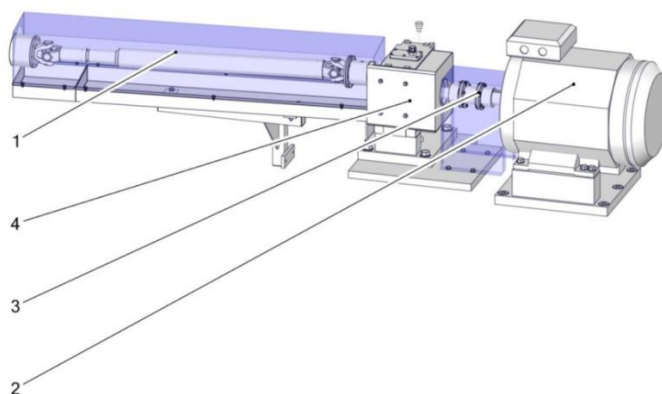


Рис. 3.8 будова приводу

- 1 - шарнірний вал із захисним кожухом; 2 - приводний двигун;  
3 - жорстка дискова муфта із захисним кожухом; 4 - редуктор.

### 3.1.7 Захисний пристрій

Навколо каландру, а також в усіх місцях, де існує небезпека затягування, встановлено захисні поручні й решітки. Особливо небезпечні зони оснащено захисними дверима. Відчиняти захисні двері й заходити в обгороджені зони дозволяється уповноваженим особам.

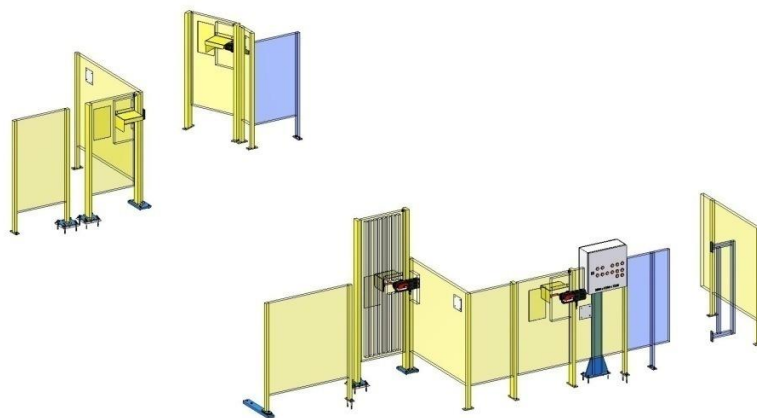


Рис. 3.9 Захисні пристрої каландру.

### 3.1.8 Гідравлічний агрегат – PrimeCal

Гідравлічний агрегат створює тиск у системі для роботи гідравлічних циліндрів та машини PrimeRoll. На додачу до цього гідравлічний агрегат забезпечує охолодження машини PrimeRoll. У гідравлічній оливі, яку подає насос гідросистеми, створюється попередній тиск, і вона рівномірно розподіляється по гідравлічних циліндрах, а також подається до машини PrimeRoll.

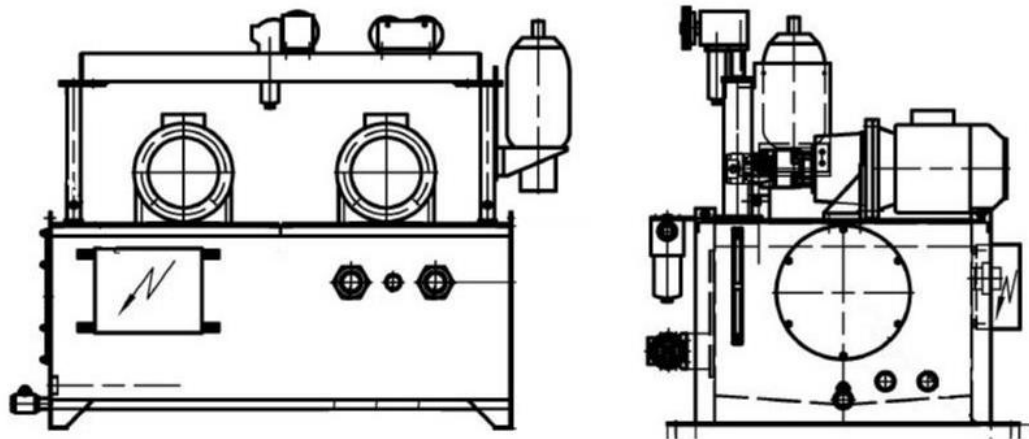


Рис. 3.10 Будова гідравлічного агрегату – PrimeCal.

### 3.1.9 Агрегат мастильного змащування

Змащування виконується системою, яка складається, зокрема, зі змащувального агрегату з насосом, фільтрами тощо, та регулятора витрат для підшипників на термо валу, а також напірних ліній та зворотних ліній.

Змащувальне мастило заправляється через заправний штуцер змащувального агрегату. Фільтр у напірній лінії забезпечує відсутність чужорідних речовин у змащувальному мастилі. Змащувальне мастило, яке подається через змащувальний агрегат, проходить по напірних лініях та рівномірно розподіляється по місцях змащування. По зворотних лініях змащувальне мастило повертається до змащувального агрегату.

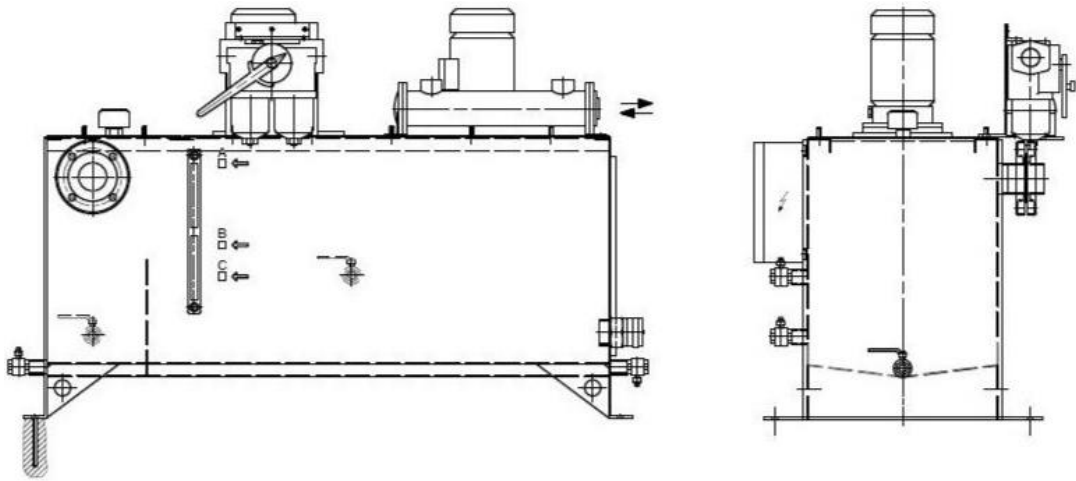


Рис. 3.11 Будова агрегату мастильного змащування.

### 3.1.10 Система моніторингу паперового полотна

Перед каландром і після нього встановлено систему моніторингу паперового полотна. Ця система моніторингу в безперервному режимі за допомогою фото чутливого датчика визначає, чи проходить у цю мить паперове полотно через пресовий захват і чи не обірвалося воно. Датчик надсилає ці дані на панель керування.

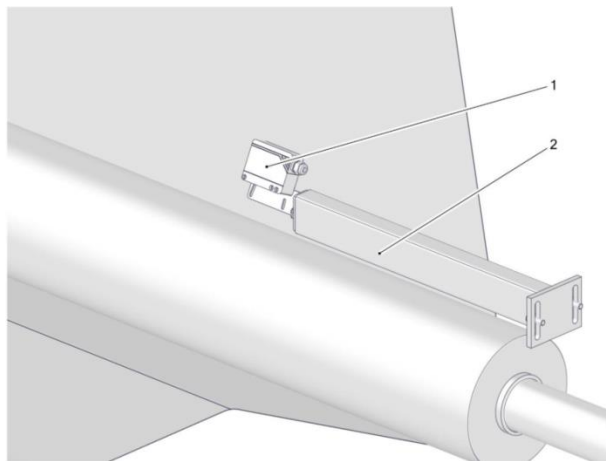


Рис. 3.12 Будова система моніторингу паперового полотна

1 - фоточутливий сканер; 2 – тримач.

### 3.1.11 Шкребок

На нижньому й верхньому валах монтується шабер, який зчищає бруд і залишки паперу, що поприлипали, з поверхонь валів. З поверхні валів шабера

підіймаються й притискаються до поверхні пневматичним способом за допомогою шаберного механізму

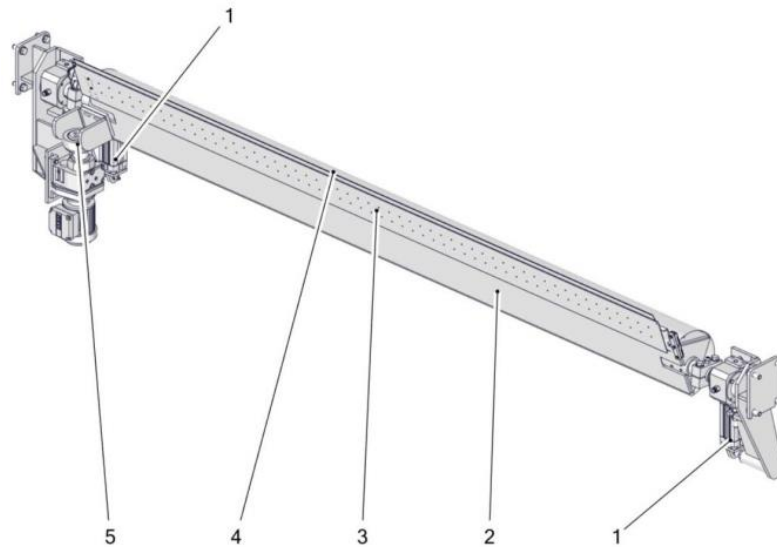


Рис. 3.13 Будова шкребка

1- циліндр для підймання й опускання балки шабера; 2- балка шабера; 3- тримач леза; 4- лезо шабера; 5- ексцентрикний привід.

### 3.1.12 Регулювальні важеля

Опорний важіль приводиться в рух гідравлічним циліндром і стуляє або розтуляє пресовий захват.

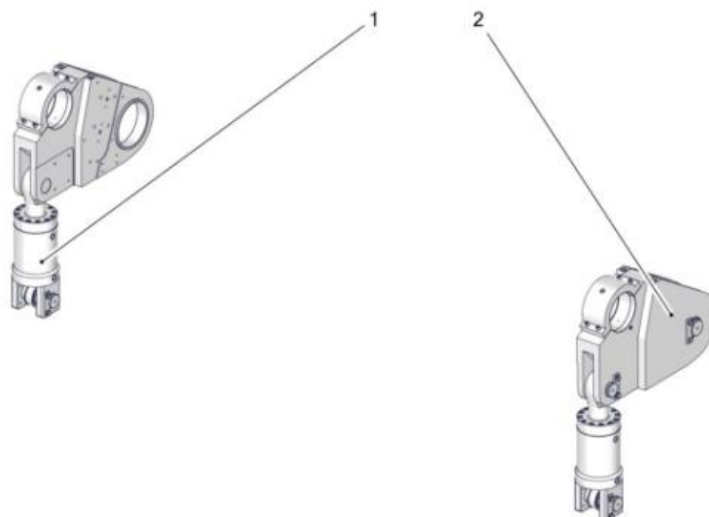


Рис. 3.14 Будова регулювального важеля

1 - гідравлічний циліндр; 2 – опорний важіль.

### 3.1.13 Контролер пресового захвата

Контролер пресового захвата виявляє змикання валів. Сигнали реєструються системою керування. Потім система керування створює в гідравлічному циліндрі й PrimeRoll MHV заданий тиск, щоб виник лінійний тиск.

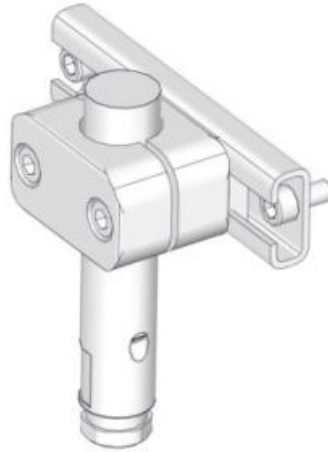


Рис. 3.15 Будова контролера пресового захвата.

### 3.1.14 Обривач паперового полотна

Обривач встановлюється з метою обриву паперового полотна в гідрозбивач паперового браку під час виникнення проблем із заправкою. Поперечні ножі (1) приводяться в дію пневмоциліндрами (2) і обрубують паперове полотно. Потім паперове полотно потрапляє в гідрозбивач паперового браку.

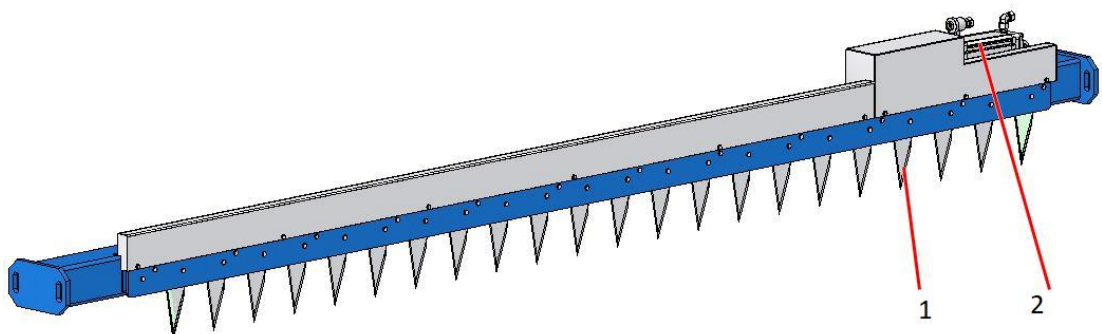


Рис. 3.16 Будова обривача картонного полотна

1-поперечні ножі; 2- пневмоциліндри.

### **3.1.15 Підготовка до пуску**

Перед введенням в експлуатацію машини/установки перевірте такі моменти:

- кріплення агрегатів (електричних, пневматичних і гідравлічних);
- різьбові з'єднання агрегатів із трубопроводами (підтягнути погано закріплені різьбові з'єднання);
- підведення замовником електроенергії та стисненого повітря з дотриманням вимог щодо виробничих матеріалів;
- підключення до мережі живлення;
- клеми й захисні пристосування;
- електрообладнання й програмований логічний контролер (ПЛК), наприклад виконання й функціональне тестування;
- пневматика, змащування, гідравліка й теплообмінний агрегат, наприклад виконання й функціональне тестування;
- блоки або органи керування, наприклад виконання й функціональне тестування;
- належний натяг ланцюгових і ремінних приводів;
- закріплення розхитаних різьбових з'єднань, правильне регулювання затягування.

### **3.1.16 Пуск обладнання**

Під час перевірки функцій/пробного пуску окремих вузлів машини/установки зверніть увагу на такі моменти:

- параметри керування пневматичною, гідравлічною й електричною системами;
- запобіжні пристрої;
- функції вузлів і відповідних агрегатів.

Пуск обладнання:

1. Відкрийте подачу охолоджувальної рідини на каландр, систему змащування, гідравлічну систему й теплообмінний агрегат каландра за допомогою передбаченої арматури або перевірте положення арматури.
2. Відкрийте подачу стисненого повітря на каландрі за допомогою передбаченої арматури або перевірте її положення, а також перевірте чистоту напірних фільтрів.
3. Перевірте рівень оливи в змащувальному, гідравлічному й теплообмінному агрегатах. За потреби долийте оливу
4. Перевірте функції пристроїв АВАРІЙНОГО ВИМКНЕННЯ.
5. Перевірте захисний пристрій, зачинення всіх захисних дверей і відсутність людей у небезпечній зоні.
6. Увімкніть електроживлення машини/установки за допомогою головних вимикачів.
7. Перевірте експлуатаційну готовність системи керування приводами.
8. Перевірте наявність аварійних повідомлень (повідомлень про помилки) у системі керування процесом PCS7 та усуньте їх.
9. Щоб досягти робочої температури, увімкніть змащувальний і гідравлічний агрегати.
10. Дочекайтеся моменту, коли буде досягнуто робочої температури.
11. У системі керування процесом PCS7 попередньо виберіть гідравлічний агрегат або налаштуйте його на автоматичний режим роботи.
  - В автоматичному режимі роботи гідравлічний агрегат запускається кнопкою пуску в системі керування процесом PCS7 автоматично.
12. Налаштуйте приводи шкребків у системі керування процесом PCS7 на автоматичний режим роботи.
13. У системі керування процесом PCS7 попередньо виберіть змащувальний агрегат або налаштуйте його на автоматичний режим роботи.
14. Увімкніть приводи в системі керування приводами замовника.

15. У системі керування процесом PCS7 попередньо виберіть теплообмінний агрегат або налаштуйте його на автоматичний режим роботи та встановіть відповідне задане значення температури.

– В автоматичному режимі роботи теплообмінний агрегат запускається кнопкою пуску в системі керування процесом PCS7 автоматично.

16. У системі керування процесом PCS7 встановіть відповідне задане значення температури для теплообмінного агрегату.

17. Дочекайтеся моменту, коли буде досягнуте відповідне задане значення температури теплообмінного агрегату.

14. Введіть паперове полотно в каландр

### **3.1.17 Обслуговування під час роботи**

#### **1. Нормальний режим експлуатації**

У нормальному режимі експлуатації лінійне зусилля або лінійне навантаження можна налаштувати в системі керування процесом PCS7.

#### **2. Виробництво**

- У режимі роботи «Виробництво» відбуваються або можуть виконуватися такі процеси: каландр працює на швидкості виробництва, паперове полотно проходить через каландр;
- усі захисні двері зачинені й заблоковані, і їх можна відчинити лише за певних умов.

### **3.1.18 Особливий режим експлуатації**

До особливого режиму експлуатації належать режими роботи.

- Робота розімкнутими валами.

За наявності просвіту між валками машина/установка залишається ввімкнутою.

Вали й далі обертаються з розрахунковою швидкістю.

- Матеріал (паперове полотно) не транспортується.

Повторно-короткочасний режим роботи потрібний, щоб отримати відбиток для розподілу сил у просвіті між валками.

Повторно-короткочасний режим роботи можна ввімкнути, вибравши параметр «Функціональне тестування каландра» в системі керування машиною, а також натиснувши кнопку короткочасного ввімкнення замовника.

Зверніть увагу на наступну главу «Функціональне тестування каландра». Напрямки обертання верхнього й нижнього валків каландра протилежні

робочому напрямку обертання. Якщо в системі керування машиною де активовано моніторинг паперового полотна й натиснута кнопка короткочасного ввімкнення з боку замовника, верхній і нижній валки каландра обертаються зі швидкістю 2 м/хв., і просвіт між валками можна затулити (наприклад, щоб отримати відбиток для розподілу сил у просвіті між валками).

Просвіт між валками розтуляється на  $> 5$  мм через рулон паперового полотна, хоча цей просвіт усе ще затулений.

Просвіт між валками розтуляється через систему керування машиною. Зростання тиску в гідравлічних циліндрах вимикається, і нижній валок опускається під власною вагою.

### **3.1.19 Режим роботи «Чищення машини/установки»**

У режимі роботи «Чищення машини/установки» мають бути виконані наведені

умови або можуть відбуватися вказані нижче процеси на пресових захватах.

- Просвіт між валками на пресових захватах розтулений.

За допомогою відповідних кнопок із підсвічуванням на пультах керування

каландром розтулить просвіт між валками.

Після того як просвіт між валками буде розтулений, ці кнопки світитимуться безперервно.

- Приводи верхніх і нижніх валків каландра вимкнуті.

Вимкніть приводи в системі керування приводами замовника.

- Приводи напрямних валків і ремінні приводи для розгінних валків вимкнуті.

Вимкніть приводи напрямних валків і ремінні приводи для розгінних валків у системі керування приводами замовника.

- Приводи шкребків на верхніх і нижніх валках каландра вимикаються автоматично під час зупинки валків.
- Шкребки на верхніх і нижніх валках каландра можна повертати або опускати.
- Захисні двері можна відчинити.

### **3.1.20 Чищення валів**

У режимі роботи «Чищення валків» мають бути виконані наведені умови або можуть відбуватися вказані нижче процеси.

Просвіт між валками розтулений.

– За допомогою відповідної кнопки з підсвічуванням на пульті керування каландром розтуліть просвіт між валками.

– Після того як просвіт між валками розтулиться, ця кнопка світитиметься безперервно.

Приводи верхнього й нижнього валків каландра вимкнуті.

– Вимкніть приводи в системі керування приводами замовника.

Привід розгінного валка вимкнутий.

– Вимкніть ремінний привід розгінного валка в системі керування приводами замовника.

Приводи шкребків на верхньому й нижньому валках каландра вимкнуті.

– Вимкніть приводи шкребків у системі керування машиною з боку замовника.

Шкребки на верхньому й нижньому валках каландра мають бути повернуті.

– За допомогою відповідних кнопок із підсвічуванням на пульті керування каландром поверніть шкребки.

Можна відчинити.

У системі керування машиною потрібно вибрати параметр «Чищення валків», а в блоці керування – активувати ключ-вимикач. Шкребки необхідно повернути.

– Поверніть ключ-вимикач Service (обслуговування) на пульті керування каландром у положення «ВВІМКН.» і витягніть ключ-вимикач Service.

Після запуску приводів верхнього й нижнього валків каландра валки обертатимуться зі швидкістю 15 м/хв.

– Напрямок обертання валка Валок PERITHERM протилежний робочому напрямку обертання.

### **3.2 Рівняльний валик (Егутер)**

Для додання паперовому полотну рівномірної і ущільненої структури з більш рівною поверхнею і меншим розходженням в гладкості сторін паперового полотна на сітці папероробної машини встановлюють рівняльний валик. Він являє собою порожнистий валик, обтягнутий більш грубою сіткою, ніж сітка папероробної машини, тобто сіткою з меншим числом дротів на одиницю довжини сітки. Завдяки цьому паперове полотно з сітки машини не прилягає до поверхні рівняльного валика, чим запобігають обриви полотна. Сітка рівняльного валика виготовляється з бронзи або нержавіючої сталі. Рівняльний валик з рельєфною поверхнею сітки служить для виготовлення паперу з водяним знаком. При цьому опуклі місця сітки видавлюють на поверхні вологого паперового полотна відповідний відбиток, видимий при розгляді паперу на просвіт (в світлі).

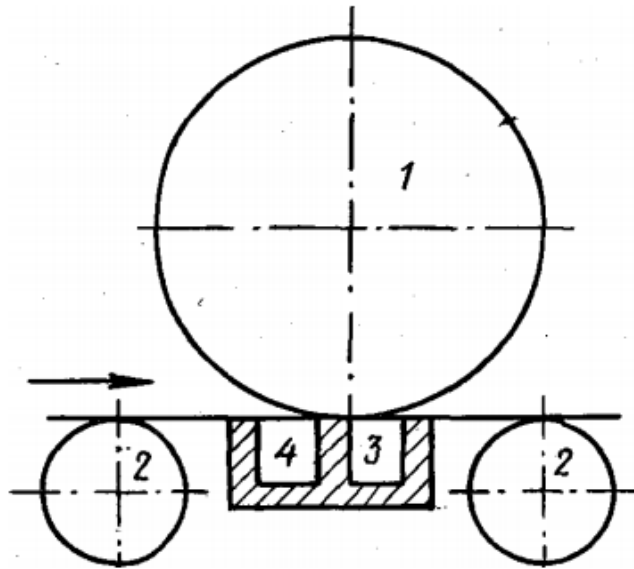


Рис. 3.17 Схема установки рівняльного валика над відсмоктувальними ящиками:

- 1 – рівняльний валик; 2 - реєстрові валики;  
3 - вакуумна камера; 4 - водяна камера.

Одночасно слід передбачити і витяжку полотна, що має місце при його проходженні через папероробну машину. Місце установки рівняльного валика - після перших двох-трьох відсмоктуючих ящиків, де відносна сухість паперового полотна становить 6 ... 7%. Це місце визначається станом паперового полотна, при якому воно не роздавлюється під дією рівняльного валика і разом з тим володіє достатньою пластичністю, що забезпечує належну роботу рівняльного валика. Діаметр рівняльного валика в залежності від швидкості папероробної машини і маси 1 м<sup>2</sup> паперу, що виробляється, має розмір від 300 до 1100 мм. Чим вище швидкість машини і менше маса 1 м<sup>2</sup> виготовленої паперу, тим більшим має бути діаметр рівняльного валика.

Для безперервного очищення рівняльного валика від утворених на його поверхні бульбашок піни і згустків волокон використовують водяні сопла. У середині рівняльного валика встановлюють парове сопло. Струмінь пари орієнтують в місце відриву паперового полотна від поверхні рівняльного

валика, завдяки чому полегшується відділення полотна і руйнуються повітряні бульбашки.

### **3.3 Плівковий прес**

Плівковий прес виробництва PARCEL a.s. поміщається безпосередньо в папероробної машині за частиною попередньої сушки. Прес виконаний як двохвальний з похилою віссю валів і з гідравлічним або пневматичним притискним зусиллям, керованим важільним механізмом. Навантаження регулюється відповідно до технологічних вимог від 0 кН / м до максимальної притискної сили. Плівковий прес використовується для додаткового покриття паперового полотна різними середовищами наприклад, сумішшю крохмалю, клеїльними речовинами, пігментами та ін. Суміш подається в дозуючу камеру, звідки передається в калібровочну частину. Тут за допомогою профільованих стрижнів калібрується кількість нанесеного на папір складу. Пресові вали сконструйовані з урахуванням максимальної притискної сили і динамічно збалансовані з необхідною швидкістю. Вали можуть бути оснащені спеціальною облицюванням. Несуча конструкція виготовляється з конструкційної сталі або з нержавіючої сталі відповідно до вимог замовника. Профільовані стрижні діаметром 10 - 38 мм виробляються з нержавіючої сталі з хромованим шаром.

Поверхнева обробка паперу:

- поверхнева проклейка: досягнення ефективного поліпшення якості виробленого паперу і зниження витрати клеїльних речовин, завдяки їх кращому утриманню (в порівнянні з проклеюванням в масі);
- облагороджування спеціальними засобами: досягнення гідрофобності, жиронепроникності і т.д.;
- поверхнєве забарвлення: економія в порівнянні з забарвленням в масі, досягнення спеціальних кольорових ефектів і зниження забруднення стічних вод;

- нанесення невеликого шару спеціального покриття.

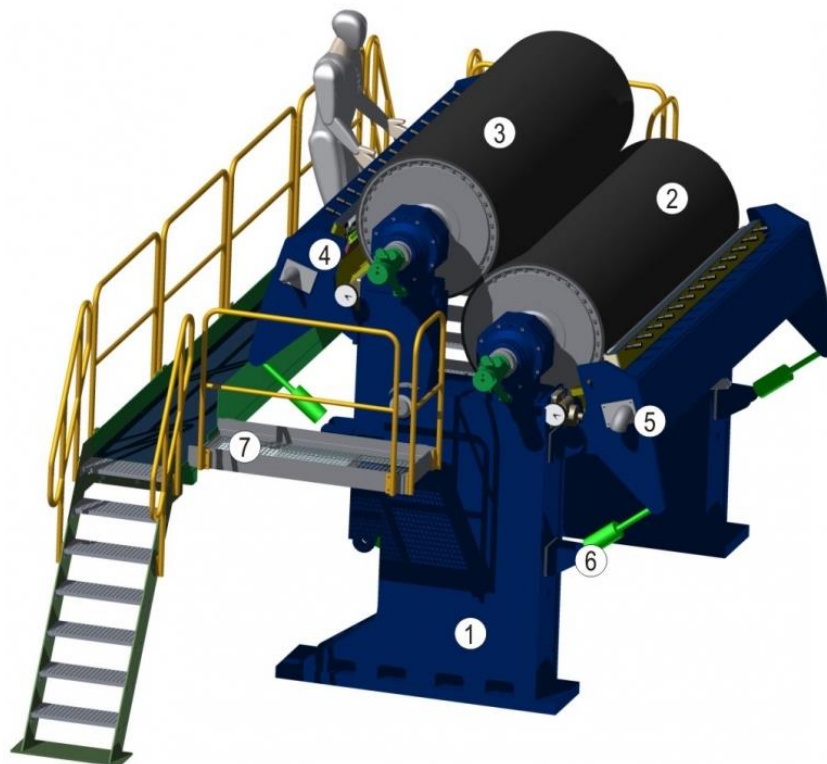


Рис. 3.17 Будова плівкового пресу

1 – несуча конструкція; 2- нерухомий пресовий вал; 3 – рухливий пресовий вал; 4 – подають головки з профільованими стрижнями; 5 – подача покриває середовища; 6 – гідравлічна і пневматична системи; 7 – захисні кожухи і площадки обслуговування машини.

До переваг плівкового пресу відноситься:

- нанесення більш товстого шару, в порівнянні з класичним клеїльним пресом;
- висока надійність експлуатації;
- такий плівковий прес замінює клеїльний прес при швидкості понад 650 м/хв.
- економія собівартості експлуатації - енергозбереження в досушувальній частині, завдяки проклеюванню при більш високій концентрації
- конструкція і безпека машини відповідає стандартам ЄС і ГОСТ

Комплектація плівкового пресу включає в себе:

- привід пресових валів і профільованих стрижнів;
- систему управління, включаючи пульт управління;
- заправку паперу канатним способом;
- систему приготування клеїльної речовини, що складається з робочої станції;
- поперечний ніж перед плівковим пресом;
- знімально-передавальний валик ("spooner") за плівковим пресом;
- інфрачервону сушарку;
- уловлювальну ванну під пресом.

## ВИСНОВКИ

1. Підвищення ефективності технологічного потоку з виробництва офсетного паперу є необхідною умовою покращення якісних показників офсетного паперу та підвищення ефективності виробничого потоку. В роботі розглянуто сучасні пропозиції, які необхідно впроваджувати для підвищення якості офсетного паперу.
2. В процесі проведення дослідження встановлено, що основними вимогами до якості офсетного паперу є: щільність  $\text{г/см}^3$  паперу машинної гладкості, ступінь проклейки, мм., гладкість, с, каландрованого паперу та вологість, %, паперу.
3. Наведено основні положення стандартів та технічних умов на готову продукцію (папір офсетний).
4. Проведено вибір основного та допоміжного технологічного обладнання.
5. Розрахунки стартап проекту показали, що встановлення двохвального каландру PrimeCalHard дозволило зменшити втрати міцності паперу, і в свою чергу знизити відсоток целюлози в композиції, покращити формування, опір запиленню, однорідність на накаті, знизити витрати фарби. Каландр, що має вал із регульованим прогином компенсує прогин, спричинений власною вагою вала й лінійним зусиллям/лінійним навантаженням, що діє ззовні. , що є позитивним показником підприємства.
6. Встановлення плівкового пресу у сушильну частину папероробної машини дало можливість оптимізувати процес поверхневої обробки офсетного паперу: поверхневої проклейки, облагороджування спеціальними засобами, поверхнєве забарвлення та нанесення невеликого шару спеціального покриття.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фляте Д. М. Технология бумаги. Учебник для вузов. – М.: Лесн. Пром-сть, 1988 – 440 с.
2. Иванов С.П. Технология бумаги – М: Лесная промышленность, 1960 - 448 с.
3. Примаков С.П., Барбаш В. А. Технологія паперу і картону: Навчальний посібник для студентів – К: ЕКМО - 2002 - 395 с
4. Жудро С.П. Технологическое проектирование целлюлозно-бумажных предприятий – М: Лесная промышленность, 1965 - 96 с.
5. Примаков С.П., Миловзоров В.П. Методические указания к дипломному проектированию по технологии целлюлозно-бумажного производства – К: КПИ. 1983 – 68 с.